A Arquitetura da Cidade e os Transportes: o Caso dos Congestionamentos em Fortaleza - Ceará.



Antonio Paulo de Hollanda Cavalcante

Orientador: Prof. Dr. Frederico Rosa Borges de Holanda

Universidade de Brasília

PPg/FAU Julho/2009

Cavalcante, Antonio Paulo de Hollanda.
A Arquitetura da Cidade e os Transportes: O Caso dos Congestionamentos em Fortaleza, Ceará.
Antonio Paulo de Hollanda Cavalcante. – Brasília: PPG/FAU/UnB, 2009. ~347p.: 118 il.

Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2009.
Orientador: Frederico Rosa Borges de Holanda
Bibliografia: p. 309 - 320.

1. Planejamento Urbano. 2. Urbanismo. 3. Congestionamentos. 4. Sintaxe Espacial. 5.Planejamento de Transportes. I. Holanda, Frederico de, orient. II. Título.

CDU.

Universidade de Brasília – UnB
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – FAU
Programa de Pós-graduação – PPg

A Arquitetura da Cidade e os Transportes: o Caso dos Congestionamentos em Fortaleza - Ceará.

Antonio Paulo de Hollanda Cavalcante

Orientador: Prof. Dr. Frederico Rosa Borges de Holanda

Brasília

Julho de 2009.

ANTONIO PAULO DE HOLLANDA CAVALCANTE

A Arquitetura da Cidade e os Transportes: O Caso dos Congestionamentos em Fortaleza, Ceará.

Tese de doutoramento apresentada como requisito parcial a obtenção do grau de Doutor pelo Programa de Pesquisa e Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília.

Orientador: Professor Frederico Rosa Borges de Holanda

Brasília

Julho de 2009

TERMO DE APROVAÇÃO

ANTONIO PAULO DE HOLLANDA CAVALCANTE

Tese aprovada como requisito parcial à obtenção do *grau de doutor* pelo Programa de
Pesquisa e Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília.

Comissão Examinadora:
Prof. Dr. Frederico Rosa Borges de Holanda *(Orientador)*
Departamento de Teoria e História em Arquitetura e Urbanismo – FAU/UnB

Prof. João Alencar de Oliveira Júnior
Departamento de Engenharia de Transportes – UFC

Prof. Dr. Paulo Castilho Lima
Departamento de Projeto, Expressão e Representação em Arquitetura e Urbanismo – FAU/UnB

Prof. Dr. Paulo César Marques da Silva
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
Faculdade de Tecnologia – FT/UnB

Prof. Antonio Nelson Rodrigues da Silva
Departamento de Transportes – EESC/USP
.

Brasília, 27 de julho de 2009.

“Meu filho, ...a dor ensina a ‘gemer’”.

Meus avós:
Antonio de Souza Leite (1895 - 1987)
Ester de Holanda Cavalcante Leite (1899 - 1985)

Agradecimentos

Ao poder da espiritualidade do bem supremo, referencial de justiça para as pessoas de paz e para todos que se esforçam para evolução de 'ser humano'.

Ao professor Frederico de Holanda, por sua extrema paciência, firmeza e atenção, referência de pessoa e profissional para este orientado, pela grata sorte de ter sido seu aluno e desejo de ser amigo.

Aos professores da Banca Examinadora: Prof. João Alencar de Oliveira Júnior Prof. Dr. Paulo Castilho Lima; Prof. Dr. Paulo César Marques da Silva, e; Prof. Antonio Nelson Rodrigues da Silva, pelo aceite do convite com gentileza e atenção para com a pesquisa e autor.

Ao meu querido pai, Paulo Amâncio (*in memoriam)*, que além de seu amor incondicional, me compreendeu nas vezes que eu insistia, com apenas 10 anos, a sonhar com o trabalho dos urbanistas nas suas enormes pranchetas, ao desenharem a cidade de Fortaleza (Palácio do Bispo, Fortaleza, CE, PLANDIRF/PMF, 1975).

À minha querida mãe, Antonieta Cavalcante pela herança do abstrato e da criatividade, além da paciência e exemplo de pessoa humana e amor incondicional a todos os seus filhos.

À minhas amadas irmãs, Beth, Paula e Samira, nos momentos de 'ouvir e incentivar' em discussões sadias.

À Regianne Melo e toda sua família, em especial a Geraldo e Naninha, Tiago e Geane.

Aos meus queridos tios 'candangos', Zé Amâncio, Raimundo e Chico (*in memoriam*) e minha querida tia Ilvane Leite e primas Esther e Giselle, pela acolhida em Taguatinga e carinho que sempre mantivemos entre todos de nossa família, referenciais de fraternidade e firmeza de propósitos.

A todos os colegas, professores, funcionários da PPG-FAu Unb, em especial a Prof. Sérgio Sauer, Prof.Castilho, Prof. Otto, Profa. Marta, Prof. Neander e secretários: João, Júnior, Raquel e Valmor.

Ao PETRAN, DET/CT/UFC: professores, Suelly e Uchoa, em especial ao aluno Wagner Jales e funcionários, colegas da SRH: Miriam e Fernando Henrique.

A AMC, pelo apoio operacional nas pesquisas de campo e atenção em todas as vezes que me dirigi àquela instituição, em especial abraço a Diego Bastos, Suliano Mesquita, Felipe Viana, Rosina Azevedo, Dante e Miguel Ary, além de um abraço amigo a todos os demais, em maioria com muito orgulho, meus ex-alunos.

Aos amigos: Alexandre Weber, Gildomar, Leonilda e Charlene, Cecília Alencar, Liana, Cristiane Freitas, Raul Alencar, Ricardo Borges, Gilmar Holanda, Roberval Lima, Wagner Camurça, Emanuel Fraga, Viana Jr.(GEPE), Rindemberg, José Wilson, Conceição e filhos, e muitos que não pude escrever aqui, pelo apoio espiritual e verdadeira amizade, em ouvir nos momentos de aflição e compartilhar nos momentos de alegria.

Ao GEPE e meus irmãos de doutrina, à CLIMEF e seus profissionais, Dr. Clínio Alves (ortopedista), D. Tereza, Régе Saunders, e fisioterapeutas da FIC, além dos colegas de sessões hidro e fisioterápicas. Ao Dr. Miguel Newton (médico terapeuta), pela lucidez e exemplo de amizade e profissionalismo, nas discussões e na condução de meu tratamento.

Meu muito, muito obrigado.

RESUMO

Esta pesquisa de doutorado propõe uma metodologia sistêmica de análise da saturação viária, caracterizada por áreas e vias de maiores congestionamentos e transtornos de mobilidade viária e acessibilidade aos usos do solo na cidade de Fortaleza, Ceará. No escopo de sua abordagem, revela-se a composição de uma modelagem computacional em um mesmo ambiente de Sistemas de Informações Geográficas, de fluxos de demanda alocados pela técnica de Equilíbrio do Usuário Estocástico (SUE), oriunda da Urban Transportation Modelling Systems (UTMS), aliados aos fluxos potencias de oferta alocados pela técnica da Análise Angular de Segmentos (ASA), da Sintaxe Espacial (SE). O principal objetivo da pesquisa é a de contribuir na caracterização dos principais atores causadores dos congestionamentos, que no caso de Fortaleza, foram resultantes da forma da malha, em conexões viárias descontínuas por diversos planos urbanísticos. Alia-se a este fator o processo social de ocupação e uso do solo que juntos acabam por determinar em uma área crítica (AC) de congestionamentos. Em termos teórico-metodológicos, a pesquisa apóia-se no planejamento dos transportes e no urbanismo, originando contribuições metodológicas, no primeiro, na identificação de categorias analíticas funcionais relativas à acessibilidade local e global da malha e, no segundo, na dispersão socioespacial desigual de atividades em uma amostra de vias arteriais/coletoras da cidade. Os resultados finais apontam para a confirmação da participação do espaço de circulação (forma da malha), como contribuinte no processo de formação da cidade de Fortaleza e na propensão a ocorrência de congestionamentos. Em termos específicos são definidas escalas macro, meso e microscópica para a análise da acessibilidade funcional. Os resultados confirmam o processo de segregação sócio-espacial em que a cidade chegou e sugere novas abordagens para análises urbanas e o ensino do urbanismo e transportes.

ABSTRACT

This doctoral research proposes a systemic methodology of street vehicular congestion analysis, pictured by some traffic jammed areas and its problems of land use accessibility and urban car mobility in Fortaleza city, capital of Ceará State, Brazil. The approach offers a composed computational modeling in Geographic Information System environment by joining both 'Urban Transportation Modeling Systems' (UTMS) trip assignment using 'Stochastic User Equilibrium' (SUE) and Space Syntax Angular Segment Analysis (SS-ASA). The main objective is to contribute to jammed areas main identification '*actors'* in Fortaleza city which would be explained by grid discontinuity links due to city´s urban plans evolution. Besides that, it reveals the contribution of land use main *attractors* which would emphasize a congested Critical Area (CA). The research is a kind of interface between transportation and urbanism methodological and theoretical approaches and suggests analytic categories related to two scales. The first one, related to functional grid local and global accessibility and the second one, related to an arterial streets sample and their sociological consequences to the assessment to streets commercial and non-commercial land uses. The final results present the contribution of space to vehicular movement (the *grid form*), as a part of Fortaleza city urban evolution and vehicular *congestion.* The research defined three *levels of accessibility analysis:* '*macro', 'meso'* and '*microscope'*, together with two aspects of *functional* approaches. The results also confirm the *sociospatial* segregation the city has gone through and suggest new urban systemic approaches concerned to urbanism and transportation academics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fatores de insumo no cálculo da qualidade do fluxo veicular.	22
Figura 2	Via arterial em ambiente SIG-T e correspondente Imagem de fluxo simultâneo em horário de pico. Incumbências profissionais de gestores urbanos e de tráfego.	22
Figura 3	Exemplos de *congestionamentos críticos* em Fortaleza e o metrô de superfície previsto nas estações (pontos de cor vermelha).	26
Figura 4	Esquema do ciclo de movimentos, segundo a lógica do *movimento natural*.	28
Figura 5	Adaptação do modelo Transportes x Usos do Solo x Impactos	37
Figura 6	'Ondas [de choque] de congestionamento' recriadas.	43
Figura 7	Centro e centralidades de Fortaleza	51
Figura 8	Fortaleza e suas SER´s.	54
Figura 9	SER´s- Distribuições Sócio-espaciais.	54
Figura 10	Freqüência da escolha modal por faixa salarial.	55
Figura 11	Índice de Desenvolvimento Humano de Fortaleza – Ano de 2000.	57
Figura 12	Modelo de Medidas da Configuração Espacial.	69
Figura 13	Esquema epistemológico da teoria da arquitetura.	71
Figura 14	Bifurcação teórica da arquitetura – variável independente.	72
Figura 15	Desenho de Linhas axiais para um mesmo sistema de barreiras	77
Figura 16	Exemplo de raio visual no espaço axial para pedestres e/ou veículos.	80
Figura 17	Exemplos de linhas axiais para pedestres.	81
Figura 18	Problema da *Abstração*.	82
Figura 19	Problema da *Abstração* para a variável de conectividade	82
Figura 20	Problema da Subjetividade. Teste de mapas axiais.	82
Figura 21	Problema da *Subjetividade* - integração global (Rn),malha 01.	82
Figura 22	Ângulo de Continuidade *a*.	84
Figura 23	Base RCL´s de Fortaleza, com links/arcos e nós da modelagem UTMS e ASA	86
Figura 24	Exemplo de malha com análise ASA em RCL´s.	92
Figura 25	Segmentos da Análise ASA. Distâncias e ângulos corrigidos	94
Figura 26	Malha hipotética de quatro nós em um *j-graph*.	98
Figura 27	Efeito-limite (*edge effect*) ou 'paradoxo da centralidade'.	100
Figura 28	*S-lines* e os espaços convexos.	107
Figura 29	Efeito 'malha-deformada' (*deformed grid effect*)	108
Figura 30	Experimento sobre o efeito 'malha deformada'.	109
Figura 31	Mapas do Plano Piloto: Axial e de Segmentos no Depthmap e de Alocação no	112
Figura 32	Mapa de Links de tráfego (RCL´s) do Plano Piloto – 18 trechos de contagens.	115
Figura 33	Fluxos baixos ou nulos – Alocação do SATURN.	116
Figura 34	Comparação: Modelagem Sintática e Alocação	118
Figura 35	Correlação: fluxos veiculares x escolha ponderada para RCL´s.	120
Figura 36	Três tipos de distâncias configuracionais.	121
Figura 37	Mapa axial da área estudo processado no *MindWalk 1.0*	122
Figura 38	Área Crítica – AC, não recomendada à existência de *Atratores* (Pólos Geradores)	122
Figura 39	O Processo de Planejamento de Transportes Urbanos.	130
Figura 40	Esquema do equilíbrio simples do sistema (F) entre a oferta (O_f) e a demanda (D) para a relação Nível de serviço (L) *versus* Volume veicular (V).	133
Figura 41	Gradientes de densidade versus tempo nas metrópoles norte americanas e européias.	136
Figura 42	Esquema do melhoramento do sistema (F) entre as funções de oferta (S) e a demanda (D) para a relação Nível de serviço (L) *versus* Volume veicular (V).	138
Figura 43	Gráfico da evolução da frota veicular: Estado do Ceará em relação a capital Fortaleza	140
Figura 44	Modelo 4 Etapas.	143
Figura 45	Viagens por categorias	144
Figura 46	Esquema de divisões de zonas de Tráfego (ZT´s).	146
Figura 47	Algoritmo 'tudo ou nada', sem nenhum efeito estocástico incluído.	151
Figura 48	Algoritmo com efeito estocástico em duas rotas escolhidas.	152
Figura 49	Algoritmo com efeito estocástico de Burell.	152
Figura 50	Equilíbrio Estocástico do Usuário (SUE) com efeito estocástico de congestionamento	154
Figura 51	Painel de controle do CTA-FOR.	157
Figura 52	Áreas e subsistemas do CTA-For.	158
Figura 53	Base SHAPE para Saturação (Volume/Capacidade) na alocação SUE.	160

Figura 54	Diagrama de abordagem de um sistema.	164
Figura 55	Estrutura Geral do Modelo de Alocação	165
Figura 56	Características atribuídas à área de influência com a implantação do CGV,	169
Figura 57	Praça Portugal, exemplo de proximidade entre Micro e Macro PGT´s em Fortaleza.	176
Figura 58	Metodologia proposta – Resumo	180
Figura 59	Área Crítica esperada - Vias oficiais (expressas, arteriais e coletoras)	190
Figura 60	Planta da Cidade de Fortaleza de 1856 por Padre Manoel do Rego Medeiros.	195
Figura 61	Planta Exacta da Capital do Ceará, ano 1859	196
Figura 62	Planta da Cidade de Fortaleza e Subúrbios por Adolfo Herbster - 1875	196
Figura 63	Planta da Cidade de Fortaleza Capital - Província do Ceará. Adolfo Herbster, 1888	197
Figura 64	Planta Cadastral de Fortaleza – 1931/1932.	198
Figura 65	Plano de Remodelação e Extensão de Fortaleza – Nestor de Figueiredo 1933	199
Figura 66	Proposta de Remodelação e Extensão - Saboya Ribeiro 1948	201
Figura 67	Proposta de Saboya Ribeiro – Detalhe de Seções de Vias	201
Figura 68	PLANDIRF (1972) – Áreas Urbanas e de Expansão.	207
Figura 69	Caso da Via Expressa e o efeito primário.	209
Figura 70	Estrutura Viária Proposta pelo PDF 1979 versus congestionamentos (2008)	212
Figura 71	PDDU 1992 – Macrozonas (%)	215
Figura 72	PDDU 1992- Malha Viária Oficial	216
Figura 73	Método 1. - Digitalização de mapas históricos (Fortaleza, 1888) - logradouros.	222
Figura 74	Método 2 - Desenho automático das linhas axiais no *Depthmap* 6.08	222
Figura 75	Método 3 – Subtração das Linhas Axiais	223
Figura 76	Extração das medidas sintáticas (*Depthmap e Mindwalk*)	223
Figura 77	Conversão do mapa de acessibilidade/mobilidade (TransCAD).	224
Figura 78	Extração do Índice de Forma Urbana (IFU)	226
Figura 79	Medidas de Primeira Ordem da SE para malhas históricas de Fortaleza.	227
Figura 80	Medidas de Segunda Ordem da SE para malhas históricas de Fortaleza.	228
Figura 81	Construção do mapa axial.	231
Figura 82	Mapa axial finalizado (jan/2004- ago/2006)	232
Figura 83	Variação angular/aproximação axial do motorista no “cone de visão”.	233
Figura 84	Mapa Axial com 35^{o} de variação angular e 5m de aproximação (LC´s 35,5).	233
Figura 85	Processo de identificação visual de ID´s no *DepthMap* e *Transcad.*	235
Figura 86	Gráfico da distribuição de correlações *Length* x Integração (R3-Rn) no *Mindwalk*. Camadas do Mapa LC (35,5).	237
Figura 87	Gráfico da distribuição de correlações *Length* x Integração (R3-Rn) no *Depthmap*. Camadas do Mapa LC (35,5).	237
Figura 88	Definição da AC – *efeito primário*.	238
Figura 89	Gráfico resumo dos valores de correlações e medidas sintáticas por Raio de Integração	239
Figura 90	Área Crítica Final (AC) – *Efeitos primário e secundário*	240
Figura 91	Atores e seus *Efeitos no Congestionamento*.	241
Figura 92	Base ‘semente’ logradouros.dbd inserida no TransCAD.	242
Figura 93	Base shape-SUE modelada.	243
Figura 94	Camadas: ‘Areas e ADV012’ da AC adicionadas à base ‘shape’.	249
Figura 95	Modelagem do Uso do Solo – Fortaleza e AC.	250
Figura 96	Recorte da AC - Situação 1_Rn	257
Figura 97	Recorte da AC - Situação 2_R3 e Rn	258
Figura 98	O problema da Associação de ID´s	259
Figura 99	Análises x Situações (1,2 e 3)	260
Figura 100	Processo de Associação de ID´s_Chave mestra	263
Figura 101	Processo de Associação de ID´s_Algoritimo	265
Figura 102	Processo de Associação de ID´s_Visual	266
Figura 103	Amostras da malha de tráfego. REDE_MODE na cor azul.	267
Figura 104	Correlações VMD´s x ASA-8 (MAPA 8)	268
Figura 105	Mapa de melhor correlação Max_VOC ~ ASA-12	270
Figura 106	Segundo Mapa de melhor correlação Max_VOC ~ ASA-17	271
Figura 107	Saturação MAX_VOC ‘sem’ ponderação	273
Figura 108	Conectividade Angular de Fortaleza	274
Figura 109	Conectividade Angular da AC.	275
Figura 110	Choice – Escolha Rápida de Fortaleza, Raio *n*.	275
Figura 111	Distribuição - ASA-12_Rn__Conectividade (*Connectivity*)	277
Figura 112	Distribuição % - ASA-17_R7__Profundidade Total Angular	278
Figura 113	T.O. *versus* I.A. nas vias validadas.	279
Figura 114	T.O. *versus* TRANSTORNOS.	280
Figura 115	T.O. Usos *versus* T.O.Veicular.	283
Figura 116	Fortaleza/AC modelada na Etapa 3.3 para 12 ‘conversões’ (raios sintáticos).	290
Figura 117	Esquema dos tipos de acessibilidade: Local (PGV´s e Usos) e Global.	301
Figura 118	´Patologias da AC’	306

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	Medida de centralidade de um segmento-origem	91
Equação 2	Profundidade Média (Mean Depth)	92
Equação 3	Soma dos pesos angulares (angular sum)	93
Equação 4	Profundidade média (Mean Depth) por 'rota' (ou caminho topológico)	93
Equação 5	Novo cálculo de $MDSLW_A$	94
Equação 6	$MDSLW_{A1}$	95
Equação 7	Medida de centralidade – Choice / Betweenness	97
Equação 8	Funções de oferta (S)	132
Equação 9	Funções de demanda (D)	133
Equação 10	Equilíbrio do sistema (L) – Nível de Serviço	133
Equação 11	Equilíbrio do sistema (V) – Fluxo	133
Equação 12	Matriz de viagens T_{ij},	145
Equação 13	Proporção de usuários do sistema	147
Equação 14	Proporção de usuários do sistema - modelo logit multinomial (MLM)	144
Equação 15	Fórmula BPR	159
Equação 16	Equação de Saturação (congestionamento - AC)	191
Equação 17	Modelo de regressão linear	285
Equação 18	Equação de saturação da AC	289

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Contexto mecanicista *versus* contexto sistêmico	31
Tabela 2	IDH-M – por região administrativa/2000	57
Tabela 3	Efeitos e suas abrangências	60
Tabela 4	Grupos semânticos. Classes de Velocidades para definição do NS	62
Tabela 5	Aspectos taxonômicos de análise arquitetônica.	75
Tabela 6	Descrições do espaço.	78
Tabela 7	Categorias do espaço cognitivo (e-cognitivo).	79
Tabela 8	Ângulos – limite	83
Tabela 9	Escala de Cohen. Relação entre Categoria e Correlação	114
Tabela 10	Decisões de viagens para o motorista/pedestre.	128
Tabela 11	Viagens - Fatores de Influência.	145
Tabela 12	Classificação dos métodos de alocação - algoritmos.	150
Tabela 13	Classificação dos métodos de alocação – critérios (motorista e saturação).	150
Tabela 14	Classificação dos métodos de alocação – perguntas e respostas para análise	150
Tabela 15	Taxa de Motorização: Brasil *versus* Outros Países	155
Tabela 16	Ranking das cidades brasileiras segundo sua frota (AUTO).	156
Tabela 17	Ranking das cidades brasileiras por (%UF).	156
Tabela 18	Ranking das cidades brasileiras na relação (auto/eixo).	156
Tabela 19	Ranking das cidades brasileiras na relação (auto/km).	157
Tabela 20	Alocação SUE em Fortaleza. Correlação entre o volume modelado e o observado.	159
Tabela 21	Críticas ao modelo 4E.	161
Tabela 22	Conceito de Pólos Geradores	167
Tabela 23	Quadro comparativo de critérios de classificação e impactos para análises de PGT´s.	173
Tabela 24	Resumo dos fatores de escolha da localização de lojas	175
Tabela 25	Fortaleza - Cruzamentos mais congestionados – janeiro (2008).	212
Tabela 26	Medidas de Primeira Ordem da SE.	227
Tabela 27	Medidas de Segunda Ordem da SE.	227
Tabela 28	Mapa Axial - Parâmetros das LC´s e Nº. de linhas axias geradas	233
Tabela 29	Atributos de 'transtornos funcionais' - 68 vias da AC.	246
Tabela 30	Coleta de dados da AC – Uso do Solo	248
Tabela 31	Lista de Mapas ASA_RCL (Axial e Segmentos) processados no DepthMap	261
Tabela 32	Atributos, parâmetros e variáveis de processamento.	262
Tabela 33	Resumo das 11 melhores correlações: VOC x Mapas ASA	269
Tabela 34	Variáveis de Saturação da Modelagem SUE.	272
Tabela 35	Mapas ASA para análise de distribuição	276
Tabela 36	Coeficientes -12S;D2, stepwise 10.	289

LISTA DE SIGLAS

AMC	Autarquia Municipal de Transito, Serviços Públicos e de Cidadania de Fortaleza
ETTUSA	Empresa de Trânsito e Transporte Urbano S/A
ETTUFOR	Empresa de Transporte Urbano de Fortaleza
UFC	Universidade Federal do Ceará
CTA-FOR	Controle de Tráfego em Área de Fortaleza
SIAT-FOR	Sistema de Informações de Acidentes de Trânsito de Fortaleza
CADD	Computer Assisted Design and Drafting
TCW	Abreviatura técnica do Software TransCAD, da Caliper (www.caliper.com)
SIG-T	Sistemas de Informações Geográficas para Transportes
SAD69	South American Datum 1969

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1	Fortaleza - Rede 'Logradouros' modelada. Links coloridos e 'nós' em pontos pretos.	322
Anexo 2	Fortaleza – Zoom no mapa de segmentos axiais: medidas ASA processadas	322
Anexo 3	Normalização dos valores angulares entre 0^0 – 180^0. Método de Hillier e Iida	322
Anexo 4	Mapa sintático axial de Fortaleza processado no *Mindwalk* 1.0 - Rn	323
Anexo 5	Observações de Transtornos de acessibilidade e mobilidade na AC.	323
Anexo 6	Base SIG-T de ZT´s em Fortaleza mapeadas segundo sua maior densidade de domicílios.	324
Anexo 7	Base SIG-T de ZT´s em Fortaleza mapeadas segundo sua maior densidade de empregos.	324
Anexo 8	Evolução conceitual entre PGT, PGV, EGV e CGV.	325
Anexo 9	Enquadramento de PGT´s no Distrito federal (incluído Brasília).	326
Anexo10	Classificação dos PGT´s por natureza das atividades na LUOS de Fortaleza.	327
Anexo 11	Medidas sintáticas de 1ª. e 2ª. Ordem e das LC´s	327
Anexo 12	Medidas de Tráfego da Alocação-4E	328
Anexo 13	PLANDIRF – Rede Viária metropolitana.	328
Anexo 14	Comparativo atual – Vias Expressas	329
Anexo 15	As quatro vias (ATUAIS) de maior mobilidade em Fortaleza, 1888.	329
Anexo 16	Camada (10+20+30+40) – Integração (HH)	330
Anexo 17	Camada (10+20+30+40+50+60+70) – Integração (HH)	330
Anexo 18	Correlações entre os comprimentos das linhas axiais (*lenghts*) e variáveis sintáticas obtidas no software *Depthmap*.	331
Anexo 19	Formulário de Pesquisa de Uso do Solo – *atratores.*	331
Anexo 20	Vias da sub-amostra da AC. Controle Pesquisa de Campo - PGV*	332
Anexo 21	AC – Rede Modelada + Uso + ASA	333
Anexo 22	AC – Pólos Geradores – *Atratores*	333
Anexo 23	AC – Atratores + Semáforos + Vias de maior Conectividade (SE)	333
Anexo 24	AC – Zoom1 - Atratores + Uso + ASA (conectividade)	334
Anexo 25	AC – Zoom2 - Usos + Rede Modelada	334
Anexo 26	AC – Zoom2 - Usos + Rede Modelada + Qdte Veículos/Lote	334
Anexo 27	AC – Zoom2 – Usos + Rede Modelada + Qdte Veículos/Lote + No Pavtos	335
Anexo 28	AC – Zoom2 – Usos + Rede Modelada + Qdte Veíc/Lote + Área Construída	335
Anexo 29	AC – Usos + Rede Modelada + Densidade Veículos/Lote	335
Anexo 30	AC – Usos + Rede Modelada + Densidade Veículos/Via	336
Anexo 31	AC – Atratores (PGV´s e Shoppings) + Usos + Rede Modelada + Densidade Veículos/Via	336
Anexo 32	Mapa Axial Recortado – Limites da AC (2.050 LINHAS).	336
Anexo 33	Mapa Axial Total (11286 linhas) - Integração Global (Rn)	337
Anexo 34	Mapa Axial AC (2.050 linhas)- Integração Global (Rn	337
Anexo 35	Axial Total – Vias mais acessadas - Rn.	337
Anexo 36	Axial- AC- Integração Local R3	338
Anexo 37	Axial Total (11.286 linhas) – 4 vias mais acessadas – R3.	338
Anexo 38	AC Axial – 6 vias mais acessadas – R3.	338
Anexo 39	Conversão em LC (35,5) – de 11.286 para 10.414 Linhas.	339

Anexo 40	Mapa LC (35,5) (10.414 linhas) – 8 vias mais acessadas – R3.	339
Anexo 41	Mapa LC (35,5) (10.414 linhas) - 4 vias mais acessadas - Rn	339
Anexo 42	Mapa $AC_{LC\ (35,5)}$ (1.686 linhas) - 6 vias mais acessadas – Rn e R3.	339
Anexo 43	Etapas de conversão de RCL´s para ASA	340
Anexo 44	Descrição das variáves 'ASA'	342
Anexo 45	Resumo da amostra de VMD´s da AMC/Ano/Pico.	342
Anexo 46	ASA-08_R12_Escolha Rápida (T1024_*Choice_R12_step*) (0-12000).	343
Anexo 47	ASA-08_R12_Escolha Rápida (T1024_*Choice_R12_step*) (2000 - 10000).	343
Anexo 48	ASA-12_Rn__Conectividade Angular (*Angular conectivity*) (0-8).	343
Anexo 49	ASA-12_Rn__Conectividade Angular (*Angular conectivity*) (4-8).	344
Anexo 50	ASA-12_Rn__Conectividade (*Conectivity*) (0-8).	344
Anexo 51	ASA-12_R18_Contagem Angular de 'Nós' (0-7000).	344
Anexo 52	ASA-17_R7__Profundidade Total Angular	345
Anexo 53	Vias Arteriais validadas na amostra da AC.	345
Anexo 54	RLM da EQ_SAT_AC_240708_V10.sav	346
Anexo 55	RLM da EQ_SAT_BS25.sav.	347

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 4
RESUMO 8
ABSTRACT 9
LISTA DE FIGURAS 10
LISTA DE EQUAÇÕES 12
LISTA DE TABELAS 12
LISTA DE SIGLAS 13
LISTA DE ANEXOS 13
SUMÁRIO 15

INTRODUÇÃO 19

1. CAPÍTULO 1 - ESTADO DA ARTE 35

Introdução 36
1.1 O planejamento: Transportes – Uso do Solo. 37
1.1.1 Abordagem conceitual 38
1.1.2 Abordagem integrada-computacional 39
1.2 Morfologia – uma opção para o sistêmico 41
1.3 Escalas 42
1.3.1 Macroscópica 42
1.3.2 Mesoscópica 44
O Centro da Maioria 45
O Centro da 'Minoria' 46
1.3.3 Microscópica 48
1.4 Demandas 49
1.4.1 Demandas Sociais 49
1.4.2 Demandas Funcionais 59
Como o problema vem sendo abordado 62

2. CAPÍTULO 2 - SINTAXE ESPACIAL 65

Premissas 65
2.1 Conceitos 67
2.2 A Arquitetura enquanto disciplina 70
2.3 A axialidade e suas vertentes 76
2.3.1 Linhas de Continuidade 77
2.3.2 Análise Angular de Segmentos 85
2.4 Críticas a SE 101
2.5 Linhas de Investigação da SE 110
A Modelagem morfológica 110
2.6 Dimensões 116
2.6.1 Funcional - fluxos 116
A SE e os movimentos veiculares 116
Técnicas e Variáveis 118
A SE e os transtornos de acessibilidade e mobilidade na malha 123

A SE e os transtornos de acessibilidade e mobilidade a Atratores 123
A SE e os transtornos de acessibilidade e mobilidade aos Atratores na 125

3. CAPÍTULO 3 - MODELAGEM DE TRÁFEGO 127

3.1 O Processo de Planejamento de Transportes 128
3.2 Revendo a teoria de modelagem de fluxos. 129
3.3 Como o a modelagem de fluxos vem sendo abordada 134
3.3.1 Aspectos históricos que influenciaram os processos de modelagem no 135
3.4 Modelagem 137
3.4.1 Modelos de Planejamento no Setor de Transportes 141
3.4.2 Modelo Quatro Etapas (4E) 142
As quatro etapas 142
Geração de Viagens 143
Distribuição de viagens 145
Divisão modal 147
3.4.3 Alocação de tráfego 149
Métodos Estocásticos sem Restrições de Capacidade 151
Métodos Estocásticos com Restrições de Capacidade 153
3.4.4 Alocação em Fortaleza 154
O CTA-For 157
Críticas 160
Formas de superação 162
UTMS-4E e a Sintaxe Espacial 163
Modelos Configuracionais 166
3.5 Influência dos Pólos Geradores / Atratores 167
3.6.1 Conceito de Pólos Geradores 167
3.6.2 Impactos de PGV´s 169
3.6.3 Classificação de PGV´s. 170
3.6.4 Metodologias de Localização de PGV´s. 174
3.6.5 Implantação de PGV´s em Fortaleza. 176

4. CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA PROPOSTA 178

Metodologia 179
4.1 **ETAPA 01.** Uso e Ocupação *versus* Sintaxe da Malha 179
4.2 **ETAPA 02.** Análise Morfológica da Malha – cronologia 181
4.3 **ETAPA 03.** Definição da Área Crítica (2008) 183
4.3.1 Desenho do Mapa Axial 183
4.3.2 Geração das variáveis 183
4.3.3 Georeferenciamento das variáveis e alocação dos volumes 184
4.3.4 Correlações – Tráfego e SE 185
4.3.5 Correlações – SE (geometria e topologia) 185
4.4 **ETAPA 04. Modelagem Sistêmica** 186
4.4.1 Modelagem de Tráfego - UTMS 186
4.4.2 Modelagem de Uso do Solo - Atratores 187
4.4.3 Modelagem Morfológica - SE 188
4.4.4 Modelagem Sistêmica 189
4.5 **ETAPA 05.** Análise Sistêmica da Malha – (2008) 189

4.5.1 **Análises Quantitativas** 189
4.5.1.1 Correlações TRÁFEGO-SE (Fortaleza) 190
Equação de Saturação (congestionamento - AC)
4.5.2 **Análises Qualitativas** 191
4.6 ETAPA 06. Conclusões 192

5. CAPÍTULO 5 – ESTUDO DE CASO 193

5.1 ETAPA 01. Uso e Ocupação *versus* Sintaxe - cronologia 194
O Planejamento Viário em Fortaleza 194
5.1.1 Plantas de Adolfo Herbster – 1859, 1875 e 1888 195
5.1.2 Planta de Raimundo Girão - 1932 197
5.1.3 Proposta de Nestor de Figueiredo - 1933 198
5.1.4 Proposta de Saboya Ribeiro - 1948 200
5.1.5 Proposta de Hélio Modesto - 1962 203
5.1.6 O Plano de Desenvolvimento Integrado da RMF- PLANDIRF(1972) 205
5.1.7 Plano Diretor Físico (1979) 210
5.1.8 Plano Diretor de Des. Urbano de Fortaleza – PDDU-FOR (1992) 213
5.1.9 Plano Diretor de Des. Urbano e Ambiental de Fortaleza – PDDUA (2002) 217
5.1.10 Plano Diretor Participativo de 2007 – PDP-For 219
5.2 ETAPA 02. Análise Morfológica da Malha – cronologia 220
O Planejamento Viário em Fortaleza – Uma Visão Sintática 220
5.2.1 Digitalização dos Mapas históricos 221
5.2.2 Extração das medidas sintáticas 223
5.2.3 Conversão do mapa de acessibilidade/mobilidade 223
5.2.4 Extração do índice de forma urbana - IFU 225
5.2.5 Extração dasmedidas sintáticas 226
5.2.6 Análise comparative – *sintaxe x semântica* 226
Conclusões – ETAPA 02 230
5.3 ETAPA 03. Definição da Área Crítica – AC 231
5.3.1 Desenho do Mapa Axial 231
5.3.2 Geração das variáveis 232
5.3.3 Georeferenciamento das variáveis e alocação dos volumes 234
5.3.4 Correlações – Tráfego e SE 235
5.3.5 Correlações – SE (geometria e topologia) 236
Conclusões – ETAPA 2 240
5.4 ETAPA 04. Modelagem Sistêmica 242
5.4.1 Modelagem de Tráfego - UTMS 242
5.4.2 Modelagem de Uso do Solo - Atratores 245
5.4.3 Modelagem Configuracional - SE 255
5.4.4 Modelagem Sistêmica – Base SIG-SE-USO 263
5.5 ETAPA 05. Análise Sistêmica 266
5.5.1 **Análise Quantitativa – CORRELAÇÕES E REGRESSÕES** 266
5.5.1.1 Correlações - TRÁFEGO-SE (Fortaleza) 266
AMOSTRA_01 267
AMOSTRA_02 268
5.5.1.2 Regressões - Equação de Saturação (congestionamento - AC) 271
Variáveis de Saturação - Distribuições 272
Variáveis de Tráfego (fluidez) 272

Variáveis Sintáticas (fluxo veicular) 274
Variáveis de Atratores (PGV´s) 278
5.5.1.3 Comentários sobre o processo de regressão 284
5.5.1.4 Análises Estatísticas - Amostras 287
AMOSTRA-1 (Anexo 54) 287
AMOSTRA-2 (Anexo 55) 289
5.5.1.5 Conclusões - Quantitativas 293
5.5.2 **Análise Qualitativa** 296
5.6 ETAPA 06. Validação 298
5.6.1 Levantamento de Campo 298
5.6.2 Validação 299

6. CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 300

6.1 Contribuições 301
6.1.1 Contribuições Teóricas 301
6.1.2 Contribuições metodológicas 302
6.1.3 Contribuições técnicas 304
6.1.4 Contribuições para a Cidade de Fortaleza 305
6.2 Recomendações – estudos futuros 306
6.2.1 Nas metodologias 306
6.2.2 Na coleta dos dados 307
6.2.3 No tratamento dos dados 307
Tabulação 307
Estatísticas 308
6.2.4 Na propagação da metodologia 308
BIBLIOGRAFIA 309
ANEXOS 321

INTRODUÇÃO

Introdução

A presente pesquisa de doutorado tem por objetivo aproximar duas grandes áreas de conhecimento: a Arquitetura e Urbanismo, situada nas Ciências Sociais Aplicadas; e a Engenharia de Transportes, mais quantitativa, situada no campo das Engenharias.

Mais especificamente na Arquitetura e Urbanismo, o termo *urbanismo* passou a englobar inúmeros aspectos associados à cidade: obras públicas, configuração urbana (a do presente estudo), planos urbanos, práticas sociais e pensamento urbano, legislação e direito relativo à cidade.

A *morfologia urbana*[1], uma das *faces* do *urbanismo* segundo HAROUEL (2001, p. 8), *op. cit.* MEDEIROS (2006), tem sua utilização restringida a uma das categorias de análise do *urbanismo,* em que são importantes os diferentes arranjos de espaços e barreiras à movimentação de pessoas, produtos e veículos nas cidades. Neste caso, a Teoria-suporte desta investigação é a Sintaxe Espacial.

A Engenharia de Tráfego, sub-área da Engenharia de Transportes, de certa forma lida com *o espaço* que é objeto de trabalho comum ao planejamento urbano[2] e de transportes[3]. Neste último, encontram-se subdivididas outras áreas de planejamento: a de *tráfego*, a de *projeto geométrico* e a de *operações*.

A missão principal desta investigação sistêmica, a longo prazo, é minimizar a distância entre profissionais das duas áreas, fazendo-os perceber que o objeto de pesquisa – *o espaço viário* – a ambas pertence, sendo em cada uma compreendido de maneira diferente. Ao criar uma 'ponte investigativa' de ligação, o presente trabalho contribui para uma das etapas desta meta, em contínuo aprimoramento.

De acordo com GEDDES (1994, p. 47), op. cit. MEDEIROS (2006): "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". Concordando com Medeiros, espera-se "[...] ampliar a visão ainda relutante que expõe a insatisfação com o status ora vigente".

[1] Segundo a Wikipedia.org, A morfologia urbana trata do estudo da estruturas, formas e transformações da cidade.
[2] Área de domínio dos planejadores dos espaços das quadras e edificações.
[3] Área de domínio dos planejadores do sistema viário.

Ressalta-se aqui o avanço acadêmico dos colegas engenheiros, que aos poucos percebem a permeabilidade da morfologia à engenharia de tráfego, como será enfatizado adiante.

Deve-se também aplaudir os esforços dos morfólogos insistentes[4] que conseguem, paulatinamente, ascender a Arquitetura e o Urbanismo a patamares mais elevados, abrindo uma área em constante mutação, a da *morfologia urbana* e um de seus fundamentos epistemológicos, a Teoria da Sintaxe Espacial.

A par e passo, discorrer-se-á sobre cada uma destas nuances teórico-metodológicas, respeitando-se suas potencialidades e contribuindo para suas complementaridades.

São a seguir apresentados: a *motivação de pesquisa*, sua *justificativa*, seus *objetivos* e *estruturação* da investigação exploratória.

Motivação

São de uso corrente da comunidade científica que lida com o Planejamento de Transportes os modelos de simulação de tráfego baseados em variáveis de insumo, tais como: localização de empregos, modalidades de transporte, volume veicular, velocidade, tempo de deslocamento, condições do pavimento, número de faixas de tráfego, distâncias, etc. Esses modelos consideram fortemente aspectos *geométricos* e *operacionais* da malha viária, os quais enfocam *a qualidade do fluxo veicular*, calculada pelo denominado *Nível de Serviço*[5] das vias (NS). Este cálculo serve de base na definição da classificação viária da malha e na localização de atividades (figuras 1 e 2).

Em Fortaleza, capital do Estado do Ceará, Brasil, é de competência dos planejadores de tráfego o monitoramento deste NS. Estes, em parceria com os planejadores urbanos[6], analisam grandes equipamentos ou atividades que atraem considerável quantidade de viagens e que impactam sobremaneira este NS da malha em

[4] Aqui também se inclui o autor e todos os grupos de pesquisa no Brasil e no mundo.
[5] Nível de Serviço define-se como um conceito sobre a qualidade do tráfego, considerando um determinado indicador de desempenho da fluidez viária.
[6] Geralmente arquitetos egressos da escola modernista

determinadas vias da cidade. São os denominados Pólos Geradores de Viagens, ou PGV´s[7] (figura 2).

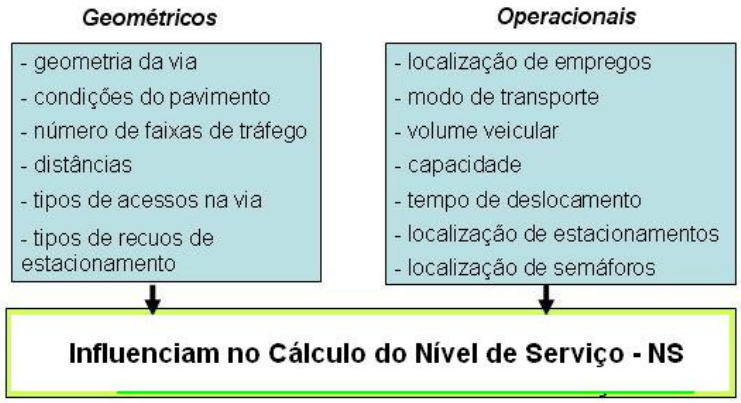


Figura 1. Fatores de insumo no cálculo da qualidade do fluxo veicular

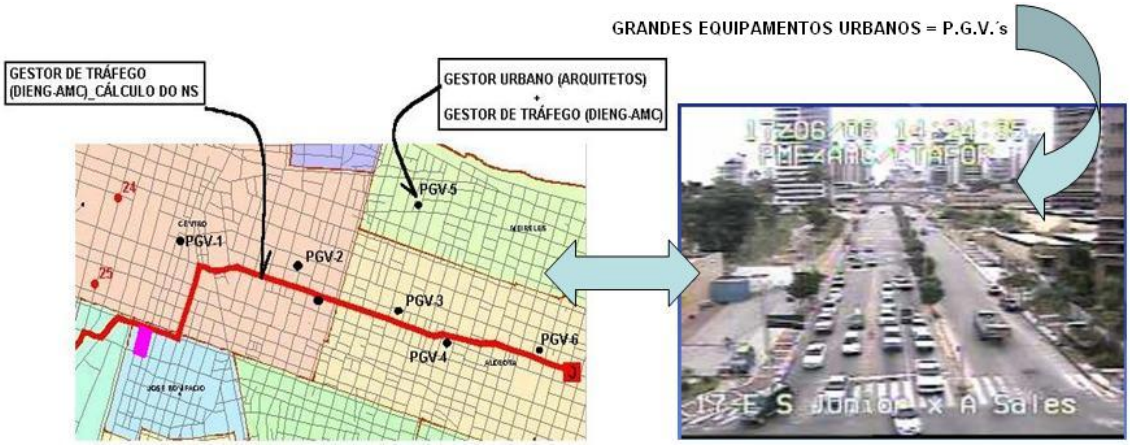


Figura 2. Via arterial em ambiente SIG-T e correspondente Imagem de fluxo simultâneo em horário de pico. Incumbências profissionais de gestores urbanos e de tráfego.

O problema-foco

Os usuários de veículos de Fortaleza *reclamam da lentidão do tráfego em determinadas áreas da cidade onde se localizam os constantes* ***congestionamentos***. A população possui uma expectativa de melhorias ao referido problema, principalmente no tocante ao acesso às áreas mais críticas da cidade, nas quais, nota-se uma maior concentração dos PGV´s.

[7] Segundo PORTUGAL & GOLDNER (2003), denominam-se Pólos Geradores de Tráfego – PGT´s ou PGV´s: "as edificações ou instalações que exercem grande atratividade sobre a população, mediante a oferta de bens ou serviços, gerando elevado número de viagens, com substanciais interferências no tráfego do entorno e a necessidade de grandes espaços para estacionamento ou carga e descarga" Decreto Municipal de São Paulo No. 15980/79, art. 19, parágrafo 1º. Segundo a Lei No. 7.987 de dez/1996, de Uso e Ocupação do Solo do Município de Fortaleza (LUOS), Título III, Capítulo I, art. 160, Parágrafo Único, os PGT´s são: "edificações onde se desenvolvem atividades geradoras de grande número de viagens, e cuja implantação provoque impacto no tocante à saturação da capacidade viária do entorno, na circulação circunvizinha, na acessibilidade à área, na qualidade ambiental, na segurança de veículos e pedestres e na capacidade da infraestrutura existente.".

Observa-se que *tanto a localização dos PGV´s quanto a verificação de mudanças significativas da quantidade de veículos por vias têm contribuído para problemas de congestionamento e saturação de tráfego em área considerada crítica aos movimentos veiculares na cidade de Fortaleza*[8]. Fatos noticiados na mídia local já acenam para os constantes problemas de fluidez no tráfego (*congestionamentos e estacionamentos),* identificados pelos aspectos geométricos (viário) e operacionais enfrentados pelos gestores de tráfego do município:

> Jornal *O Povo*, de 11 de abril de 2007, no caderno **O POVO NOS BAIRROS,** escrito por Rosa Sá, [...] ESTACIONAMENTO - *Leitora* pede a visita de agentes da AMC[9] no trecho da Avenida Rogaciano Leite, Shopping Iguatemi em direção à Câmara Municipal. *Resposta* - A Divisão de Operação e Fiscalização (Diofi) da [AMC] afirma que, na avenida Rogaciano Leite, entre a rua Atilano Moura e avenida Jornalista César Magalhães, não há sinalização de proibição de estacionamento. Ressalta ainda que *a via é larga e dispõe de espaço para que veículos estacionem junto ao meio-fio, sem prejudicar o tráfego*. Ainda assim a Divisão de Engenharia de Trânsito (DIENG) da AMC irá enviar uma equipe de técnicos ao local para analisar a viabilidade de proibir o estacionamento no referido trecho [...].

São notórias em Fortaleza, assim como as principais metrópoles brasileiras, certas 'operações cirúrgicas' urbanas, pontuais e desagregadas da malha por inteiro. Geralmente, as ações públicas sem concatenação de esferas de poder e gestão, resultando em falhas na gestão municipal, terminam por arcar com o ônus moral de desobstruir o tráfego congestionado em vias já caracterizadas pelo sistema como 'pontos críticos' de ***congestionamento***. Exemplo disto é o registro de operadores do sistema coletivo e de críticas à criação de novas vias paralelas ou 'binárias' às vias congestionadas, como nas notas a seguir.

> Jornal *O Povo*, de 22 de abril de 2007, 03:38. **Planejamento urbano precisa ser integrado.** [...] para um dos conselheiros do Sindicato das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Ceará (Sindiônibus), (e também) um dos diretores da Associação Brasileira das Empresas de Transporte Terrestre de Passageiros (Abrati), Paulo Porto Lima, (afirma que) *a cidade precisa de um planejamento urbano integrado que privilegie todas as categorias envolvidas com o transporte*. *"Temos uma hierarquia invertida em Fortaleza, em que o carro está em primeiro lugar",* afirma, sugerindo que o correto seria o pedestre em primeiro, seguido pelos ônibus e, por último, o veículo particular. Um dos problemas apontados pelo conselheiro que ratificam o argumento é o estacionamento diagonal - motivo de dor de cabeça para pedestres e motoristas em trânsito, e muito comum na maioria das avenidas de Fortaleza. "*Basta o carro dar uma ré num estacionamento desses que o tráfego pára. Isso não se faz. Não era pra existir*".

[8] Sabe-se que outras causas de congestionamentos também devam ser consideradas como os aspectos de economia de mercado na definição de centralidades ou no aumento da frota de veículos em Fortaleza, com aproximadamente 500 mil unidades e uma taxa de motorização que cresce em 6% ao ano (fonte AMC, 2006). No entanto, restringe-se aqui ao estudo de apenas duas das possíveis causas, a malha em si e os PGV´s.

[9] Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e de Cidadania

> Jornal *O Povo*, de 23 de março de 2007. Nota - **SEM AUTORIZAÇÃO. Obras da Juarez Barroso estão paradas há um mês.** Obras da (Avenida) Juarez Barroso estão paradas há um mês sob alegação de que está sendo executada em área federal, a obra (...) está há um mês embargada pelo Patrimônio da União. Agora, está sendo avaliada pelo Ministério Público. *(...). (mesma página)* Nota - **SAIBA MAIS.** Com o objetivo de facilitar o trânsito da zona Leste de Fortaleza, oferecendo *uma opção à (A)venida Washington Soares, cujo tráfego poderá ser reduzido em até 20%, a ampliação da avenida Juarez Barroso foi iniciada em dezembro de 2006 com conclusão prevista para cinco meses.* De acordo com o projeto, orçado em R$ 2,5 milhões, a avenida terá 1.150 metros de extensão e será composta por duas pistas duplas, com oito metros de largura cada, separadas por um canteiro central arborizado. Toda a extensão será pavimentada exclusivamente com paralelepípedos, sem presença de asfalto, para evitar aquecimento na área. A Avenida Juarez Barroso contará ainda com uma ciclovia paisagística, que contornará a Área de Preservação Permanente do rio Cocó, além de oferecer passeios laterais aos pedestres.

Outro tipo de transtorno ocasionado por *engarrafamentos* é a criação do ambiente propício a atropelamentos provocados por condutores que trafegam por algumas das vias estreitas, as vezes desprovidas de calçadas e, com poucas faixas de tráfego, resultantes da morfologia viária da cidade.

> Jornal *O Povo*, de 20 de abril de 2007. **Coluna OPINIÃO.** Cartas**.** Tema**: AVENIDA DA MORTE**.[...]Não precisa ser vidente nem profeta para adivinhar ou pre[ver] o que está para acontecer na Av. Sargento Hermínio (Monte Castelo) entre o trecho compreendido entre a Empresa Guanabara e a Av.Padre Anchieta. Em qualquer hora do dia naquele trecho o trânsito 'engarrafa' causando transtorno e perigo para os veículos que por ali trafegam. Tudo isso por conta da Avenida ser estreita (está previsto alargamento), o tráfego de veículos ser intenso e, sobretudo porque existem dois depósitos de bebidas e água mineral um de frente para o outro onde estacionam irregularmente caminhões para carga e descarga, obrigando os pedestres a utilizarem o asfalto para transitarem, porque as calçadas estão ocupadas pelos mesmos, provocando sérios perigos de atropelamentos.

Outra forma de transformações ou 'cirurgias' operacionais é constantemente implementada em vias com características de grande fluxo em termos legais (via de grande fluxo), mas, na realidade, sua operação é adaptada para uma via de menor fluxo. É o caso da Avenida Washington Soares, oficialmente expressa, mas com geometria e operação de uma arterial, possuindo um fluxo intenso, porém repleta de interrupções (semáforos) que, em via tipo expressa, não deveriam existir. Estas operações atendem aos Pólos Geradores de Viagens que estão ao longo da via. Assim, *o fluxo de passagem* se adapta *aos interesses de algumas atividades* (atração a PGV´s), quando o inverso deveria ocorrer.

> Jornal *O Povo*, de 21 de abril de 2007. **Tema: WASHINGTON SOARES - Novo semáforo será instalado.** (Fátima Guimarães, da Redação). As obras de instalação de um semáforo na Avenida Washington Soares, próximo ao Fórum Clóvis Beviláqua, a implantação de três faixas de tráfego por sentido, a sinalização horizontal e vertical serão executadas

> no prazo de 70 dias. 21/04/2007 02:45. NO CRUZAMENTO das avenidas Washington Soares com Almirante Maximiano da Fonseca será feita a nova intervenção no prazo de 70 dias.
> Vinte e sete mil veículos por dia em cada sentido trafegam pela avenida Washington Soares, segundo o Dert[10], que vai executar a segunda etapa do estudo realizado para melhorar as condições de tráfego na via. Ontem, foi assinada a ordem de serviço para implantação de um semáforo no cruzamento das avenidas Washington Soares com Almirante Maximiano da Fonseca (nome dado a continuação da Avenida Thompson Bulcão), via próxima ao Fórum Clóvis Beviláqua e a readequação do retorno em frente à Universidade de Fortaleza (Unifor).
>
> O estudo, realizado em parceria com a Universidade Federal do Ceará (UFC) e concluído em 2005, apontou intervenções para o trecho que vai do início da avenida (semáforo do cruzamento das avenidas Sebastião de Abreu com Padre Antonio Tomás) até o Centro Administrativo do Cambeba, que é de oito quilômetros [...] Esse novo equipamento tem como proposta facilitar o acesso ao Fórum. As intervenções realizadas na Washington Soares não agradam a todos. O promotor de Justiça Antonio Gilvan observa que o trânsito de Fortaleza é caótico e que a situação na Washington Soares está longe da ideal. Segundo ele, a via continua muito perigosa para pedestre e motorista..[...] "Não vai resolver os problemas da avenida, que foi mal projetada". Cibele Nocrato ressalta que para o motorista, a implantação de novo semáforo causará mais transtorno no trânsito.

Agravando a situação, novo zoneamento a ser debatido na câmara municipal, decorrente da revisão do novo Plano Diretor Participativo de Fortaleza, o PDP-For, encontra-se em processo de análise e prevê novas 'cirurgias' urbanas em áreas ainda não exploradas pela especulação imobiliária. O PDP-For não prevê a construção de novas vias em função das repercussões que possam ocasionar à malha urbana em sua totalidade. Muitos gestores adotam a mentalidade provinciana: 'Se mexo aqui nada irá ocorrer alí'. Será?

No entanto, nota-se por parte dos gestores de tráfego uma consciência de que, 'sozinhos', não podem resolver o problema dos congestionamentos. Isto evidencia um crescimento na falha de fiscalização do espaço urbano. Em recente matéria jornalística, detecta-se a falha no sistema de fiscalização.

> Jornal *O Povo*, de 9 de julho de 2007. Coluna **NA CAPITAL / Tema: Um fiscal para 44 mil habitantes**
> Subtítulo: *Vinte e cinco anos de atraso e um fiscal de controle urbano para cerca de 44 mil habitantes. Essa é a realidade da quarta cidade mais populosa do Brasil*
>
> Fortaleza inchou ao longo das décadas. Em seu território, espalhou-se uma população que se tornou a quarta maior do País: 2,6 milhões de pessoas. A cidade foi se verticalizando, residencial e comercialmente. O controle urbano, que teria de aumentar na mesma proporção, tem nadado contra a correnteza há pelo menos 25 anos, quando foi realizado

[10] Departamento de Edificações, Rodovias e Transportes.

> o mais recente concurso para fiscais do Município. Nesse ínterim, a população da capital cearense praticamente dobrou, a pouca estrutura de trabalho permaneceu a mesma, o número de fiscais diminuiu e as notificações de irregularidades ainda são feitas à mão. Atualmente, apenas 58 fiscais de controle urbano estão na ativa, fazendo o trabalho de campo. Isso corresponde a um fiscal para quase 44 mil pessoas.
>
> Ampliação da malha está parada totalmente:
> Jornal *Diário do Nordeste*, de 18 de agosto de 2007. Coluna **Edilmar Norões. Tema: Falta planejamento**
>
> Recentemente,..[..] um experiente político cearense fazia a seguinte observação: há três anos não se constrói uma avenida em Fortaleza e veja que neste período, pelos números colhidos junto ao setor competente, aproximadamente mais de 150 mil novos veículos foram registrados pelo DETRAN[11], somando-se automóveis e motos, estas, em maior quantidade, visto que a cada mês são licenciados três mil automóveis saídos das diversas revendas da Capital.

Este 'descontrole' acirrou o problema–foco, os *congestionamentos*, causadores de diversos transtornos à população que sempre é a mais sofrida, com acidentes, furtos, poluição ambiental (sonora, do ar), além de descaracterizar a identidade visual da cidade. Neste sentido, são levantadas, no presente trabalho, hipóteses sobre as possíveis causas deste fenômeno (figura 3).

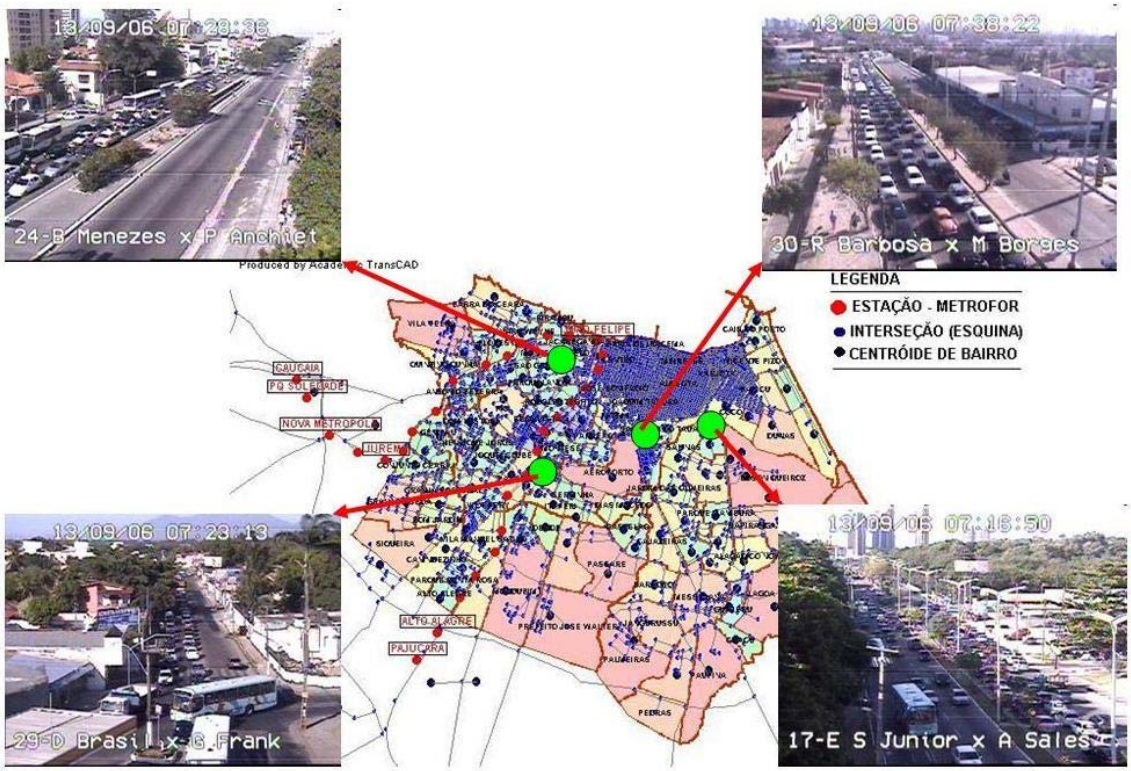


Figura 3. Exemplos de *congestionamentos críticos* em Fortaleza e o metrô de superfície previsto nas estações (pontos de cor vermelha). Fonte: Adaptado das câmeras digitais on-line do CTA-For.

[11] Departamento Estadual de Trânsito.

Hipóteses

Hipótese 1

A malha detém um limite de saturação ao movimento veicular que é, em parte, resultado de sua configuração espacial, cujas propriedades globais, em termos de acessibilidades topológicas interpartes, não são captadas pela modelagem tradicional.

Em termos metodológicos específicos da análise da quantidade[12] e da qualidade[13] de tráfego, existem certas limitações na aplicação do processo tradicional de modelagem[14]. Em termos pontuais, por exemplo, ao se estudar uma pequena parte da malha, resumida a um conjunto de quadras, a metodologia atual aplicada neste cálculo é bastante eficiente. Contudo, *questiona-se a possibilidade de outras metodologias virem a responder com aproximações mais adequadas* ao se modelar a influência da malha como um todo e tentar-se caracterizar as relações de causalidade, entre esta e as prováveis relações com os PGV´s.

Hipótese 2

Do ponto de vista dos gestores urbanos envolvidos, existe uma carência de parâmetros de base científica na tomada de decisão técnica para permitir a instalação de PGV´s que, a depender de sua localização, acirram e propagam os problemas de congestionamento.

Segundo recente estudo de MEDEIROS (2006, p.103), em que cita Hillier (HILLIER *et al*., 1993), para uma situação ideal em que houvesse convergência entre *movimento, configuração e atração*, todos em ação sincrônica, "haveria poderosas razões lógicas para preferir a configuração como a principal causa do movimento". Para ambos, a malha, isoladamente, origina em termos básicos o que é identificado por Hillier como "movimento natural".

O conceito de *movimento natural*, exposto por MEDEIROS (2006) e apresentado na figura 4.

[12] Medida pelos volumes de veículos, a quantidade de veículos que passa por seção da via serve de insumo para a caracterização do tráfego: local, de passagem ou regional, bem como, no caso de Fortaleza, na definição da classe funcional da via: expressa, arterial, coletora, comercial, local.

[13] Medida pelo Nível de Serviço (NS), que retrata a qualidade da fluidez de movimentos e segue uma tabela de classificação que oscila de "A" (excelente) a "F" (péssimo ou congestionado).

[14] Conhecido como Quatro Etapas: geração (atração + produção), distribuição, alocação e divisão modal.

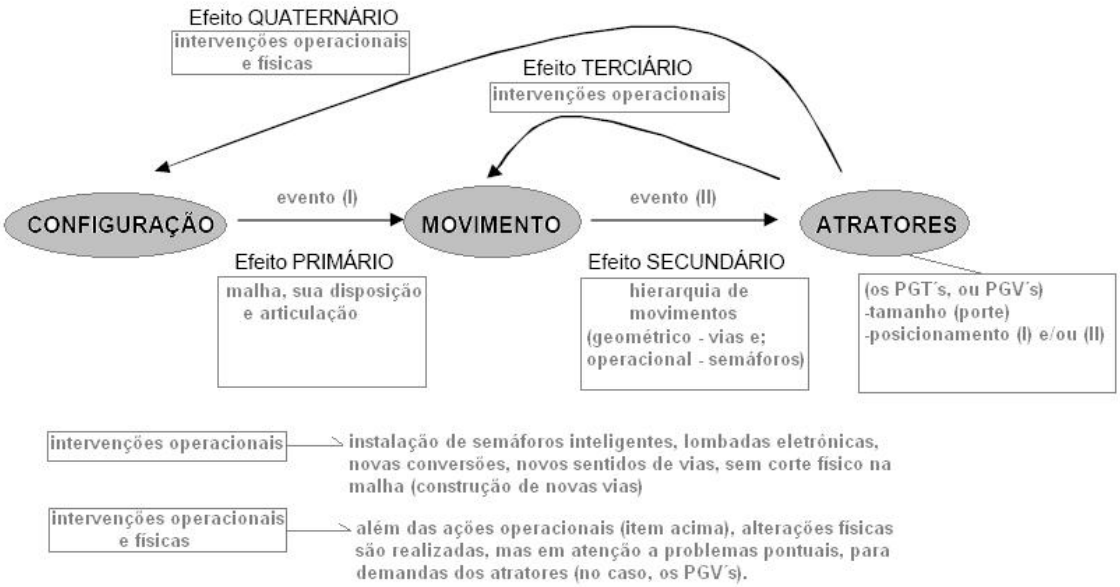


Figura 4. Esquema do ciclo de movimentos, segundo a lógica do *movimento natural*.
Fonte: Adaptado de MEDEIROS (2006).

Agrega-se ao estudo de MEDEIROS (2006) a noção dos tipos de ***efeitos*** em termos de gestão de tráfego ocorridos na malha, em decorrência deste ciclo de movimentos: "A configuração da malha viária, por sua forma de articulação, estabelece a hierarquia do movimento definindo áreas com maior e menor concentração de fluxo: equivale ao *efeito primário"*. A disposição dos diversos loteamentos, bairros e seus acessos, tipos de malha e articulação entre elas – é o que podemos chamar de evento (I).

A seguir, continua: "Áreas com maior concentração de fluxo tendem a atrair certos usos que se beneficiam deste movimento, como o comercial e de serviço: corresponde ao efeito secundário de convergência de atratores". Interpretam-se aqui os *atratores*, na tradução para o verbete de transportes, como os antigos *PGT´s*, atuais *PGV´s*, ora questionados em hipótese explicativa para os congestionamentos – evento (II).

Em seqüência, explicita Medeiros: "Estes atratores, por sua natureza, *atraem* novos fluxos e mais movimento, resultando no efeito terciário..." Aqui cabe identificar que estes efeitos não são alterações físicas na malha, podendo ser a criação de novas vias, em desapropriações menos onerosas de grandes glebas rurais ou especulativas. Também são efeitos de gerência do tráfego as ações de natureza operacional (sem destruição física) como: mudanças de sentido de vias, criação de semáforos, alternância de conversões para atender às demandas dos atratores (PGV´s).

Por fim, acentua Medeiros: "... e também podem alterar a configuração do espaço construído, correspondente ao efeito quaternário, fechando o círculo [a que chamou de

virtuoso]. Novas centralidades urbanas são formadas por esta lógica[15]". Caso semelhante a este em Fortaleza ocorre no "rasgo" urbano do projeto TRANSFOR[16] e das avenidas *Expressa* e *Washington Soares*, verdadeiras 'cirurgias' viárias que se situavam como as únicas opções para atenuar as vias coletoras e arteriais anteriores. Neste último efeito, o quaternário, além das ações do efeito terciário, ocorrem desapropriações e desgastes políticos entre a população e a prefeitura, pois vias são criadas em alargamentos e/ou recortes da malha, semelhantes às ações de cidades árabes para acesso às *medinas* e *bazares*, porém aqui em forma de cinturões ou raios de expansão do núcleo integrador de Fortaleza.

Justificativa e contribuição

O presente trabalho justifica-se por sua tentativa de aproximação de duas áreas, interligando o conhecimento técnico-prático do planejamento de tráfego com a visão holística, configuracional, do planejamento urbano, sob a ótica da teoria da sintaxe espacial. Para tanto, agregam-se conhecimentos de ambas as áreas e questionam-se os parâmetros utilizados na abordagem do *problema–foco, os congestionamentos*.

Faz-se importante uma revisão destes parâmetros e seu posterior reconhecimento legal[17], de forma a contribuir para um melhor diálogo entre os profissionais responsáveis pela gestão das vias urbanas. Do ponto de vista legal, nota-se, por parte de planejadores urbanos, uma simples obediência a "estudos específicos"[18] quanto à permissão da instalação de PGV´s em vias notadamente de fluxos veiculares já saturados ou em processo de saturação.

Na prática, a gestão municipal segue rigorosamente a lei 7.987 de uso e ocupação do solo de 1996[19], a qual estabeleceu quatro grandes macrozonas para localização de atividades: *urbanizada*, *adensável*, de *transição* e *especiais*. Estas, por sua vez, são

[15] A lógica deste processo está descrita no trabalho de CARTAXO FILHO (2005), em que aborda a mudança da centralidade comercial do centro antigo de Fortaleza (centro da maioria) para a região da Aldeota e Meireles (centro da minoria);
[16] Site: http://www.fortaleza.ce.gov.br/ transfor
[17] Não é objetivo do presente estudo apresentar subprodutos sobre a legislação para localização de PGV´s. Restringe-se somente ao aspecto científico na composição de novos parâmetros.
[18] Em Fortaleza, segundo a sua lei de uso e ocupação do solo municipal (PMF, 1997), são considerados como "projetos especiais" em seu capítulo ii, Art. 157, parágrafo único: "Todos os empreendimentos enquadrados como Projeto Especial e PGT serão analisados de acordo com o disposto nos artigos referentes a "Projetos Especiais" contidos nesta Lei.". Ou seja, segundo o Título III, capítulo I, artigo 164, que se denominam Projetos Especiais: "aquelas cuja regulamentação *não esteja definida nesta Lei* serão objeto de ***estudos específicos*** pelo Instituto de Planejamento do Município - IPLAM, e submetidos à apreciação da Comissão Permanente de Avaliação do Plano Diretor- CPPD." Estes ***estudos específicos*** passam pela avaliação do tráfego pela AMC.
[19] Lei nº 7987, de uso e ocupação do solo do município de Fortaleza, de 23 de dezembro de 1996 - consolidada em julho de 1998.

subdivididas em microzonas onde a política é permitir a existência de todos os equipamentos (usos e atividades) que supram as necessidades locais. Uma destas necessidades é a instalação, por exemplo, de grandes equipamentos, os PGV´s (shoppings, hospitais, bancos, instituições públicas, etc). O fato é que, quando a atividade é classificada como PGV, sua análise é compartilhada com o órgão de gestão do tráfego[20]. Em última instância, os gestores de tráfego que não são especialistas em controle do uso do solo autorizam a instalação dos PGV´s (atratores da figura 4), e conseguem sugerir medidas mitigadoras de impacto local no entorno destes edifícios, não tendo condições de prever impactos globais.

O planejador urbano (geralmente arquitetos) em um raciocínio *global*, decide apenas *onde* devem ser instalados os PGV´s e *preocupa-se com sua localização* na malha em termos de zoneamento, da adequação de uso e posição e porte (tamanho da edificação) no lote.

Após submeter o projeto da edificação à aprovação, fica a cargo dos gestores de tráfego (geralmente engenheiros) a adequação destes PGV´s às vias específicas e a solução de problemas de impactos de fluidez dos PGV´s na malha, mas somente do ponto de vista *local*.

Desta forma, o primeiro profissional, apesar de ter consciência da dinamicidade desta postura, delega ao segundo a responsabilidade de resolver a fluidez e os problemas de tráfego ocasionados pela sua permissão na instalação de usos, por exemplo[21], do tipo PGV.

Observa-se que existe uma lacuna neste processo, não apenas quanto à necessidade de melhoria dos parâmetros, mas também na forma de "ver" a cidade como um "tecido vivo". Este 'tecido' reage quando nova intervenção do tipo evento (II) em efeito terciário ocorre (figura 4), como quando da instalação de um PGV, o qual origina posteriormente uma alteração negativa da qualidade do tráfego (baixa fluidez). Esta alteração negativa aliada à oferta de espaço viário determinado pela malha em si, por

[20] O gestor de tráfego também tem uma visão geral do problema, porém não dispõe de mecanismos para controle. Casos deste tipo, segundo a LUOS, Título II, capítulo I, Art. 30, "deverão receber parecer técnico da Comissão Normativa de Desenvolvimento Urbano - CNDU, referendado pela Comissão Permanente de Avaliação do Plano Diretor - CPPD, de acordo com o que dispõem sobre Projetos Especiais". Na prática, este colegiado, de arquitetos, urbanistas, engenheiros, advogados, membros da Câmara de Diretores Lojistas, não vem si reunindo;

[21] Acredita-se que os grandes PGV´s, como supermercados, hotéis, hospitais, universidades, shoppings, etc. sejam grandes responsáveis neste processo, mas não devem ser caracterizados como os únicos. Não é objetivo aqui desmerecer as técnicas de análise dos PGV´s em si, mas sim contribuir à metodologia de sua localização.

sua vez, acabam por alterar a classe da via[22], ou seja, em termos *globais* da malha modificam sua hierarquia.

Lacuna

O fluxo de veículos (volume) e a qualidade da fluidez (NS) nas vias estão em constante mutação. Deste modo, levanta-se aqui a possibilidade de que na modelagem destes dois aspectos deva-se considerar um *contexto sistêmico* de compreensão do fenômeno *congestionamento*. Esta compreensão difere do *contexto mecanicista* adotado pela modelagem dos transportes. As diferenças entre os dois contextos foram investigadas por MEDEIROS (2004) e estão detalhadas na tabela 1.

Tabela 1. Contexto mecanicista *versus* contexto sistêmico.
Fonte: MEDEIROS, L. F. de (2004)

CONTEXTO MECANICISTA	CONTEXTO SISTÊMICO
Ênfase nas partes	Ênfase na inter-relação entre as partes – propriedades de um todo subjacente
Estrutura, matéria e quantidade.	Padrão, ordem e qualidade.
Relações causais: linearidade e ligações locais	Nova noção de causalidade: não-linearidade e ligações não-locais
Fenômenos independentes do observador – objetividade	Fenômenos relativos ao observador e por ele [realizados] – subjetividade
Certeza	Aproximação

A proposta é trabalhar a malha em seu contexto sistêmico associado ao contexto mecanicista, de forma complementar. É possível que a lacuna sistêmica possa ser preenchida por uma teoria, seus métodos e técnicas de descrição do espaço, a Sintaxe Espacial (SE)[23].

Limitações a superar

Existem limitações a serem superadas, tais como as políticas, legais, culturais e outras. O presente estudo se detém a superar, *em parte*, algumas limitações metodológicas quanto à operacionalização do controle do NS. Isto deveria ser feito de forma sistemática, pois, até o presente momento, a coleta de dados para medição do NS é localizada, onerosa e não consegue detectar toda a malha e suas relações globais. Espera-se, então, contribuir para esta superação na melhoria da visão dos gestores e do diálogo destes com os profissionais que fazem o desenho urbano.

[22] A classe da via pode variar de A,B,C,D, E ou F, em função do NS, sendo A o nível mais alto, de melhor fluidez no tráfego. Por outra, ela pode ter trechos 'E' ou 'F' em meio à maioria ser 'A'.

[23] Testar a SE para preencher esta lacuna é objetivo do presente trabalho. Apresentar esta lacuna em detalhes com suas limitações e possibilidades é objeto de investigação do doutoramento à luz do problema-foco, os congestionamentos, tendo como estudo de caso a malha viária de Fortaleza.

Em termos metodológicos, o controle do NS passa por duas etapas consecutivas: a *medição dos volumes de tráfego* e a *calibração* de todos os parâmetros na malha como um todo. Inicialmente, faz-se a medição dos volumes veiculares por sensores instalados nas interseções[24] semaforizadas[25] e complementam-se as contagens com pesquisadores de campo em interseções não-semaforizadas. No passo seguinte, realiza-se a *calibração* da malha, cujo processo computacional é menos oneroso, mas que exige certo tempo para ser calculado, conforme o tamanho da malha. A eficácia da calibração dependerá da eficiência das contagens e de sua área de cobertura.

Em Fortaleza, o sistema de Controle de Tráfego por Área, o CTA-FOR (LOUREIRO *et al.,* 2002) realiza estas contagens e as utiliza para otimizar a fluidez pela minimização de paradas e atrasos veiculares em parte das interseções da malha. Ao todo, a malha é composta por aproximadamente 20.000 interseções. Destas, o sistema cobre quase por completo as interseções semaforizadas, totalizando 400 pontos de contagem. É evidente que nem todas as interseções devem possuir semáforos e que, além disso, instalar dispositivos apenas de contagem e/ou pesquisadores de campo em toda a malha teria um custo proibitivo.

Como forma de superar estas limitações de custo e contribuir na análise desta dinâmica, o que se propõe é a utilização de uma nova metodologia para este fim, a da Sintaxe Espacial, a qual participa como complemento neste processo. Contudo, deve ser observada a pertinência de seu uso, pois sua aplicação tem abordagem sistêmica e busca identificar *tendências de movimentos*[26], aqui no caso, o veicular. Isto porque as aplicações teóricas, metodológicas e técnicas que compõem a SE são outras e têm sido desenvolvidas para diversos fins.

Cabe lembrar que já existem estudos sobre o mesmo problema apresentado[27], objetivando-se aqui sua revisão e contribuição para o setor de planejamento urbano e de tráfego urbano.

[24] Encontro de ruas, vias, determinando “esquinas”. No verbete de transportes, uma interseção ou cruzamento viário, conhecida como ‘esquina’ com, no mínimo, quatro aproximações ou direções.
[25] Que dispõem de semáforos ou regionalmente conhecidos como sinalizadores de tráfego, ou sinais de trânsito. O jargão muda em função da região onde se inserem.
[26] A SE não identifica dados específicos sobre o NS, mas qualifica o nível de acessibilidade relativa das vias, revelando a acessibilidade interpartes da malha o que pode contribuir com a metodologia precisa adotada pela modelagem de transportes.
[27] MEDEIROS (2004), CAVALCANTE (2005), BARROS *et al.* (2005), BARROS (2006) , além de publicações mais recentes na literatura estrangeira.

Objetivos

Por ser um estudo de '*interface'* entre o planejamento de tráfego (transportes) e a morfologia urbana (urbanismo), várias contribuições podem ser extraídas para ambas as áreas. Destacam-se as que são subprodutos viáveis a serem alcançados em termos exploratórios.

Como objetivo geral, busca-se:

(1) Contribuir para a composição de uma metodologia sistêmica de análise de congestionamentos em malhas viárias de cidades.

Como objetivos específicos:
(1) Identificar a segregação socioespacial decorrente da dispersão da acessibilidade local e global dos movimentos veiculares na malha viária de Fortaleza;
(2) Detectar, com base nas experiências anteriores, a existência de correlações significativas entre as variáveis: fluxo veicular[28], qualificação e quantificação de PGV´s e as variáveis da Sintaxe Espacial em determinada área crítica ao movimento veicular[29] em Fortaleza.
(3) Investigar com base nas correlações encontradas se existe alguma relação linear ou não linear entre as variáveis: fluxo veicular, qualificação e quantificação de PGV´s e as variáveis da Sintaxe Espacial[30].
(4) Investigar qual a parcela de contribuição, qualitativa e quantitativa dos PGV´s nos impactos *espaciais* aos *congestionamentos* em sua área de influência.

Estrutura da Tese

No **capítulo 1**, realiza-se uma revisão crítica do **Estado da Arte** sobre a cidade, o problema e um resumo das metodologias a serem abordadas. Apresentam-se conceitos de análises Uso do Solo – Transportes, as demandas sociais e funcionais que envolvem os congestionamentos, com a caracterização de escalas e categorias de análise da mobilidade e a acessibilidade 'em' e 'para' centralidades da cidade.

No **capítulo 2** - a **Sintaxe Espacial** apresenta-se a SE, e detalham-se as variáveis e os atributos que a compõem, discorrendo-se sobre a teoria, métodos e técnicas de

[28] Inicialmente, pretende-se utilizar o fluxo de veículos real, medido em campo nas 400 interseções semaforizadas do CTA-For. Caso seja necessário, será testado o fluxo de toda a malha, após calibração do fluxo real.
[29] Espera-se caracterizar que esta área crítica, que estaria delimitada entre o Oceano Atlântico (norte), Av. Eduardo Girão (sul), Av. Expressa (leste) e Via Férrea (oeste), seria também a de maior existência de fluxos simulados pela sintaxe espacial, onde se concentra a maioria dos movimentos veiculares de *congestionamento* do tráfego.
[30] Estas variáveis são detalhadas no segundo capítulo.

mensuração, representação e análise de contribuição para a solução do problema-foco apresentado no capítulo anterior.

No **capítulo 3** - **Modelagem de Tráfego** revisa-se a teoria da atratividade do setor de transportes, seus métodos e técnicas de mensuração, modelagem e representação de movimentos veiculares (tráfego), as práticas de cálculo da: função viária, classificação viária, qualidade de tráfego (NS), localização de PGV´s e o uso dos SIG´s-T (transportes) aplicados ao problema-foco.

No **capítulo 4** – **Metodologia Proposta** apresenta-se uma nova leitura das metodologias anteriores com sugestão de uma nova modelagem sistêmica, envolvendo a *modelagem de tráfego* e a *sintaxe espacial*, com suas etapas e sub-etapas constituintes e detalhes descritivos de procedimentos de mensuração, análise e resultados esperados.

No **capítulo 5** – **Estudo de Caso** são aplicadas as etapas da metodologia proposta à cidade com base em duas 'visões' de sua evolução urbana[31]: a *ocupação do solo* e a *sintaxe da malha*, as quais conduziram Fortaleza ao que ela é hoje em termos de *mobilidade* e *acessibilidade*, identificando-os espacialmente de forma quantitativa (correlações e regressões) e qualitativa (análise sistêmica).

No último, o **capítulo 6,** são detalhadas conclusões e recomendações de ordem teórica e prática, para a arquitetura e urbanismo e sua interface com o planejamento de tráfego. São identificados os prováveis melhoramentos da metodologia para estudos futuros e propostas novas investigações.

Principais questionamentos a serem investigados
Em termos de indagações a serem respondidas ao final do estudo, tem-se:

(1) Em termos configuracionais, qual o enquadramento da cidade de Fortaleza no universo de cidades brasileiras?
(2) A influência da malha, seu efeito primário, é decisiva na definição de hierarquias viárias e na localização de PGV´s?
(3) De que forma os PGV´s e seus efeitos terciário e quaternário interferem/contribuem qualitativa e quantitativamente na ocorrência de congestionamentos?
(4) Os planejamentos urbanos e viários aplicados em Fortaleza em vivências anteriores condizem com a dispersão socioespacial da cidade atualmente em termos de boa fluidez e acessibilidade?

[31] Ordenamentos, Planos Diretores (Uso e Ocupação, Transportes). Principais eixos de expansão (LUOS de 1979 e década de 80) e a evolução de sua forma urbana no contexto socioeconômico atual. Aproveita-se aqui o estudo de Adriana Dantas Nogueira, com o Índice de Forma urbana. *In* NOGUEIRA, A. D. (2005), p.246.

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 01 – ESTADO DA ARTE

Neste capítulo são apresentados inicialmente os conceitos de análises entre o uso do solo – transportes, e, mais especificamente, na cidade de estudo, onde são identificadas as principais demandas *sociais* e *funcionais* que envolvam a circulação das pessoas e a fruição de espaços públicos e privados na cidade de Fortaleza. São apresentadas também as razões que levam a existência do problema-foco, os *congestionamentos*, seus transtornos na circulação, na mobilidade e na acessibilidade a lugares. Revisam-se os trabalhos de movimento de centralidades em Fortaleza, bem como a gestão atual destas centralidades e seus principais contribuintes, os *atratores* e a *malha viária*. Apresenta-se como são avaliados estes dois fatores, quem os avalia, de que forma isto é feito, e qual a contribuição da SE nesta pesquisa.

Introdução

Esta pesquisa visa primordialmente contribuir em um tipo de visão da arquitetura e urbanismo sobre a análise dos *congestionamentos*. Tradicionalmente, esta análise tem sido feita com maior intensidade pela engenharia de tráfego com foco operacional na fluidez. Na prática, a composição deste foco baseia-se em parâmetros limitados de uso e ocupação do solo, desconsiderando a organização dos *espaços*. Tais parâmetros estão, em sua maioria, desconectados de uma visão arquitetônica, do urbanismo e de teorias que envolvam métodos mais apurados de interpretação da *mobilidade* e *acessibilidade*.

Por ser um estudo de doutoramento e visar uma contribuição dos transportes aliada ao estudo da morfologia urbana, pode-se afirmar que é um estudo de *interface*, em que busca aproximar duas áreas que originam co-dependência, a *arquitetura* e a feitura dos espaços urbanos, os *transportes* e o estudo de movimentos[32].

Tradicionalmente, o ensino e a prática arquitetônica (o urbanismo e o planejamento urbano estão incluídos neste termo) tem sido de 'isolar' o espaço criado do mundo que o cerca. Em outras situações existe uma consciência dos arquitetos de que o projeto (qualquer um) está envolto em diferentes 'realidades', dentre elas a noção de que a criação dos espaços causa impactos nas pessoas[33] (Holanda, 2002). Contudo, apesar desta consciência, para a grande maioria dos arquitetos falta o domínio do ferramental dos transportes e do tráfego.

Por outro lado, aos engenheiros de transportes, falta conhecimento do espaço, e de sua descrição teórica. Por que não tentar aproximar ambos?

Passadas várias décadas de isolamento tecnocrático, profissionais de ambas as áreas se mesclam e se permitem ajustar às duas realidades. Desta feita, por passo inicial, e

[32] Sendo o autor com formação profissional e acadêmica em ambas, a intenção deste estudo é a de 'traduzir' e ao mesmo tempo 'desmitificar' visões equivocadas, sempre com o intuito positivo de avançar com o conhecimento mútuo.
[33] Estão também inclusos os espaços de circulação que, em maioria, não são projetados por arquitetos

como forma de aproximação e esclarecimentos, parte-se para revisar a literatura sobre experiências pregressas de análise urbana envolvendo o problema. Em seguida os capítulos 2 e 3 serão direcionados para a revisão da literatura.

1.1 O planejamento: Transportes – Uso do Solo.

De acordo com VASCONCELLOS, E. A., E. A. (2000), a sociologia do espaço está definida em *estruturas de produção, reprodução e circulação*. O domínio das estruturas de *produção e reprodução* está afeito a economistas, engenheiros[34] profissionais de logística, de administração e *marketing*. Estes profissionais, aliados àqueles envolvidos com o consumo, se preocupam em originar produtos e serviços e de reproduzir estes modelos originados em momentos e locais diferentes: vias, pequenas cidades, condomínios, fábricas, etc.

De outro lado, verifica-se na prática profissional que o domínio da estrutura de *circulação* está afeito aos profissionais que criam e organizam os espaços. No caso dos espaços edilícios, isto é feito na maioria dos casos por arquitetos, enquanto que os espaços urbanos de circulação são concebidos ou supervisionados por engenheiros de transportes[35]. De acordo com VASCONCELLOS, E. A. (2000) *apud* CAVALCANTE (2002), a união entre o *sistema de circulação* e o *ambiente construído* denomina-se por 'ambiente de circulação' (figura 5)

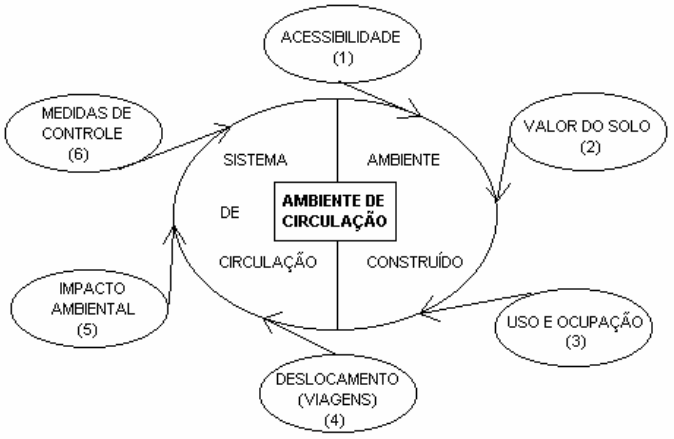


Figura 5: Adaptação do modelo Transportes x Usos do Solo x Impactos
Fonte: CAVALCANTE (2002,p.9).

Segundo Cavalcante (2002, p.9), "...ao se analisar a geração de viagens, vê-se que ela é parte integrante de um ciclo que inclui aspectos técnicos, sociais e sociológicos do transporte. Observa-se, na figura 5, que o surgimento do referido ciclo parte da necessidade da geração, por parte do Estado, de infra-estrutura que garanta a **acessibilidade** (1) a diferentes mercados que surgem no ambiente construído, gerando benefícios de localização futura para o capital imobiliário. Este, por sua vez,

[34] Todos e em especial os de produção.
[35] Já este segundo grupo de profissionais lida com logística de circulação e está mais afeito à movimentação dos serviços e produtos anteriormente originados pela produção e reprodução.

aumenta e diferencia o **valor do solo** (2) em um mesmo espaço urbano, quando o **uso e ocupação do solo** (3) ocorre de forma desigual, pois algumas áreas são ocupadas por melhores serviços em detrimento de outras. A saturação do espaço urbano, ocasionada por falhas no cumprimento de um correto zoneamento urbano produz, então, a necessidade de [maiores] deslocamentos, movimentos, viagens (4)".

Portanto, quanto mais especializado e concentrado for o espaço, maior é o tráfego gerado e, com isso, maiores os impactos e os custos ambientais e de deslocamento, advindos da utilização dos meios de transporte que são adotados (público, alternativo e não-motorizado). Os custos destes deslocamentos estão relacionados com o **padrão de viagens** (decisão individual de viagem, origem, destino, modo utilizado na viagem, tempo etc.) que, na realidade subdesenvolvida (baseada na desigualdade socioespacial), pressupõe deslocamentos também qualitativa e quantitativamente diferentes.

Em função disto, verifica-se que o *ambiente de circulação* é, ao mesmo tempo, *causa* e *efeito* da estrutura física e social. Mas como e quem deve analisar ambas as estruturas? Como fazer uma avaliação quantitativa e qualitativa apenas do ponto de vista arquitetônico e urbanístico, totalmente desprovido de influência dos transportes?

O ato tradicional de descartar a ciência dos transportes nesta avaliação é no mínimo esquecer a capacidade acadêmica já produzida pela área e de profissionais arquitetos e urbanistas sobre a realidade dual espaço-circulação.

Neste sentido cabe destacar os estudos que envolvem a modelagem conjunta entre os Transportes e o Uso do Solo (TU) que foram revisados anteriormente por Almeida (1997) e atualmente por Hunts, D. *et al* (2005). Apesar de avanços, cabe a crítica que tais estudos ainda não envolveram aspectos da *forma das cidades* ou da malha viária que as definem, no escopo de suas modelagens explicativas.

1.1.1 Abordagem conceitual

Em termos cronológicos e conceituais, resume-se que os modelos de abordagem TUs evoluíram nas vertentes: conceitual e computacional. O primeiro envolve aspectos conceituais e de modelagem numérica sem grandes recursos computacionais. Almeida (1977) *apud* Cavalcante (2002), afirma que a interação entre os transportes e o uso do solo sempre apresentou características de reciprocidade. No que se refere à primeira relação (uso do solo induzindo o transporte) pode-se dizer que existem

metodologias consolidadas para aferir os impactos dos diferentes usos do solo. Contudo, o mesmo não ocorre quando se trata do contrário.

Na revisão da literatura, trabalhos como os de Mitchell e Rapkin (1954), foram os primeiros a explicitar uma teoria de interação entre o uso do solo e o transporte, definindo fluxos de tráfego em função do tipo de uso do solo. Posteriormente, na Europa, mais precisamente no Reino Unido, surge a primeira geração de planos de transporte que incorporaram a dupla perspectiva de interação e isto ocorreu durante os anos 60 (Almeida,1997). Já Buchanan (BUCHANAN REPORT, 1963) utilizou o conceito de *hierarquização viária* e argumentou que o aumento da capacidade viária não resolve, por si só, os problemas de *congestionamento*, mas que a qualidade ambiental deve reger a estruturação viária das cidades, enfatizando o que conceituou como "*enviromental areas*"[36].

A mudança, ou 'divisor' de competências entre a engenharia de tráfego e o urbanismo, ocorreu no início dos anos 80, que foram marcados por estudos mais abrangentes, principalmente no Reino Unido. Nesta época, o poder público assume papel preponderante (centralizador), como interventor na estruturação urbana do setor privado, porém a participação de uma visão sistêmica começa a surgir, com foco na crescente consciência ambiental.

A especificidade da contribuição de cada atividade nos impactos diversos, dentre eles os *congestionamentos*, culmina no conceito que cada tipo de uso do solo é um pólo gerador (produtor / atrator) de tráfego, podendo suas viagens e impactos serem estimados através dos modelos de deslocamentos com *origem* e/ou *destino* neste uso[37]. Estes modelos conseguem prever fluxos para cada atividade, de forma isolada, em função de variáveis 'pontuais' e de características da própria edificação[38]. Contudo, nenhuma das metodologias citadas envolveu até então abordagens qualitativas e de grande apelo computacional.

1.1.2 Abordagem integrada-computacional

Recentemente, a revisão de Hunts *et al* (2005) revela que após o 'cisma' metodológico dos anos 1980, novas vertentes[39] adotaram abordagens mais sistêmicas de modelos

[36] Após os anos ´60, destaca-se o modelo de Ira Lowry (1964), sendo aperfeiçoado durante os anos 70 (1973 – 1974), em que a crise de energia concorreu em parte para a quebra do paradigma racionalista a favor do incrementalismo (ver Mayer e Miller, 1984), introduzindo críticas relativas à utilização dos modelos de planejamento, de forma mais enfática para os urbanistas, que seus modelos mostravam-se incapazes de prever cenários a longo prazo.

[37] Neste sentido, a base de dados do *Institute of Transportation Engineers – ITE* (conhecida como *Trip Generation* e desenvolvida em Washington, a partir de 1972) agrupou, até 1991, cerca de 3000 estudos de tráfego por atividade realizada com o intuito de quantificar a geração de viagens a partir de diferentes usos do solo, aos quais aplicou um tratamento estatístico em modelos de regressão linear simples.

[38] Para compreender melhor, recomenda-se a leitura de ITE (1994), ou o resumo de Cavalcante (2002);

[39] Reporte-se ao trabalho de revisão de Iacono, M. *et al* (2008: p.323-329);

de Transporte-Uso do solo, que incluem aspectos de degradação econômica das áreas estudadas agregando as modelagens tradicionais do Urban Transportation Modelling System (UTMS)[40]. Interessante é que parte dos pesquisadores envolvidos era de urbanistas dos ditos países do terceiro mundo (ou emergentes).

Isto se deve ao fato de que as realidades das cidades dos autores eram utilizadas como *casos* de estudo. Por serem estas bastante complexas e requererem um maior número de variáveis a serem utilizadas, tornou-se necessário envolver diferentes profissionais e bases de dados compostas ou sistêmicas, *integrando-os* em uma mesma plataforma computacional.

Das varias opções existentes, Hunts *et al* (2005: p330) selecionam cinco grandes plataformas: ITLUP, MEDPLAN, TRANUS, MUSSA, NYMTC-LUM e UrbanSinc. Em resumo, todas estas plataformas utilizam modelos baseados em Sistemas de Informações Geográficas, ou SIG´s. Além disto, envolvem o tradicional UTMS como *input* de caracterização de *padrões de deslocamentos* com base em fluxos estimados ou observados.
O mais importante avanço desta era de modelos é a introdução da visão *sistêmica* que tais propostas incluem em seus pacotes computacionais. A comunidade científica brasileira somente agora começa a adotar algumas destas propostas, reconhecendo, por exemplo, que o problema dos *congestionamentos*, não se restringe somente a apenas resolver questões 'pontuais' e de controle dos fluxos. A visão *integrada* admite que existam outras formas de 'ver' o mesmo problema, reduzindo os custos de sua caracterização (os padrões), vindo a atenuá-los[41], a exemplo de melhorias do transporte público e do não-motorizado.

Em 2002 deparei-me com uma 'nova' modelagem de padrões de movimento e co-presenças não relatados nas experiências pregressas, talvez por errônea divulgação de seus autores ou incompreensão da comunidade científica mundial, pois era advinda da arquitetura e urbanismo clássicos e difundida em meio específico, para arquitetos principalmente: a morfologia urbana e a ferramenta da Sintaxe Espacial (SE)[42].

---

[40] O UTMS, seu conceito, composição a abordagens são dissecados devidamente no capítulo 3;

[41] Maiores detalhes sobre a visão tradicional e sistêmico-integrada de modelagens de fluxos e padrões de tráfego são relatados no terceiro capítulo deste trabalho.

[42] Os estudos desta área em grandes espaços principalmente da Europa foram herdados por pesquisadores brasileiros que foram a Londres realizar seus estudos de mestrado e doutorado, Incluindo o professor Frederico Holanda, orientador deste trabalho. Estes esforços de capacitação renderam conseqüências de envolvimentos da morfologia e da SE em diversas áreas da arquitetura e do urbanismo e afins. Dentre elas, a de uma investigação entre o urbanismo e os transportes, a presente pesquisa.

1.2 Morfologia – uma opção para o sistêmico

Surge uma nova visão de como descrever espaço em si, um novo tipo de teoria, método e técnica para retratar os fluxos e prever a freqüência da existência/ausência de ocupantes (pessoas, veículos) nos espaços. Esta vertente foi criada por Bill Hillier e Julienne Hanson em 1976[43], por meio de um léxico próprio da configuração dos espaços, a Teoria da Lógica Social do Espaço, conhecida também por Sintaxe Espacial, ou SE.

Felizmente, esta teoria encontra apoio metodológico advindo do estudo da forma urbana, ou 'como os espaços urbanos estão organizados'. A *morfologia* tem, ao longo de várias décadas, com o apoio das técnicas de simulação da SE, aprimorado e redirecionado a arquitetura e urbanismo a patamares mais respeitáveis, procurando elevá-la ao status de ciência.

Neste campo, destaca-se a pesquisa de brasileiros[44] que investigam com maior percepção como o arranjo do artefato arquitetônico, edilício e urbano, tem conseqüências à mobilidade, acessibilidade e permanência nos espaços. Este é o caso do grupo de pesquisa em morfologia "Dimensões Morfológicas do Processo de Urbanização", ou DIMPU/FAU/UnB, liderado por Frederico de Holanda.

Holanda orienta pesquisas em diferentes vertentes ou *aspectos* da morfologia abordando como o espaço arquitetônico afeta as pessoas, independentemente da *escala* em que se apresentam. Tradicionalmente esta afetação tem tomando 'roupagens' ou dimensões de outras áreas, mas com parâmetros outros que não são próprios da arquitetura, sendo algumas mais evidentes, ou como ele mesmo concebe, 'menos controversas', como temperatura e custos de construção.

Dentre estes campos ou *dimensões* de investigação, destacam-se os de interesse desta pesquisa, sobre a dimensão *funcional* que estrategicamente está atrelada a *escalas de abordagem* e *categorias de análise*.

Em relação às *categorias de análise*, investiga-se a:

1) *Mobilidade,* na malha viária de Fortaleza e,
2) *Acessibilidade,* a atividades em determinadas vias nesta malha, por certas edificações *atratoras de viagens/geradoras de impactos (transtornos).*

[43] Hillier,B. (1973) e Hillier, B & Hanson,J. (1984:2001). Para maiores detalhes sobre a SE, reporte-se ao segundo capítulo desta pesquisa.

[44] A primeira bibliografia acessada pelo autor em exemplo nacional antes de pleitear seu doutoramento foi o trabalho de MENDES, L. T. & MAGALHÃES, F. (2002).

Em relação a *escalas de abordagem,* a pesquisa subdivide-se em três análises:

1) *Macroscópica, de toda a malha da cidade*
2) *Mesoscópica*, de uma determinada área dita crítica de congestionamentos
3) *Microscópica*, de algumas vias desta área crítica.

A composição de *categorias* e *escalas* e é conduzida no texto em uma espécie de 'tradução simultânea', ora para o urbanismo, ora para os transportes.
Todas as *categorias* e *escalas* são contempladas em exemplos do quinto capítulo. Por enquanto, descreve-se a seguir como o problema dos congestionamentos ocorre em termos de escalas e demandas, especialmente na cidade de Fortaleza.

1.3 Escalas

1.3.1 Macroscópica

No foco macroscópico, o fenômeno dos *congestionamentos* sempre foi observado com maior detalhamento pelo planejamento dos transportes, ao passo que vem sendo construída uma visão urbanística sobre o problema, com uma resposta acadêmica anterior à gestão técnica[45]. Ainda urge aos colegas engenheiros, arquitetos e urbanistas, principalmente em Fortaleza, uma compreensão do problema dos congestionamentos nas cidades brasileiras como um *efeito* do processo de urbanização e não como uma *causa* de problemas de circulação apenas relacionados a pontos críticos isolados e de controle puramente operacional.

Tradicionalmente, o analista de tráfego destes órgãos *observa* o fenômeno por uma lógica da *fluidez* e o descreve por modelos matemáticos e quantitativos da engenharia de tráfego clássica, não sistêmica ou integrada (ver item anterior)[46]. Este pensamento dinâmico e matemático o leva a *teoria de filas* e a simulações como as realizadas por pesquisadores da Universidade de Nagoya, Japão.

Por exemplo, para os cientistas do grupo de pesquisas da Sociedade Matemática de Estudos em Congestionamentos de Tráfego, da Universidade de Nagoya, os *congestionamentos* surgem sem 'nenhuma razão aparente'. Apesar da estranha observação, para provar esta hipótese, os cientistas daquela universidade resolveram replicar o fenômeno em uma trilha de testes pré-determinada (figura 6).

---

[45] Cidades brasileiras tradicionalmente conhecedoras deste problema, como São Paulo e Rio de Janeiro, em órgãos de gestão urbana e na academia, já dispõem de profissionais urbanistas com formação mista que compreendem a correlação *transportes-uso do solo* e que também estão vinculados a órgãos de gestão do trânsito.

[46] A exemplo do cálculo de 'ondas de congestionamentos': Fonte:: Disciplina de Engenharia de Tráfego: Teoria e Controle de Tráfego da Poli-USP, acesso em 22/06/2009: www.poli.usp.br/d/ptr5803/EX2-OndCo.pdf . Também em: http://vejasaopaulo.abril.com.br/revista/vejasp/edicoes/2067/m0162947.html



Figura 6. 'Ondas [de choque] de congestionamento' recriadas
Fonte: http://tecnology.newscientist.com/article/dn/13402
(acessado em 31/07/2008,às 11:41)

No experimento, os motoristas foram estimulados a manter uma velocidade *constante* de 30 km por hora para 22 veículos de passeio em um círculo de percurso. Observou-se que inicialmente, os veículos se moviam suavemente, porém depois de certo tempo, começaram a se acumular em pontos da trilha, em ciclos fixos de acumulação (*congestionamento)*, em uma espécie de 'onda de choque' repetitiva de 20 km/h[47].

Embora instigante, o experimento não comentou a relação entre quantidade e qualidade de veículos *e* espaço de circulação[48]. Em relação à qualidade e quantidade deste *espaço de circulação*: número de faixas (*lanes*), largura da via, sinuosidade, relevo, alterariam o surgimento do ciclo de congestionamento? A existência de um traçado recortado (profundo) ou, como denominam, 'orgânico', elevaria a ocorrência do fenômeno mais que um traçado pouco sinuoso, mais retilíneo, e com menores probabilidades de mudanças de direção?

A tomar pela localização do traçado em uma situação real, os motoristas sofreriam a influência da vizinhança em relação a atividades que atrairiam mais carros para aquele percurso? Tais atividades atrairiam mais viagens e vivência nos espaços que os cercam de forma contínua e igual?

Estas indagações perpassam teorias e métodos de dois campos: a do planejamento de transportes (PT) e a do planejamento do uso do solo (PU) [49]. Na prática, os esforços teóricos na gestão do primeiro têm sido mais desenvolvidos que a do

[47] Segundo os pesquisadores, o ***fenômeno*** 'replica' o que acontece nas vias das cidades de grande fluxo.

[48] Qualidade diz respeito aos tipos de veículos que percorriam aquele trecho circular, como, ônibus, bicicletas, carros de passeio, motos, etc. Quantidade diz respeito a indagação: por que não 40 carros ou 10? O fenômeno surgiria no mesmo ciclo?

[49] Em Fortaleza, o urbanismo está inserido no PU e tem sido compreendido apenas como desenho viário, resultado de práticas geométricas.

segundo. O conhecimento acumulado pelo PT, embora intenso, tem se preocupado com aspectos *dinâmicos* localizados e operacionais, ou seja, de como *ordenar as 'ondas' de congestionamentos.*

Por outro lado, a do PU, tem-se debruçado intensamente sobre aspectos *estáticos* globalizados e socioeconômicos, ou seja, de como estratificar o uso do espaço, pressupondo que este uso não se altera (que o digam os *zoneamentos*: residencial, ambiental, industrial, comercial).

O experimento da figura 6 demonstra que a 'visão do todo' ou *macroscópica* é determinante na detecção do fenômeno e torna-se possível pela localização do analista[50]. Extrapolando para a escala *macroscópica* de *cidade*, um grande problema surge para manter o controle do fenômeno: como manter a 'visão do todo' de maneira constante e de baixo custo? Como observar continuamente uma cidade inteira? Como identificar localidades mais propensas ao fenômeno por pura influência da malha? Em função disto, como *modelar* os movimentos veiculares, considerando as influências do traçado e da ocupação que ocorre ao longo deste?

Estas indagações motivaram esta pesquisa e isto delineou a seqüência de abordagem dos capítulos deste trabalho, o qual envolve aspectos qualitativos e quantitativos determinantes na ocorrência do fenômeno dos congestionamentos. Portanto, há que se descrever a visão 'do todo', *macroscópica,* e 'das partes', *meso* e *microscópica.*

1.3.2 Mesoscópica

Em uma análise *mesoscópica* de 'partes' da cidade, o exemplo em Fortaleza remete a identificação de uma Área Crítica de congestionamentos (AC), a ser delimitada no capítulo 4 e confirmada estatisticamente pela metodologia proposta no capítulo 5.

Esta AC resultaria na colagem de diferentes traçados da malha, cujos encontros não extrapolam o limite desta área e confinam a maioria dos movimentos de veículos e pessoas. Estes 'encontros' confinam porque grande parte das atividades comerciais e produtivas da cidade estaria inserida na AC e localizada nas vias mais percorridas pelos veículos. A distribuição das atividades nesta AC, de acordo com a hipótese pré-definida, contribuiria sensivelmente para um aumento da ocorrência de *congestionamentos* uma vez que as atividades ali instaladas, a depender de seu porte e posição em vias caracterizadas como indutoras dos fluxos e urbanidades. Nesta lógica, tais atividades induziriam acidentes de tráfego, atrasos de deslocamento,

[50] Neste caso, a posição da câmera para filmagem do fenômeno, acima do espaço considerado e em uma seqüência de análise conjunta de 'tempos' e do 'espaço'.

aumento da temperatura, elevação do nível de estresse urbano, maior poluição (ar e sonora), desgaste de utilização/desvalorização imobiliária, além de inúmeros outros impactos no meio e/ou transtornos de tráfego.
Além destas atividades, o próprio arranjo das vias, suas conexões, continuidades e descontinuidades, esta AC sofreria também influência de movimentos que a perpassam, caracterizados por movimentos de 'passagem', e não somente movimentos com origem em bairros externos a AC e com destino em atividades na sua área interna. Estes movimentos de passagem, sofrem por sua vez, influência indutiva da forma da configuração da malha de toda a cidade, a depender da média de movimentos (conversões de esquina) que a média dos motoristas possa realizar.

Portanto, a análise *mesoscópica* da cidade refletirá uma abordagem de determinada área, por dia típico e ocupação específica. Neste trabalho interessa a escala *mesoscópica* da AC que em termos de mobilidade, de sua centralidade e limites sofreram mudanças ao longo dos anos e deixou vestígios de 'núcleos formadores' de urbanidades diferentes.

Estes núcleos, ou centralidades (econômicas, culturais, etc) se mesclam espacialmente e se complementam. Concordando com o trabalho de Cartaxo Filho (2005:p.31) encontra-se em Fortaleza diversas centralidades: os centros (popular e elitizado), as novas centralidades (novos centros, áreas vizinhas de vias), os sub-centros (bairros) e os *shopping-centers* (pontos). Neste aspecto, o trabalho de Cartaxo Filho (2005) consegue 'capturar' especificamente os movimentos de centralidades de Fortaleza, de dois núcleos de atração/repulsão de urbanidades que fazem parte da AC: o centro antigo (ou centro da maioria[51]) e o centro novo (ou centro da minoria[52])

O Centro da Maioria

O centro da maioria é a área circunscrito ao núcleo histórico-formador de Fortaleza, delimitado ao norte pelo mar, ao sul pela Avenida Duque de Caxias, a leste pela Avenida Dom Manuel e a oeste pela Avenida do Imperador. Este centro, com aproximadamente 16 km^2 de área, corresponde à sua formação inicial em torno do Forte Shoonerborgh (atual Quartel da 10ª. Região Militar) passando pelo status de vila de Fortaleza nos idos de 1870. Este núcleo foi representado na Planta Exacta da Cidade de Fortaleza, definida pelo Engenheiro-Arquiteto da Câmara Municipal Adolfo

[51] 'Maioria' no sentido de maioria da população das classes sociais C,D e E.
[52] 'Minoria' que seria o *inverso*, formada pelas classes A$^+$, A e B. O conceito de 'minoria' é de nossa responsabilidade.

Herbster, e este centro da maioria continua sendo ocupado e vivenciado pela população atual dos lados oeste e sul da cidade[53].

Segundo dados do último censo de 2000 (IBGE, 2000), esta população corresponde em termos socioeconômicos às classes B, C e D. Claro, pode-se dizer que os habitantes e visitantes das classes A^+, A, B^+ e B ('B' como interface, classe média) também freqüentam o centro 'popular', mas quando o fazem é por motivos específicos e diretos, para adquirir algum bem ou resolver problemas específicos.

Na escala *mesoscópica* são observadas movimentações e vivências de pessoas que gostam do centro por seu aspecto bucólico, de referência histórica, como 'lugar' ou região de encontro de uma urbanidade popular, desprovida de requintes arquitetônicos e de lojas de grifes.

Ao mesmo tempo, as pessoas que o freqüentam, e no caso desta pesquisa especificamente os motoristas, evitam permanecer na área e tendem a estacionar seus veículos e percorrer as ruas a pé. Isto se deve à própria configuração do centro, que foi concebido na escala do pedestre, no máximo na época da formação de cidade para uso do bonde.

O Centro da 'Minoria'

Outra centralidade (econômica, social e cultural) derivou-se do centro antigo (popular ou 'da maioria') e levou consigo grandes novidades do dito 'progresso', mas também erroneamente carregou heranças urbanísticas do seu 'genitor'. Sua delimitação física é mutável ao longo da evolução espacial da cidade, mas alguns 'marcos' arquitetônicos e desenhos urbanísticos o definem claramente. A área mais polarizadora, de aproximadamente 50km^2 deste centro encontra-se delimitada ao norte pela Av. Dom Luis, ao sul pela Avenida Antonio Sales, a leste pela Avenida Senador Virgílio Távora e a oeste pela Avenida Rui Barbosa.

O seu núcleo econômico-polarizador, em função deste limites, está no encontro das Avenidas Desembargador Moreira e Santos Dumont. Este *core* tem aproximadamente 600m de raio e está onde estão instalados os usos mais atratores de viagens de origem e destino (lojas de departamentos, corporações, bancos e *shoppings* do tipo

[53] Maiores detalhes sobre a formação deste centro antigo são apresentadas no capítulo 5, na etapa metodológica de evolução semântico-sintática da cidade.

horizontal e vertical). Em termos arquitetônicos, este núcleo difere do centro popular por conter estilos e modismos de diferentes épocas, distribuídos nas quadras de traçado 'xadrez', formado por vias de largura idêntica às do centro antigo, uma de suas heranças urbanísticas.

A configuração inicial de Adolfo Herbster e Silva Paulet foi propagada nas expansões desta área pelos urbanistas que os sucederam. Os planos de 1932, 1962 e 1979 que o digam, onde se verifica que suas ruas permaneceram, apesar de esparsas tentativas de alargamentos e continuidades propostas de Nestor de Figueiredo[54], as mesmas em termos de desenho até hoje. Atualmente, em função da incompreensão ou equívocos urbanísticos de época, a cidade 'paga um alto preço' pela descontinuidade de políticas públicas em descontinuidades viárias que agravam os congestionamentos da cidade. Estas descontinuidades em nada têm a ver com a ocupação deste 'novo centro' que é composto por grandes empresas, lojas, grifes, ícones de corporações e empreendimentos turísticos que não existem no centro popular. Em termos de ocupação socioeconômica, a área residencial desta área contempla as classes A^+ (próximo ao mar), A e B^+ (do lado sul, sudeste e leste) e B (do lado oeste). O núcleo polarizador ainda constitui-se de residências em menor número, e diversos prédios e condomínios muitifamiliares que disputam espaço de circulação com edifícios de comércio e serviços dentro de sua área[55].

Em termos de movimentação veicular e vivência das pessoas, neste centro, elas diferem do antigo em função do tipo de ocupação associada ao tipo de traçado e distribuição. Nota-se nesta área uma *urbanidade* totalmente diferente da do centro antigo, onde as pessoas que acessam suas atividades são advindas de longas distâncias, de outros bairros ou centralidades que orbitam a AC. Para tanto, o meio de transporte é o veículo particular que disputa espaço com o transporte público e complementar nas vias de largura reduzida do traçado xadrez. Como não houve 'rasgos' ou alargamentos desde sua concepção inicial, este núcleo polarizador '*propaga uma cultura de aglomeração de usos'* semelhante para outras centralidades (novos centros, áreas vizinhas de vias), para os sub-centros (bairros) e áreas de influência de *shopping-centers* (pontos). Esta cultura de concorrência e disputa de mercado está traduzida na disputa de espaço de circulação, saturando a malha ofertada aos seus usuários.

[54] Os detalhes de traçado e propostas de Nestor são apresentados no capítulo 5.
[55] Na legislação atual, conhecidos por Centros de Comércio e Serviços Múltiplos, os CSM´s.

1.3.3 Microscópica

Descendo para um nível mais detalhado de percepção destes *efeitos*, tem-se a escala *microscópica*, que avalie uma via representativa neste 'novo centro' da AC e que atenda as seguintes premissas:

(1) seja uma das mais acessadas do ponto de vista da influência da malha;

(2) que detenha atividades que acirrem fenômeno dos congestionamentos, traduzidos em transtornos de tráfego que ocorrem em frente as atividade atratoras de fluxos, e;

(3) seja historicamente representativa da evolução da malha, consolidada pelas análises da evolução social e econômica bem como, em paralelo, nos processos de expansão da malha viária, ambas apresentadas na metodologia proposta.

Neste sentido, diversas vias tidas como candidatas para análise podem ser extraídas da AC e serem avaliadas em sua *acessibilidade local* a atividades, sua vivência e urbanidades, sua configuração socioeconômica, bem como serem avaliadas suas contribuições na *acessibilidade global* da malha, com a detecção das impedâncias ao tráfego que ocasionam ou induzem aos congestionamentos[56].

A base teórica que explique as variáveis de mobilidade e acessibilidade da SE é advinda do estudo das relações dos espaços em si, e obtidos graficamente pela *técnica da axialidade*. A base matemática que norteia esta técnica é da teoria dos grafos, que foi adaptada para a SE e os arquitetos por pesquisadores da comunidade sintática que se reúnem nos simpósios internacionais[57]. O detalhamento da teoria, métodos e técnicas da SE é apresentado no segundo capítulo.

Em suma, este trabalho parte de uma análise *macroscópica, mesoscópica* e finaliza-se por uma *microscópica* sempre em uma abordagem qualitativa e quantitativa sobre os *congestionamentos*. Apesar desta abordagem sistêmica e simultânea, partindo dos transportes, o trabalho esteia-se nos avanços teóricos, metodológicos e técnicos advindos da arquitetura e do urbanismo, mais especificamente da Sintaxe Espacial. Nesta ótica, a análise seguirá uma vertente investigativa do DIMPU, a dimensão *funcional* e a dispersão *socioespacial* da cidade, captada por sua evolução urbana.

A seguir, é exposto o estado atual das demandas *sociais* e *funcionais* para a cidade de Fortaleza, que servem de base teórica para as categorias analíticas de mesmo nome e estão relacionadas ao fenômeno dos *congestionamentos*.

---

[56] Tomando como referência a *mobilidade global* e a *acessibilidade local* encontra-se na SE um arcabouço teórico e metodológico que as consegue 'extrair' ou 'fotografar' segundo 'raios' de conversão (movimentos de dobrar a esquina).

[57] Para mais informações, acessar: http://www.spacesyntax.net .

1.4 Demandas

1.4.1 Demandas Sociais

Pode-se dizer que a compreensão do fenômeno dos congestionamentos, pela população e técnicos da área, tem sido construída em Fortaleza ao longo de mais de uma década. Neste trabalho, este entendimento passa necessariamente pelo viés social e pela análise da distribuição espacial na malha da cidade.

Sempre em compasso de espera a maioria da população que utiliza o transporte público para circular na cidade o faz em dependência de uma oferta deficiente do sistema desde seu início[58]. Contudo, esta oferta tem evoluído lentamente em termos operacionais do próprio sistema (tipo de veículo, número de linhas) e menos em termos de uso de espaços para circulação (vias exclusivas ao tráfego de transportes públicos). Este constante atraso entre o planejado e o real é fruto de uma crescente demanda do sistema, alimentada pelo crescimento econômico do estado e particularmente da capital. Este crescimento se traduz em fortes investimentos nos setores de turismo e serviços de Fortaleza e de municípios vizinhos à cidade em agropólos e indústrias de produtos extrativistas para exportação.

Segundo MUNIZ (2006) constata-se Fortaleza como a cidade turística que mais concentra renda no país, segundo dados do IBGE[59]. Para a autora: ”o *déficit* habitacional, o alto índice de desemprego, as ocupações de margens de lagoas, rios, mangues e dunas aumentam a cada dia, naquela que se tornou um dos principais destinos turísticos do Nordeste, atraindo visitantes do mundo inteiro”. Muniz (2006) afirma que “constitui grande desafio pesquisar o planejamento e a gestão da cidade analisando-se seus planos urbanísticos, [verificar a] eficácia dos planos diretores como instrumento central para a gestão das cidades, avaliando esse processo na Cidade de Fortaleza”. Admite-se que esta afirmação é crucial, mas falta adicionar a esta análise um componente determinante e de permanente alteração, a configuração da própria malha, algo que se propõe fazer neste trabalho.

Bairros inteiros surgiram nos arredores de cada ’camada’ de expansão a qual alcançava novas áreas adiante à zona urbana, com a saída de ‘raios’ de conexão, ora

[58] Plano de Transporte Público de Fortaleza (PTUF) de 1979, acompanhando o Plano Diretor do mesmo ano (IPLAM,1979). Posteriormente o Estudo de Transportes Coletivos (TRANSCOL-1981), o Plano Diretor de Transportes Urbanos (PDTU - 1983), e o Plano de Ação Imediata de Transporte e Trânsito (PAITT-1995);

[59] Quarta cidade mais populosa do País com 2.416.920 habitantes, segundo dados do IBGE no ano de 2006, Fortaleza possui aproximadamente 336km² de área, o que lhe confere uma densidade demográfica de 6.838,48 habitantes/km². O território de Fortaleza é considerado 100% urbano, por isso município e cidade se confundem. A metrópole faz limite ao norte e parcialmente ao leste com o oceano Atlântico, o que representa, um litoral de aproximadamente 30km de extensão bem diversificado quanto ao uso, densidade e renda da população.

ferroviário, ora rodoviário. Uma verdadeira 'colcha de retalhos' 'costurada' por vias de alta conectividade[60]. Este processo consolidou estas vias que atuam até hoje como estruturais e convergentes em termos de fluxos. Por conseqüência, a cada dia surgem novas demandas de linhas de transporte público e melhores vias de acesso a áreas comerciais, como o centro antigo.

Estas conexões ou 'conectividades' espaciais não acompanharam a evolução social e econômica da cidade, ficando esta segunda a guiar a primeira e, até hoje, a população que tenta conviver em espaços agradáveis e de bons fluxos, reclama da lentidão e congestionamentos em determinadas áreas e vias. Após décadas de cultura de 'remendos', eis que surgem demandas do próprio setor produtivo e de serviços e a difícil convivência em espaços públicos e privados. O primeiro, devido à dificuldade de *mobilidade global da malha*, e, a segunda, por uma lentidão na *acessibilidade local de certas atividades*.

Em relação à demanda local, nota-se uma dificuldade de reunir pessoas em determinadas atividades, tais como serviços de saúde (clínicas, laboratórios), serviços de educação (escolas, universidades, cursos), além de bancos, instituições públicas, grandes pólos geradores de viagens (supermercados, shoppings, grandes condomínios residenciais). A vivência das pessoas nestes espaços não foi completamente comprometida por conta de disporem de atividades que acolhem os fluxos de pedestres e veículos ao longo do dia, mas que os segregam para a convivência noturna. Esta convivência, do tipo 'privada', restringe-se a bares e restaurantes que em maioria atende o setor de turismo local e externo[61].

Esta 'urbanidade' periódica é bem caracterizada fisicamente pelas 'duas cidades' citadas anteriormente. A primeira, do núcleo integrador da cidade antiga, ou centro antigo e, a segunda, de novos centros de expansão que, momentaneamente moveu-se para o centro financeiro ou dito como 'de elite' e que foi conceituado por Cartaxo Filho (2005) como o 'Novo Centro' ou 'nova centralidade'. Além disto, Cartaxo Filho também detecta o surgimento de novas subcentralidades, a começar pela polarização de atividades comerciais datadas de 1980, que consolidaram um novo centro, aqui conceituado como 'da minoria'[62]. Ou seja, Fortaleza teria obedecido a uma expansão socioespacial descentralizada, com o deslocamento das atividades de maior

[60] Em termos de demandas sociais, nota-se um 'inchaço' de ocupação de áreas de risco em ocupações 'subnormais', 'não-formais' comumente conhecidas por favelas. Este processo aconteceu por décadas e seu ordenamento foi feito em função da deficiência no controle da expansão radial concêntrica da cidade.

[61] São os próprios fortalezenses e turistas de estados do Brasil e de outros países que encontram espaços 'da noite'.

[62] Segundo Correia (1989, p.44) *apud* Cartaxo Filho (2005, p.21) "O centro tende a uma "redefinição funcional" em que lhe estaria reservado o papel de concentrar como principais as atividades de gestão e de serviços especializados, enquanto suas atividades tradicionais de comércio e serviços se localizariam de forma dispersa no território urbano. No Brasil, no entanto, há uma visível tendência de transformação do centro tradicional em local voltado para atender os interesses e demandas das camadas populares".

importância econômica e também mais especializada do centro antigo para novas localizações da cidade, em ditas 'centralidades' como: vias (por exemplo), bairros inteiros, sub-centros ou até mesmo grandes PGV´s (Pólos Geradores de Tráfego: como *shopping centers*) (figura 7).

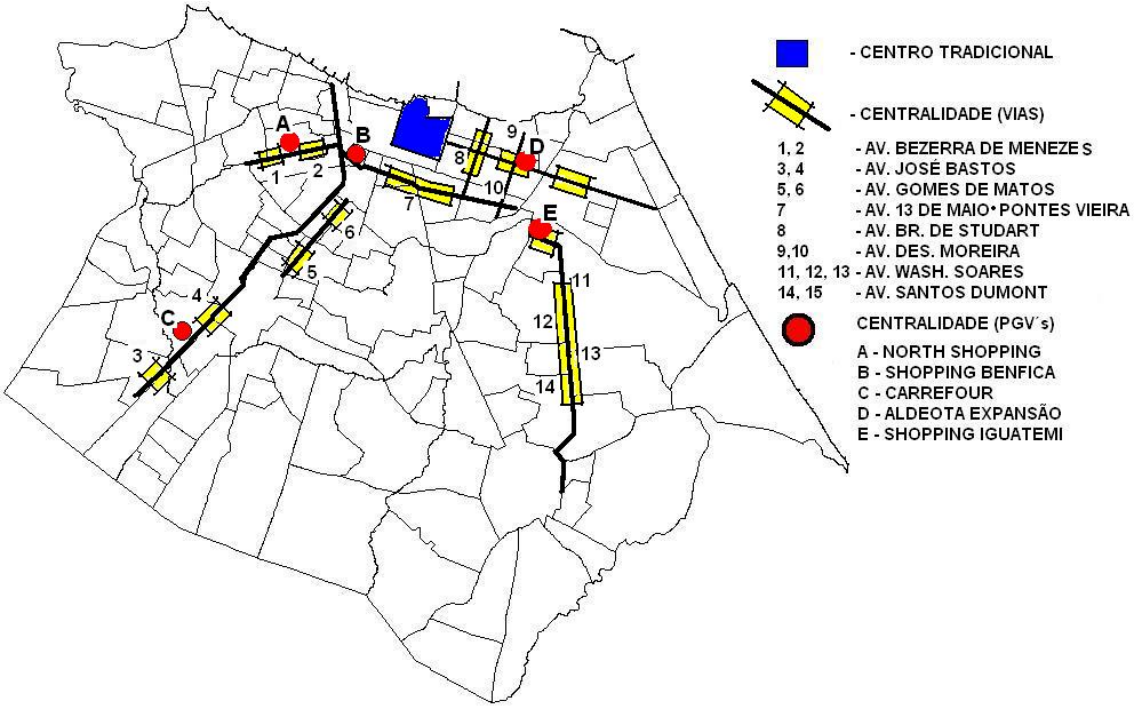


Figura 7. Centro e centralidades de Fortaleza.

Estas novas *centralidades-vias*, ao longo do tempo, trouxeram consigo novas demandas e viagens e, com elas, novos conceitos de urbanidade e de convivência nos espaços. Para acessar tais espaços houve necessidade de prover infraestruturas viárias e de ocupação que conseguissem absorver tamanho número de pessoas, bens e serviços. Estas novas infraestruturas estão traduzidas em vias com a mesma 'caixa' ou largura física, com sistema de gerenciamento do tráfego de última geração, mas desprovidas de um controle do uso e da ocupação do solo lindeiro. O processo fica mais agressivo em termos de impacto e *congestionamentos* quando estas atividades estão posicionadas bem próximas à *centralidade-PGV* (caso dos *shoppings* e supermercados). Segundo Cartaxo Filho, este processo se iniciou no início dos anos setenta, com a construção do *Shopping Center Um*, inaugurado em 6 de novembro de 1974, assim escrito pelo compositor cearense Ednardo:

> "Depois que acabaram com a Coluna da Hora,[63]
> Depois que derrubaram o Abrigo Central,[64]
> O centro da cidade mudou pra outro local.
> Tem ar pra respirar,
> Tem muito espaço pra andar.

[63] Equipamento da Praça do Ferreira, localizada no Centro de Fortaleza e conhecida comumente como o "coração da cidade". Essa coluna foi demolida em uma das reformas da praça.
[64] Equipamento localizado na Praça do Ferreira, demolido em uma das reformas desse logradouro

Tem coisas lindas pra olhar
Pois, o centro agora é o Center Um "[65].

Atualmente, este é um dos menores centros comerciais que está inserido bem em frente à centralidade 'D' da figura 7[66]. O antigo 'Center Um', foi um dos polarizadores da época que transferiram a *função* de centralidade comercial da cidade para este novo núcleo. Contudo apesar disto, até hoje persiste o núcleo polarizador inicial do centro antigo, que insiste em ficar onde está, nos arredores da praça do Ferreira. Isto porque, concordando com Cartaxo Filho, a transferência da *função-centro* não implica necessariamente a transferência do *lugar – centro*. Contudo, para este trabalho este processo não se dá em função única e exclusiva do uso e ocupação (seu *significado* ou usos), mas também da evolução de sua *sintaxe* (organização dos acessos, barreiras e permeabilidades).

Ou seja, divergindo de Cartaxo Filho, o 'Center Um' existiu depois que foram criados acessos viários a leste, como as Avenidas Barão de Studart e Santos Dumont, que surgiram antes, consolidadas após a criação da Avenida Desembargador Moreira[67]. Assim, primeiro origina-se a permeabilidade de acesso, ou *efeito primário*. Depois se adiciona movimento (*efeito secundário*) e por fim o atrator, ou 'Center Um' (*efeito terciário*). O processo se degrada/atualiza quando entra o processo de *saturação* (do tráfego de veículos – *congestionamentos*) o que por fim caracteriza o *efeito quaternário* (todos os *efeitos* da figura 4 da introdução deste trabalho).

Anterior a este último, outras ações físicas prévias não foram implantadas na criação de novos acessos, de caixas de vias mais largas, mas somente ações operacionais. Após este *efeito* surgem novas vias de escape-acesso para 'ir' ou 'vir' (d)àquela centralidade, não influenciando no *lugar, mas* na sua *função*. Todo este processo que embasa a ocorrência de *congestionamentos acaba* por *demandar* da população, a cobrança de melhorias imediatas da fluidez que influencia negativamente no desgaste e desvalorização de certas áreas antes comercialmente fortes, mas que no mercado imobiliário, tornaram-se inviáveis de serem acessadas por veículos.

As pessoas perdem muito tempo de locomoção dentro da AC, tanto para perpassá-la como para acessar alguma atividade dentro dela, a depender da via, que pode estar na condição de congestionada. Ao mesmo tempo em que o mercado origina um crescimento econômico, com empregos e acumulação de capital para esta área, com

[65] Cartaxo Filho (2005: p. 24);
[66] Como argumentado anteriormente, o *núcleo polarizador* do Centro de Minoria;
[67] Interseção das centralidades '8 e 14' e '10 e 14', da figura 1.3;

o passar dos anos, este processo acirra uma *segregação centro-periferia.* Esta segregação, embora social[68], é também física e esteve sempre representada pela forma de tratamento da malha, em seus recortes e permeabilidades que favorecem/desfavorecem o uso e a mobilidade nos espaços.

Esta segregação física é replicada em termos econômicos, pelo desigual[69] crescimento econômico da capital ao longo de três últimas décadas, culminando em 68,5% do PIB da Região Metropolitana de Fortaleza, RMF, seguida por Maracanaú com 13,2% e Caucaia com 4,2% (Cartaxo Filho, 2005, p.44). Segundo Bernal (2004: p.114, p127) *apud* Cartaxo Filho (2005, p.45) em Fortaleza, o setor de comércio e serviços é o que "está associado à expansão do turismo e toda a cadeia de atividades correlatas de lazer, entretenimento, transporte, alimentação e outros, além da expansão do setor imobiliário voltada para a construção de habitação, hotelaria, *shopping centers* e edifícios de escritórios".

Forte parcela deste setor está no turismo que, antes sazonal, passa a ser de eventos por todo o ano, consolidando a cidade para os serviços, com destaque para o lazer e o entretenimento. Além da influência do turismo, outros motivos como *forte migração* (interior-capital) e a busca de *emprego*, somados, resultam em um acúmulo de demanda populacional que se instala diariamente nos arredores dos limites do município. Este processo se evidencia na localização de atividades que afluem pela disputa de *ocupação e renda* na AC e em suas circunvizinhanças, pois muitos dos lojistas são egressos de cidades interioranas do Ceará. Não podendo atender a esta demanda *social* em todos os seus quesitos, a cidade incha e com ela a 'colcha de retalhos' de ocupações irregulares e vias sem planejamento. Como bem afirma Cartaxo Filho (2005, p.48),

> "verifica-se um processo de urbanização da RMF alimentado por um movimento migratório gerado pela expulsão da população do interior que se transformará na massa trabalhadora urbana estabelecida. No ambiente intra-urbano, o processo da produção socioespacial de Fortaleza gera uma cidade dividida em uma parte equipada,.. e outra parcela subequipada.."

Estas duas 'cidades' ou 'realidades' equivalem igualmente em termos de diferentes desenhos da malha ou distribuições dos *espaços de circulação*. O primeiro desenho, ou configuração é de uma 'cidade equipada', a qual é "consumida pelos

[68] Segregação entendida como um processo "[...] segundo o qual diferentes classes sociais ou camadas sociais tendem a se concentrar cada vez mais em diferentes *regiões gerais* ou *conjuntos de bairros* na metrópole." (CARTAXO FILHO, 2005, *op cit* VILLAÇA, 2001, p.142).

[69] Além disto, 40% das pessoas com dez anos e mais de idade moram na RMF e possuem uma renda média mensal equivalente a 1,5 vez a renda do estado e 2,24 vezes a do interior.Fonte: IBGE/PNAD e Anuário Estatístico do Ceará 1998/1999

conglomerados empresariais e habitada pela maioria dos segmentos de maior poder aquisitivo, onde se concentram as melhores oportunidades de emprego, as maiores ofertas de bens e serviços, os equipamentos urbanos, em particular os de turismo e lazer". A outra, 'sub-equipada', é onde "mora a maioria da população pobre e [onde] predomina a precariedade e a carência de moradia, de saneamento básico, de equipamentos de educação, saúde e lazer". Em termos estatísticos, isto é comprovado pelos dados do IBGE e da própria prefeitura, relatados no trabalho de Cartaxo Filho (2005:p.49-65). Inicialmente, Fortaleza tinha seu controle urbano centralizado. Atualmente, este controle está dividido em Secretarias Regionais, ou SER´s, expostas na figura 8.

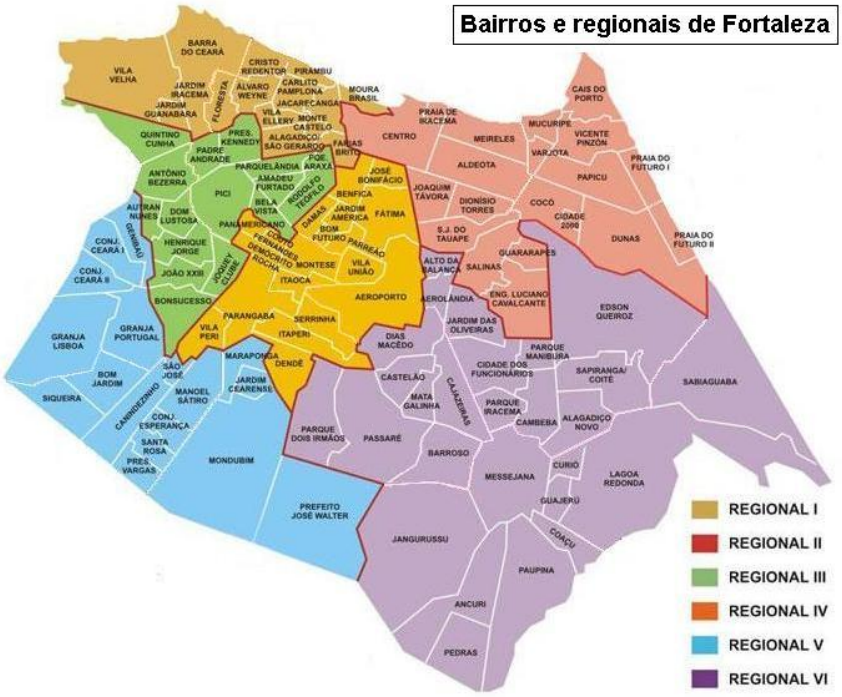


Figura 8. Fortaleza e suas SER´s.
Fonte: Cartaxo Filho (2005,p.50)

Ao observar os dados da figura 9, vê-se claramente que as maiores densidades demográficas (HAB/HA) estão nas SER´s I, III e IV. No entanto, 40,46% da renda está nas mãos de 12,63% das densidades (hab/ha) da SER II.

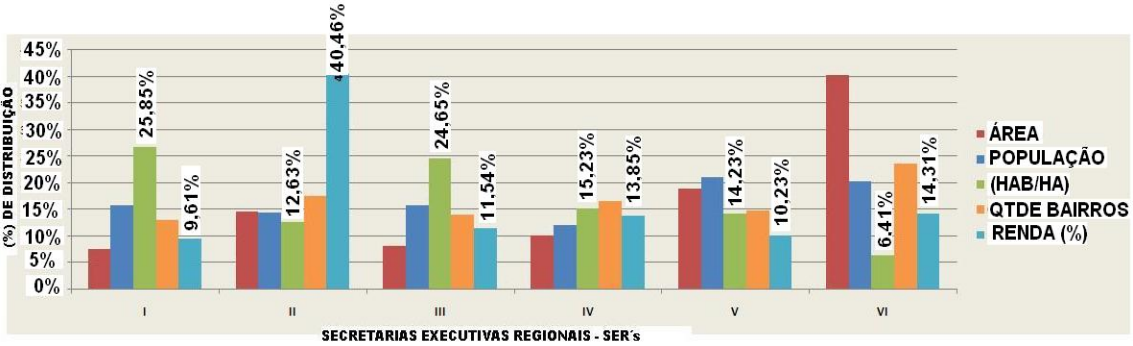


Figura 9 SER´s- Distribuições Sócio-espaciais.
Fonte: o autor, adaptado de Cartaxo Filho (2005).

Neste trabalho, assume-se que esta renda não está com pessoas que moram nos bairros da SER II, onde os estabelecimentos comerciais são maioria. Existe na realidade uma parcela de proprietários que moram em 'novas centralidades', fora da SER II e que se deslocam no fluxo casa-trabalho-casa. Este movimento e distribuição não estão retratados neste gráfico, mas sabe-se por vivência do autor em pesquisas anteriores (Cavalcante, 2002) que muitos proprietários possuem seus escritórios e comércios dentro da AC. Ao mesmo tempo, muitos de seus funcionários são oriundos de bairros das zonas oeste, sudoeste e sul da cidade. Este perfil foi captado pelo autor em seu trabalho de mestrado, onde confirmou em Cavalcante ***et al*** (2008)[70],por exemplo, para a atividade de Comércio e Serviços Múltiplos, os CSM´s, que aproximadamente 29% da população *flutuante* destes estabelecimentos amostrados utiliza o sistema de transporte público (STP) e o alternativo e representa 48,0% da faixa de 2 (dois) salários mínimos (figura 10).

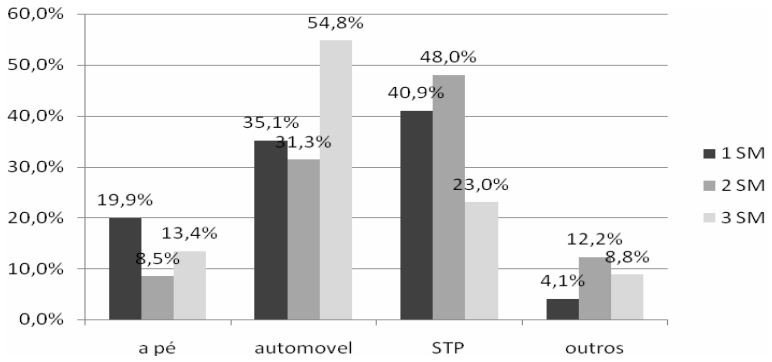


Figura 10. Freqüência da escolha modal por faixa salarial.
Fonte: Cavalcante ***et al*** (2008:p.18).

Ou seja, uma população de 2 SMs do STP disputa o espaço de circulação com os veículos particulares da faixa de 54,8% de 3 SMs. Estes dados de distribuição de renda, área e demografia para toda a cidade e de tipo de modal (transporte motorizado e não-motorizado) na SER II tipificam que esta área é extremamente *desigual* em termos de sua ocupação, acessibilidade e mobilidade em relação (em termos gerais) às outras regionais.

Ao comparar dados de IDH por bairros, vê-se mais fortemente a desigualdade de qualidade de vida e a necessidade de maior mobilidade e de custos de locomoção dos bairros de IDH-M baixo para acessar a região da AC (pertence a SER II). Dados do IBGE-PMF do trabalho de Cartaxo Filho (2005: p.60-61) apresentados na figura 11, revelam que dos 114 bairros de Fortaleza, apenas sete possuem IDH–M alto (cor

[70] Cavalcante ***et al*** (2008). Caracterização da População Flutuante dos PGV´s de Uso Misto que Utilizam o Sistema de Transporte Público. No *prelo*. Artigo a ser submetido à Revista do Congresso da ANTP.

vermelha). Além disto, 66% (sessenta e seis por cento) apresentam IDH–M médio (cor verde) e 41 IDH–M baixo (cor azul).

A comparação visual dos IDH´s na figura 11 e na tabela 2 revela que o setor leste (SER´s II e IV) possui maior quantidade de bairros com IDH-M alto (07) e médio (26) e menor quantidade de IDH-M baixo (06). Isto denota que esta área possui melhores condições de vida e abriga parcelas mais ricas da população da cidade. Coincidentemente, também detém melhores infraestruturas de saneamento básico, iluminação pública, telefonia e serviços afins. Esta *oferta de serviços* coincide com melhores condições de pavimentação e controle de tráfego, sinalização e operação dos serviços de transportes. Além disto, em termos de traçado da malha, esta região é extremamente regular, com quadras do tipo '100m x 100 m', em média, e uma regularidade nos tamanhos do lotes, resultando em padrões de Taxa de Ocupação[71], com maiores diversidades em relação a Índices de Aproveitamento[72] das densidades de construção.

Esta regularidade representa um melhor cuidado que esta região sempre mereceu por parte do poder público, coincidentemente, cujos ocupantes pertencem à elite econômica vigente. Contudo, a herança cultural urbanística não foi capaz de desenvolver e interligar esta região com as demais áreas circundantes (IDH´s-M médios e baixos). Isto levou a uma segregação social e de acessibilidade do lado oeste de Fortaleza que não é captada pelas metodologias tradicionais de análise urbanística. Esta segregação é *social* na medida em que o lado oeste (noroeste e sudoeste) e sul da cidade englobam a SER-II com características de uma 'outra cidade', com exceções pontuais de melhor organização espacial, que está desprovida de melhores infraestruturas urbanas já citadas. Assim, uma destas infraestruturas deficientes é a organização da malha nesta 'outra cidade'. Ver-se-á que os encontros das malhas de loteamentos nestas áreas são extremamente descontínuos e conectados a vias indutoras de movimentos, pois a estas estão mais conectadas as outras de menor escala[73].

[71] Segundo a Lei 7.987 de Uso de Ocupação do Solo de Fortaleza, a LUOS, a T.O. refere-se a divisão da área construída em projeção horizontal, dividida pela área do lote: $T.O. = A_P/A_L$.

[72] Também segundo a LUOS, significa o número de repetições (*n*) da T.O. permitidos de área construída naquele lote envolvido: $I.A. = n \cdot T.O.$

[73] Os detalhes sobre estas conectividades e continuidades estão mais bem detalhados em termos teóricos no capítulo 2 e aplicados ao estudo de caso, no capítulo 5.

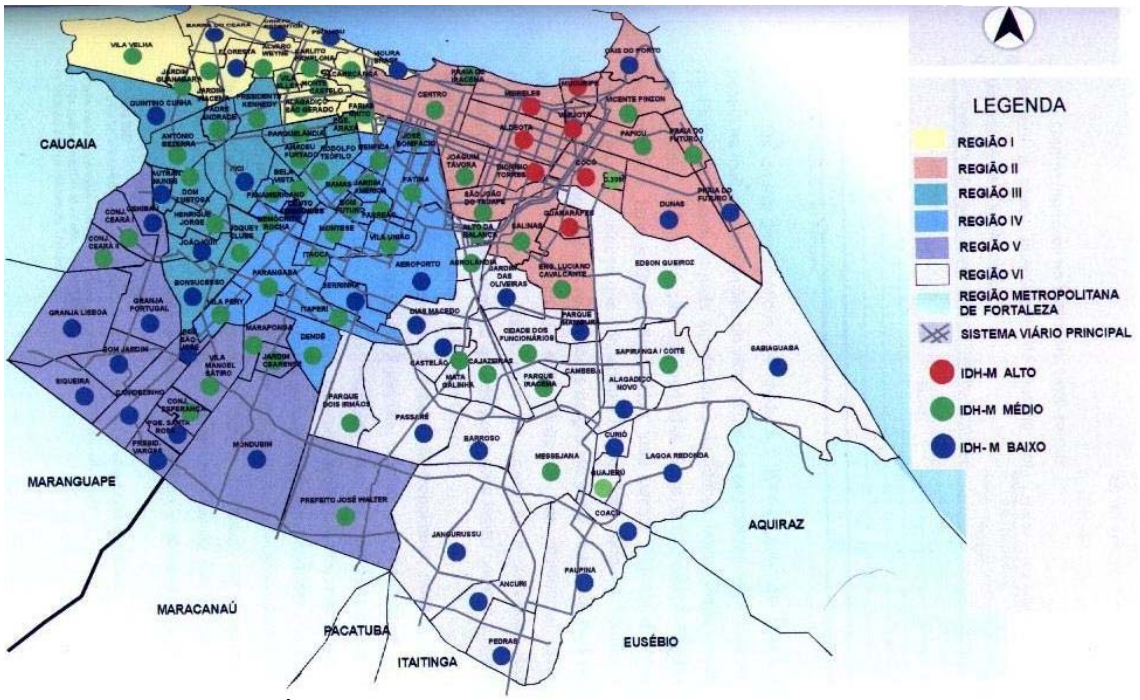


Figura 11. Índice de Desenvolvimento Humano de Fortaleza – Ano de 2000.
Fonte: Cartaxo Filho (2005, p.60-61)

Tabela 2. IDH-M – por região administrativa/2000
Fonte. Cartaxo Filho (2005,p.61).

REGIONAL	IDH-M-GERAL		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
I	-	10	5
II	7	10	3
III	-	11	5
IV	-	16	3
V	-	7	10
VI	-	12	15
TOTAL	7	66	41

Em termos microscópicos e relativos às vias desta região, algumas delas se encontram ‘consolidadas’ em termos de ‘corredores de atividades’, um conceito herdado da conduta urbanística do Plano Diretor da cidade de 1979. Cartaxo Filho (2005: p.61) observa bem isto em vias como Beira Mar, Abolição, Desembargador Moreira, Dom Luís e Barão de Studart, nos bairros Aldeota e Meireles, as quais concentram hotéis, flats, *shopping centers*, edifícios de escritórios e condomínios residenciais de grande porte, habitados pela população de alta renda.

Estas ocupações ocorreram paulatinamente como mudanças de uso, de substituição do residencial unifamiliar pelo multifamiliar e comércio e serviços. Tal processo não foi devidamente acompanhado pelos órgãos de gestão urbana e com isso, atualmente, esta mesma população sente os efeitos negativos deste descontrole.

Concordando com Cartaxo, os principais *atores* deste processo de segregação socioespacial são: O Estado, proprietários de terra, conglomerados de empresas e promotores imobiliários. Contudo, cabe destacar que suas participações implicam em *efeitos* perceptíveis e relativos à ocupação do solo. Afirma Cartaxo em suas conclusões que:

> "O centro tradicional da *Fortaleza pobre* e o subcentro Aldeota da *Fortaleza rica* não são antagônicos, um não canibaliza o outro. Essa metrópole assim dividida de maneira complementar expressa uma forma de cidade produzida por desenvolvimento desigual e combinado, em que a cidade pobre desequipada constitui-se como um meio capaz de proporcionar condições mais lucrativas, liberando espaços e recursos públicos para os investimentos de capital e melhores níveis de produtividade para o setor terciário em outras áreas da cidade como é o caso do setor leste" (Cartaxo Filho, 2005: p.117).

Comprovadamente, o Centro da Maioria ou *tradicional* e, o Subcentro Aldeota, ou aqui denominado 'Centro da Minoria' coexistem em dependência mútua. Os *atores* referidos que os definiram, fizeram-no fisicamente por meio do desenho urbano da cidade que tem como principal participante a geometria da malha, o arranjo de suas permeabilidades e barreiras. Cabe dizer que existem também outros *efeitos,* ou co-partícipes dos anteriores, relativos à *sintaxe* ou a estrutura da malha de Fortaleza, inerentes as relações de sua organização, objetivo exploratório desta pesquisa.

Cabe investigar o desenho da malha e verificar correlações entre os movimentos de maneira global e como estes são influenciados pela organização espacial da própria malha, rebatimento físico, ou não, de uma organização social. Para testar estas indagações, faz-se importante compreender como a sintaxe das malhas é calculada e como a representação de fluxos que realiza difere dos métodos tradicionais da engenharia de tráfego. Conhecer estes métodos faculta também compreender como a sintaxe induz e é induzida pelas configurações de centralidades da cidade, identificando sua contribuição[74].

Uma destas visões, a de Cartaxo, por exemplo, relata que os *congestionamentos* são problemas decorrentes de elevados custos sociais e desta lógica socioespacial descrita em seu trabalho. Contudo, diverge-se desta visão e inclui-se a forma da malha em si como uma pré-disposição ou contribuição causadora do problema, que é anterior a esta segregação socioespacial.

[74] Esta parcela de contribuição da sintaxe da malha se complementa às revisões de uso e ocupação descritos até hoje em teses, dissertações e artigos vinculados à engenharia de trafego, à arquitetura, ao urbanismo, à geografia e afins por parte de pesquisadores e técnicos locais.

Ou seja, não é somente *quem ocupa o quê e onde*, mas, *como ocorre esta ocupação e quais as relações e padrões espaciais determinantes nos fluxos relativos a esta*?.

Em termos de implicações socioespaciais, indaga-se:

1) *As pessoas, de classes sociais diferentes que se locomovem por veículos na AC, estão conseguindo equanimemente espaço para acessar as atividades que desejam?*
2) *O custo associado de mobilidade e acessibilidade é desigual pela distância?*
3) *Estas pessoas conseguem se movimentar dentro da AC com baixa fluidez (saturação ou congestionamento)?*
4) *A malha é forte contribuinte neste processo?*
5) *Em função disto, que atividades estão agrupando maior urbanidade e valorizando/desvalorizando socialmente algumas vias em detrimento de outras?*
6) *Existem impactos perceptíveis na mobilidade da AC que sejam determinados pela forma da malha em sua totalidade?*
7) *O padrão de mobilidade veicular influenciado pela configuração da cidade interfere no processo de saturação (congestionamento) igualmente para AC e para vias desta?*

1.4.2 Demandas Funcionais

A principal demanda funcional detectada com a evolução socioespacial da cidade de Fortaleza é o quesito de *mobilidade*. O conceito de mobilidade adotado nesta pesquisa não é 'física', de pequena escala, de pessoas comuns (pedestres) ou pessoas com deficiência (cadeirantes, deficientes físicos, visuais) e de mobilidade reduzida (idosos). O conceito de *mobilidade* aqui delimitado é a capacidade de empreender viagens no espaço, a qual é relativa aos condutores de veículos, ou seja, pessoas de diversas classes sociais. Viu-se pelo breve relato que já que a distribuição social e espacial da cidade é desigual, e que pela hipótese estabelecida a malha está distribuída a retratar esta desigualdade, assume-se que algumas áreas desta malha estejam sofrendo mais os *efeitos* negativos na *mobilidade local*, uma vez que ocorre uma redução de *acessibilidade global* neste caso, congestionamentos. Como explanado na introdução desta tese, estes *efeitos* seriam quatro (figura 4):

1) *Primário*: influência da própria malha nos movimentos;
2) *Secundário*: influências dos movimentos nos movimentos;

3) *Terciário*: influência dos *atratores* nos movimentos, sem alteração da malha;

4) *Quaternário*: influência dos *atratores* nos movimentos, com alteração da malha

As áreas de abrangência ou estudo destes efeitos, subdividem-se em (tabela 3):

Tabela 3. Efeitos e suas abrangências. Fonte: o autor.

Efeito	Atores	Ações - Foco	Modelagem	Área de Abrangência
Primário	Malha e movimentos	Estruturais - criação	Modelagem Morfológica (SE)	Planejamento Urbano
Secundário	Movimentos	Operacionais	Modelagem de Transportes (UTMS)	Planejamento de Transportes
Terciário	Atratores e movimentos	Operacionais	Modelagem de Tráfego (UTMS, Microsimulações)	Planejamento de Tráfego
Quaternário	Atratores e Movimentos	Estruturais - alteração	Modelagem Integrada (TRANUS, UrbanSinc, MEDPLAN)	Planejamento Urbano Integrado

Tradicionalmente, a prática brasileira de abordagem tem centrado forças nos *efeitos secundários e terciários.* Mais abrangente, o *secundário* tem sido objeto de *Modelagem de Transportes* e está relacionado ao planejamento de transporte público em especial. Para tanto, utiliza modelos do *Urban Transportation Modeling Systems* - UTMS, conhecido mundialmente como 'modelo 4 etapas'[75].

O *efeito terciário,* por sua vez, também utiliza o UTMS associado a outros modelos de microsimulação, que envolvem o uso e ocupação do solo, como a *Highway Capacity Manual – HCM,* o *Integration,* etc. Por utilizar uma escala de bairros e de vias, é mais adequado ao *Planejamento de Tráfego*.

Ambos os efeitos concentram esforços em ações operacionais, de controle da *fluidez,* ora por influência dos próprios movimentos entre si ou dos *atratores* (uso do solo) nos movimentos. Estes são os dois efeitos e práticas aplicados ao caso de Fortaleza, sendo que a utilização efetiva tem sido maior do *secundário*, ficando o *terciário* ainda por esboçar interesse dos gestores locais. Embora válida, a experiência local no uso destas abordagens remete ao referencial teórico dos princípios de transportes[76]. Em termos metodológicos, o uso destas modelagens explica e utiliza fluxos veiculares estimados em função de dados de campo, de coleta direta, com *pesquisas de origem-destino,* as ODs. Extremamente onerosa, a obtenção de ODs requer um planejamento preciso e sua validade não poderia, em tese, ultrapassar 10 anos, sendo ideal que fosse feita a cada cinco anos. Como forma de estimar continuamente estas ODs, a Prefeitura de Fortaleza, em convênio com a academia (UFC) desenvolveu um Sistema de Controle de Tráfego por Área, o CTA-For, que coleta diuturnamente dados de volumes de tráfego em cruzamentos ditos 'críticos' de congestionamentos na cidade.

[75] Para leitura inicial, recomenda-se Ortúzar & Willunsem (1994).
[76] Relatados detalhadamente no terceiro capítulo.

Com os dados de volume, os técnicos do sistema estimam os fluxos reais com aproximações estatísticas e validações pontuais. Ao mesmo tempo, a prefeitura coordena atualmente uma série de ações físicas que já acenam também para o problema das deficiências do espaço de circulação. Dois grandes projetos estruturantes estão em curso e implantação: o anterior BID-For[77] e o atual TRANSFor[78].

Juntos, estes projetos contemplam corredores exclusivos de transporte público e melhorias físicas de correção e criação de novos 'acessos', no recapeamento e/ou recuperação de pavimentação, de 'rasgos' da malha, na tentativa de interligar descontinuidades além de outras ações físicas.

Ambos os projetos confirmam o chamado *efeito quaternário*, aonde as demandas sociais e funcionais que chegam à prefeitura, traduzidas em melhoria da fluidez e economia da cidade, atingem seu ponto em que ações operacionais e físicas têm que trabalhar juntas para busca de amenização dos congestionamentos[79].

Mesmo com todo este aparato, de alto custo de manutenção e expansão, ainda reside em outros fatores denominados pela metodologia como 'exógenos' a causa dos congestionamentos que mesmo assim, persistem e crescem em número de reclamações da população com grande apelo da mídia[80].

Guardadas as devidas críticas e potencialidades, acredita-se que isoladamente, mesmo com o crescimento da complexidade urbana, das ocupações do solo e aumento da frota veicular, este sistema não conseguirá atender plenamente expansões da malha[81]. Como métodos mais modernos para a realidade local, eis que surgem as abordagens do Planejamento Urbano e Planejamento Urbano Integrado,

[77] Notícia: 'João da Cruz analisa o Transfor' : "Esperança da população de Fortaleza, o Transfor está a um passo de se tornar realidade. São 11 anos de espera. O Programa de Transporte Urbano, antes denominado de BIDFOR, sofrera algumas alterações para atender a demanda de melhoria da mobilidade urbana como implantação de três corredores exclusivos de transporte público, tendo por objetivo melhorar a eficiência do transporte coletivo, aumentando a capacidade e a segurança na rede de vias urbanas"
(http://www.pvceara.org.br/governo/texto.asp?id=36&var=conteudo&c=governo)

[78] Notícia: 'João da Cruz analisa o Transfor' : "Ao todo, conforme o Engenheiro Daniel Lustosa – Coordenador do Transfor, as obras abrangerão 82 quilômetros, incluindo a construção de túneis, viadutos, trincheiras, ciclovias, alargamentos, restaurações e padronizações de ruas. "Fortaleza tem só 42 quilômetros de ciclovias que começam e terminam em trechos sem conexão. Com o Transfor, serão mais 30 quilômetros de ciclovias conectadas", declarou. (http://www.pvceara.org.br/governo/texto.asp?id=36&var=conteudo&c=governo)

[79] Oportunamente, o gestor de operações ETTUFOR e o de planejamento da AMC e SEINF mantêm um bom diálogo, mas não dispõem de uma visão sistêmica do processo que inclua releituras da malha e o que preveja acontecer com a cidade com estas novas ações nas permeabilidades e ocupações.

[80] Ver notas jornalísticas da introdução deste trabalho.

[81] As críticas a estas abordagens são dissecadas também no capítulo 3.

para os *efeitos* quaternário[82] e primário. O *primário,* que é objeto de investigação deste trabalho, traz consigo a experiência e aplicações metodológicas da Sintaxe Espacial, carro chefe da Modelagem Morfológica ou Configuracional. A *hipótese* investigativa defendida é que a malha em si, *determina* os fluxos veiculares e ocupações, ou seja, em nível regulatório, a LUOS *versus* a hierarquia topológica da malha. Portanto, mostra-se, com base nos delineamentos teóricos-críticos sobre estas abordagens, como a SE prova em termos quantitativos e qualitativos que esta influência é *forte* e *anterior* às modelagens tradicionais.

Como o problema vem sendo abordado

Nota-se há certo tempo na cidade que a lentidão do tráfego aumenta e já surgem áreas e cruzamentos ditos 'críticos' na ocorrência de congestionamentos. Na tentativa de entender estes problemas, PEREIRA NETO *et al* (2003) desenvolveram uma metodologia para avaliação de corredores de tráfego de Fortaleza.

Posteriormente, MESQUITA PAULA (2006) utilizou parte desta metodologia que se referia a um caso particular e o expandiu como caso geral, adaptando este estudo à realidade de toda a cidade, ao definir grupos semânticos baseada em classes de velocidades, traduzidos em *péssimo, ruim, regular e bom* (tabela 4). Estes parâmetros estão disponíveis no setor de planejamento de tráfego na Dieng-AMC[83], mas ainda não vêm sendo utilizados. O estudo também caracterizou uma forma peculiar de cálculo das taxas de movimento em algumas vias arteriais do município, resultando em valores próximos à realidade local. Contudo, nas conclusões do estudo, apresenta-se uma consideração sobre a necessidade de se incluir variáveis que envolvam a *percepção do* usuário ao se deslocar pela malha[84]. Este usuário pode estar na condição de pedestre, motorista ou usuário do sistema público.

Tabela 4. Grupos semânticos. Classes de Velocidades para definição do NS[85].
Fonte: Mesquita Paula (2005).

	Denominação	Limite min. (km/h)	Velocidade Média de Percurso (VMP em km/h)	Limite máx (km/h)
a)	Péssimo:		VMP <	15 0
b)	Ruim:	15,0	≤ VMP <	18,5
c)	Regular:	18,5	≤ VMP <	24,0
d)	Bom	24,0	≤ VMP <	34,0

[82] O quaternário, que é sucintamente relatado no terceiro capítulo, inclui uma complexidade maior e é de domínio multidisciplinar, fugindo aos objetivos desta pesquisa.
[83] Divisão de Planejamento de Engenharia de Tráfego da Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços e Cidadania. Òrgão de economia mista, vinculado à prefeitura municipal de Fortaleza. Atualmente, a AMC e a ETUFOR, Empresa de Transportes Urbanos de Fortaleza, compõem a estrutura de gestão do trânsito de Fortaleza. A primeira ao transporte privado e a segunda ao público.
[84] Novamente são computados neste cálculo apenas aspectos funcionais da via em medições localizadas e de cunho mecanicista, operacional, geométrico, que não consideram a percepção do usuário em seu movimento que caracterizem as ligações de cada via com o todo da malha (dados globais) em uma visão sistêmica.
[85] Relativo ao primeiro dos dois métodos de cálculo do NS pelo HCM (2000). Aqui o estudo realiza uma adaptação à realidade de corredores arteriais de Fortaleza.

A iniciativa detectou o que há muito já era demandada pela população, uma melhoria nos tempos de atraso da Velocidade Média de Percurso (VMP) que, em média, foi classificada, a depender do trecho congestionado, como *ruim* ou *péssima.* Cabe destacar que a pesquisa procurou incluir os ditos aspectos 'exógenos' de uso e ocupação do solo: os tipos de acesso físicos a lotes, se estes detinham ou não estacionamentos e o tipo de atividade naquele lote influíam no cálculo final. Ao mesmo tempo, caso esta atividade fosse classificada como *atrator* ou Pólo Gerador de Viagem (PGV) a contribuição no aumento da VMP seria verificada. Notou-se uma preocupação de incluir outras abordagens que não exclusivas do aspecto operacional. Embora válida esta tentativa também não incluiu um contribuinte essencial, a organização da malha e a distribuição de sua permeabilidades, a sua *sintaxe*.

É o que se propõe incluir nesta pesquisa. No entanto surgem as indagações:

1) Que contribuição a morfologia da cidade implica e como quantificá-la e qualificá-la?
2) Quais as influências da distribuição das vias e suas relações no acesso e permanência dos espaços da AC e de algumas de suas vias?
3) Em termos empíricos, existe correlação entre a desigualdade social e espacial?
4) Que transtornos de tráfego e densidades podem comprovar esta desigualdade em categorias de análise macro, meso e microscópica?
5) As demandas funcionais de *mobilidade* global (malha) e *acessibilidade local* (*vias*) sofrem igualmente esta influência?
6) Qual a média de conversões (mudanças de sentido) que o motorista fortalezense está disposto a fazer para percorrer suas rotas diárias?
7) É possível estimar os fluxos somente em função da SE?

Estas indagações, aliadas às anteriores, também motivaram a presente pesquisa, tornando-as complementares.

CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 2 – SINTAXE ESPACIAL

O presente capítulo apresenta uma revisão teórico-metodológica sobre a Sintaxe Espacial e as diversas experiências pregressas que abordaram o tema, envolvendo a simulação de movimentos veiculares, a SE e os Atratores (PGV´s).

Apresentam-se as premissas do estudo e uma revisão sobre os conceitos da Arquitetura e da Sintaxe Espacial. Apresenta-se também o enquadramento da arquitetura enquanto disciplina, sua estruturação epistemológica e diferentes linhas de investigação atendo-se à que o problema-foco está correlacionado. Passo seguinte detalha-se a revisão teórica sobre o uso da SE e suas principais críticas, potencialidades e falhas e quais as aplicações que estejam relacionadas ao tema e seus resultados.

Terceiro passo discorre-se sobre o uso da SE para uma *dimensão* mais abrangente pesquisada pelo DIMPU*:* a *funcional*, comprando-a com a dispersão socioespacial da cidade. Conclui-se o capítulo com um resumo prático, em Fortaleza, do uso da SE como instrumento de controle contínuo da previsão potencial de fluxos de tráfego, sua modelagem e a influência que PGV´s exercem como *efeito terciário* (vide figura 4) na sua malha viária.

Premissas

O foco

Parte-se da mesma premissa apresentada por MEDEIROS (2006, p.73), ao afirmar que: "..a cidade não é apenas um sistema viário de vias e avenidas articuladas – como se interpreta em engenharia de tráfego – ou a disposição de espaços abertos e fechados em duas dimensões". Por outra, do ponto de vista de Scargill[86], este urbano pode ser visto como "um arranjo de estruturas que emergem do solo em diferentes formas".

Realmente, não se deve reduzir a cidade somente ao seu sistema viário. Porém, nesta investigação, a análise deste sistema é que mais interessa, por ser um objeto mútuo de investigação, ora da engenharia de tráfego, ora do urbanismo. Primeiramente, da engenharia porque interessa estudar neste objeto, como está a sua funcionalidade, em termos de sua mobilidade e acessibilidade veiculares. Em outra perspectiva este objeto mútuo é campo investigativo do urbanismo, mais especificamente do desenho urbano, da morfologia, não de cidades, mas de uma em especial, de características sociais, culturais, econômicas próprias[87]. A teoria que será utilizada e dissecada neste

[86] SCARGILL (1979, p. 43) *op cit*. Referência a diversas cidades dentro do mesmo espaço físico. A cidade subjacente, em questão é a configuracional, advinda da acessibilidade e mobilidade resultante do arranjo de barreiras e permeabilidades aos movimentos.

[87] O estudo da evolução urbana e da configuração da cidade de Fortaleza, capital do estado do Ceará, Brasil, está detalhado no capítulo 5, o estudo de caso.

capítulo, para este fim, em suas raízes conceituais, sua metodologia e técnicas é a Sintaxe Espacial.

Optou-se por verificar como a visão configuracional da cidade interfere e explica, no todo ou em parte, os movimentos veiculares, em dois aspectos específicos: sua funcionalidade e sociabilidade[88]. Para compreensão do leitor, este trabalho segue uma espécie de '*tradução simultânea'* entre as áreas da engenharia de tráfego, dos transportes e a sintaxe espacial, do urbanismo e, para tanto, os verbetes das áreas envolvidas estarão constantemente sendo convertidos.

A visão relacional

Adota-se o mesmo arcabouço conceitual delineado por MEDEIROS (2006) ao enquadrar o seu estudo de cidades. Assim como em seu estudo, para a presente pesquisa interessa a compreensão do *pensamento sistêmico* para a investigação das 'partes' do todo e como 'o todo' contém propriedades que estão além da soma das partes[89]. Portanto, explora-se a visão do espaço de circulação como relacional, subsidiada pelo estruturalismo: não importam apenas os elementos componentes, mas as formas como eles se articulam entre si, estabelecendo semelhanças e diferenças. Esta percepção da 'parte' e do 'todo' permite a detecção de similaridades e distinções de *padrões de movimentação*. Como resultado detecta-se diversas *hierarquias* da malha nas quais são observadas algumas 'predominâncias' e 'carências' de movimentos, delimitando assim a localização de novas e antigas 'centralidades' e suas 'mudanças de posição' ao longo do tempo.

A escala

A escala veicular, sob o espectro de pesquisa, é o foco de atenção. Contudo, carros não se movimentam sozinhos e, neste caso, os condutores (ou motoristas) são os *decisores de viagens*. Como tal, estes decisores estão sujeitos à interferência direta do espaço que os contém. Por intermédio da SE, deste espaço, ou *artefato de análise*, extraem-se os padrões de movimento veicular como um indicativo de tendência. Teoricamente, o desenho deste 'padrão' não é uma preferência orgânica ou mecanicista, porém, na prática a modelagem destes padrões em Fortaleza pela engenharia de tráfego tem sido mecanicista e seqüencial[90].

---

[88] A forma de medição de ambas agrega outras duas áreas de interesse da engenharia de tráfego, que nas hipóteses investigativas explicariam o problema-foco, os congestionamentos. A primeira, a modelagem de fluxos e a segunda, a influência das atividades atratoras de tráfego, mais especificamente, os PGV´s.

[89] Leia-se: 'todo' e 'partes' da malha viária.

[90] O terceiro capítulo explica e exemplifica como a modelagem de fluxos é feita, realizando comparativos à prática de Fortaleza.

Neste contexto, a influência exercida nas decisões de viagens não é somente advinda do espaço da malha em si, mas também das atividades atratoras[91] que nele se agregam e delimitam física e culturalmente o nível de sociabilidade, vivência e co-presença. Esta *delimitação física* define os espaços de convívio das pessoas que a ele se destinam. Por exemplo: "quero ir de carro para o centro da cidade", porque interessa-me acessar lojas na Praça do Ferreira[92], mas não consigo vaga para estacionar meu carro (Usos diversos, aglomerações de atratores).

Em outra perspectiva, os atratores também exercem influência do desempenho sociológico da arquitetura. Por exemplo: "quero ir de carro para a Avenida Beira-Mar", porque interessa-me estacionar meu veículo próximo ao Clube do Ideal[93] (uso para lazer, ponto de encontro da sociedade cearense); Interessa-me contemplar as pessoas próximas ao Shopping Trade Center (uso misto, shopping com lojas e salas comerciais[94]).

O foco, neste capítulo é então, a compreensão do movimento, em seu aspecto relacional no espaço urbano, da maneira como interfere e sofre interferência do arranjo da configuração dos espaços na distribuição dos fluxos dentro de uma cidade. Esta investigação é feita por combinações ora entre: configuração *versus* atratores e configuração *versus* movimentos veiculares. Aos leigos, fica a indagação: e como interpretar o movimento somente a partir da configuração da malha? E quantificá-lo? Isto é possível? A resposta escolhida está na sintaxe espacial.

2.1 Conceitos

O surgimento da Sintaxe Espacial (SE) data dos anos 70[95], na Bartlett School of Architecture, Universidade de Londres e posteriormente, divulgada pelo mundo por

---

[91] Neste trabalho, os termos: *atratores*, *magnetos* e *pólos geradores* são a mesma coisa. A diferença reside na origem dos termos. O primeiro e o segundo advêm da sintaxe espacial e da morfologia como um todo. O último tem origem na engenharia de transportes;

[92] Considerado um shopping a 'céu aberto', ou segundo CARTAXO FILHO (2004) o centro da maioria, o centro da cidade de Fortaleza, não é o centro geográfico ou morfológico como será demonstrado no capítulo quinto.

[93] Clube recreativo, associação e ponto de encontro da juventude e de turistas. Efervescência de movimentos, tanto de pedestres como de veículos. Disputa de espaço de circulação e de convivência, inclusive da marginalidade;

[94] Idem o item anterior, com uma sutil diferença, a noite o uso intenso do espaço para prostituição e drogas. Veículos se aproximam de rufiões, mulheres e traficantes. Durante o dia, é ponto de encontro de executivos da lâmina de escritórios;

[95] Sugere-se para compreensão dos fundamentos da teoria, a leitura de HILLIER, Bill & LEAMAN, Adrian (1972) "A new approach to architectural research", RIBAJ, Dec. 1972. HILLIER, Bill & LEAMAN, Adrian (1974) "How is design possible?", JAR 3/1, Jan. 1974, pp. 4-11. HILLIER, Bill & LEAMAN, Adrian (1976) "Architecture as a discipline", JAR 5/1, March 1976, pp. 28-32, e HILLIER *et al* (1976) "Space Syntax" Enviroment and Planning B, Vol 3, pp 147-185. Basicamente, nestes textos, Hillier apresenta a arquitetura em uma nova visão, como variável dependente e independente. Hillier e seus colegas desenvolveram o *lexico* da sintaxe espacial, caraterizando suas unidades básicas, a que definiu como '*minimum setup*'. Como fonte epistemológica, fundamentou-se nos conceitos diferenciados entre linguagem mórfica e natural, onde na primeira, a sintaxe é maior que na segunda, além de garantir fortemente o seu significado.

meio do livro *The Social Logic of Space*[96], de Bill Hillier e Julienne Hanson, editado em 1984 e re-editado em 2001 (HILLIER & HANSON, 2001). Desde esta época, diversos pesquisadores distribuídos em centros e grupos de pesquisa em todo o mundo têm se dedicado a aprimorar a teoria, seus métodos e técnicas.

A evolução conceitual da SE ocorreu de maneira lenta e gradual, porém consistente e, enquanto teoria, seus preceitos se concentraram em aspectos específicos. Inicialmente, HILLIER & LEAMAN (1972; 1974 e 1976) observaram o poder da abordagem sintática na arquitetura, entendendo-a como disciplina de pesquisa, e não como meio de materialização de outras disciplinas. Ou seja, a partir desta 'mudança' de visão, a arquitetura passa a ser identificada também como variável *independente*, que detém características próprias (variáveis inerentes) relacionais.

Mais adiante, com o artigo de HILLIER *et al.* (1987) "*Creating Life: or, does Architecture Determine Anything*", esta visão é aprofundada. Neste artigo, Hillier tenta responder a duas questões: 1) o desenho do espaço origina conseqüências para o padrão de vida espacial[97] ao qual ela pertence? e; 2) a vida espacial sofre conseqüências da patologia social?

A resposta à primeira questão é claramente arquitetônica. A resposta à segunda questão é mais sociológica. Até aquele momento, algumas tentativas tinham sido feitas para responder à primeira pergunta sem considerar a segunda. Mesmo assim, de forma clara, todo o exemplo do *determinismo arquitetônico* reside na primeira questão. Na medida em que o projeto espacial não tenha nenhuma conseqüência para a vida espacial em um primeiro momento, então o problema da relação entre vida espacial e patologia social estará relacionado apenas aos domínios das ciências sociais. O artigo de Hillier tentava utilizar a *Space Syntax* para dar uma resposta clara à pergunta arquitetônica:

O projeto arquitetônico origina um padrão de vida espacial?

Para tanto, Hillier realizou uma pesquisa amostral de diversas culturas urbanas, traduzidas em mapas axiais de 75 cidades, os quais foram obtidos por meio do

[96] Desde a década de 70, Hillier e Hanson desenvolveram aplicações com base na anterior *teoria dos grafos* a qual tinha e ainda tem sido utilizada para descrever propriedades morfológicas da forma arquitetônica e urbana. Tais aplicações foram continuadas pelos pesquisadores por dentro de um corpo teórico-metodológico com objetivos mais amplos: compreender como a organização social se materializa espacialmente e como o espaço interfere de volta na organização social (Medeiros, 2006,p. 29, *op cit* Krüger, 1989, p. 2);

[97] Vida espacial entendida na fruição e freqüência do espaço utilizado: lazer-muito; trabalho-pouco, etc.

método de sintaxe espacial[98]. O objetivo era de tentar verificar a consistência, variações e co-variações dentre as famílias de parâmetros expressados por diferentes propriedades de configurações em *layouts* axiais[99]. O estudo dos autores foi pioneiro em identificar o que definiram como *modelo de medidas sintáticas*[100] (figura 12).

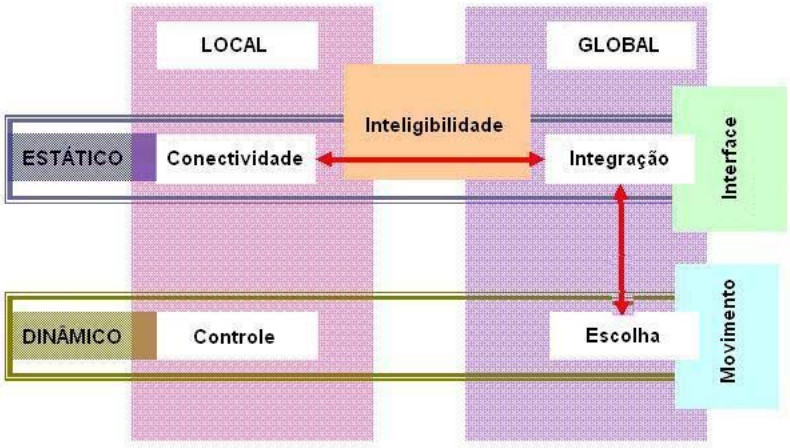


Figura 12. Modelo de Medidas da Configuração Espacial.
Fonte: BANDEIRA (2005), adaptado de HILLIER *et al* (1987)

A evolução conceitual, teórico-metodológica no mundo ocorre desde os anos 70´ e concentra-se em encontros internacionais sobre o tema[101]. Estes encontros, à medida que ocorrem, originam diferentes 'vertentes' investigativas com o uso da SE. Uma destes ramos de pesquisa investiga as relações de reciprocidade entre o espaço e a sociedade, sob aspectos diversos: marginalidade, conforto, segregação espacial, co-presença, etc.

No Brasil, várias universidades em seus programas de pós-graduação têm se utilizado da teoria da SE e contribuído com/para linhas de pesquisas no seu aprimoramento.

Segundo HOLANDA (2002; 2006), a Sintaxe Espacial se define por uma *teoria*, que implica um *método*, além de um conjunto de *técnicas* para análise de configurações espaciais de todos os tipos, principalmente relacionando os *encontros das pessoas* às suas *cidades e construções*[102]. Apesar de existirem várias outras definições[103],

[98] Os sistemas analisados variam entre 13 linhas axiais (uma cidade medieval) e 892 linhas (uma cidade de 1926). Análises preliminares mostraram que as variáveis sintáticas são mais eficazes em "relações sistemáticas entre os diversos compostos urbanos". Como resultado desta análise, foi desenvolvido um modelo que acredita-se ser composto com as medidas fundamentais para a representação axial da forma urbana.
[99] O autor investigou por meio da Sintaxe Espacial se os *layouts* axiais urbanos são variáveis, ora dependentes, ora independentes, além disso, verificaram quais das propriedades de configuração são elaboradas dentro das estruturas dos *layouts* espaciais urbanos e, como estas estruturas variam e co-variam em condições sociais diferentes.
[100] A revisão destas medidas para o estudo em tela tem importância conceitual. Como detectado por Hillier e seus colegas pesquisadores, existe uma distinção entre as variáveis relacionais. Há as que influenciam *estática* e *dinamicamente* os movimentos e, estes, por sua vez, ocorrem em foco *local* ou *global*.
[101] Simpósios internacionais em Sintaxe Espacial, resumidos no site: http://www.spacesyntax.net/symposia/index.htm ;
[102] Segundo Holanda (2003) adaptado de Hillier & Hanson (2001).
[103] A de John Peponis: A SE nos ajuda a analisar os padrões de conexão, diferenciação e centralidade que caracterizam o sistema urbano e as relações entre partes ao todo que as envolvem. [Por exemplo, das vias e o todo da malha ou de um conjunto de vias e toda a malha].

adotam-se aqui a de HOLANDA (2006). O termo *configurações espaciais* diz respeito ao arranjo dos espaços disponíveis e a forma de organização de barreiras e permeabilidades (neste estudo, respectivamente, as edificações e as vias) que definem estes espaços e suas relações entre si: adjacência, proximidade, acessibilidade, etc.

Entenda-se por *encontros* das pessoas os diversos fenômenos sociais que os envolvem, como por exemplo, de que forma as pessoas se reúnem e dividem os espaços para co-existirem, interagirem, seja estática (o uso dos lugares) ou dinamicamente (os movimentos). Em termos de desempenho arquitetônico, estes *encontros* podem ser observados sob diversos *olhares* ou *aspectos, dimensões.* Já o termo: *´às suas cidades e construções´,* incluem *onde* e em que *escala* estes *encontros* e seus respectivos fenômenos acontecem, ora no espaço urbano, da escala da cidade, ora no espaço edilício, construído, podendo ser uma sala ou todo um edifício. Ao passar dos anos, os pesquisadores da SE em diversas áreas (historiadores, engenheiros, arquitetos em maioria, e outros) vêm aprimorando este conceito e definindo novos *olhares* metodológicos e técnicos[104].

2.2 A Arquitetura enquanto disciplina

2.2.1 Teoria

SE e a Teoria da Arquitetura

A SE tem contribuído em parte para novos conceitos sobre a Teoria da Arquitetura, bem como a compreensão desta como um campo cientifico especifico a qual é parte integrante de pesquisas adotadas no presente estudo de doutoramento. Adota-se aqui a compreensão de *arquitetura como disciplina,* pertencente a um campo cientifico próprio, como ciência humana, com o desenvolvimento de um campo de reflexão especifico - o da arquitetura de cidade – com suas teorias, métodos e técnicas que lhe são próprias. A compreensão de arquitetura aqui adotada não é reducionista, como se tem encontrado tradicionalmente na literatura[105], a qual explica a arquitetura por suas determinações climáticas, topográficas, de materiais, estruturais, econômicas, etc. Ou

[104] Adota-se aqui a evolução seguida por Holanda tendo como referência suas publicações pertinentes: as notas de aula da disciplina Teoria do Conhecimento e dos Espaços Construídos (HOLANDA, 2003) e o texto Arquitetura Sociológica 1 e 2 (HOLANDA, 2006; 2007). Detalha-se a seguir, a linha investigativa adotada, culminando na investigação por um destes *olhares,* o do planejamento de tráfego.

[105] Embate conceitual sobre a arquitetura como disciplina está detalhadamente contido no texto Arquitetura Sociológica. A origem do texto remonta a discussões ocorridas no Encontro Nacional da ANPUR em Salvador, maio de 2005. Por ocasião da Sessão Coordenada “Territorialidades e espaços urbanos e regionais: ‘novas’ abordagens teóricas” onde ressurgiu o tema *arquitetura como disciplina.* Na essência estavam as questões: a arquitetura tem o direito de reivindicar um lugar no panteão das disciplinas científicas?... É possível enxergar na literatura publicada no Brasil e alhures indícios de que a construção de uma nova *ciência* encontra-se em marcha?.Na época, ninguém na Sessão defendeu o status de *ciência específica* para a arquitetura. Frederico Holanda demonstra que existe uma visão equivocada da arquitetura, ou ‘parcial’, mais observada como variável *dependente*.

seja, na literatura tradicional, a arquitetura vem sendo compreendida como variável dependente de outros aspectos comumente abordados por disciplinas como a sociologia, economia, estruturas, plástica, história, etc. Desta forma, sua interpretação é de um campo *dependente* de outras disciplinas para existir.

Holanda (2006) defende a arquitetura enquanto variável *independente*, por meio de visões epistemológicas[106] que implicam o bloqueio do avanço do conhecimento sobre importantes aspectos da realidade. Para compreensão, apresenta-se o a figura 13 abaixo, onde o pesquisador sugere duas 'bifurcações' que explicam a teoria.

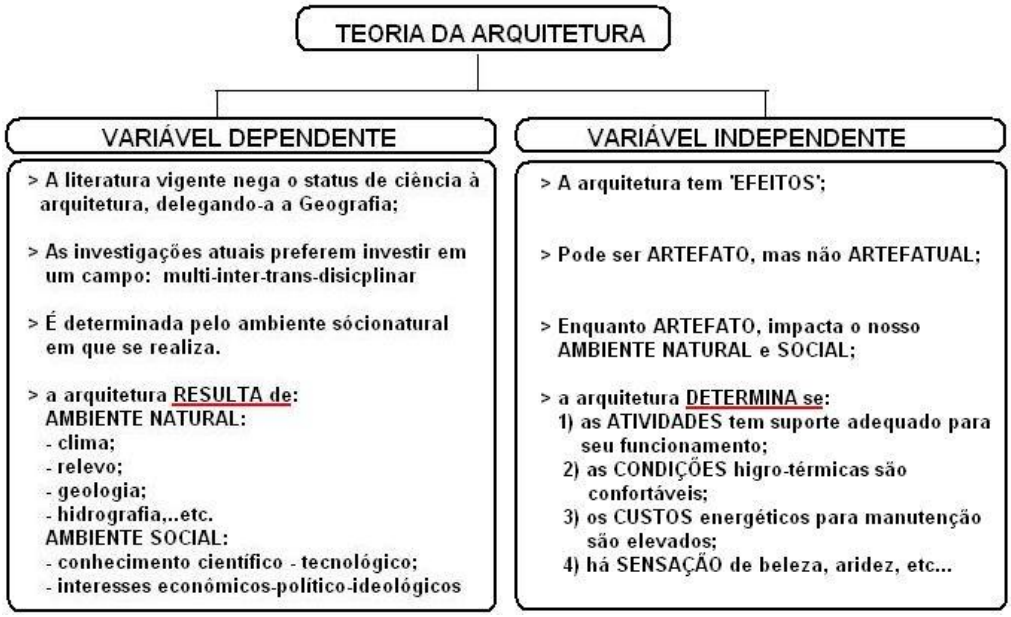


Figura 13. Esquema epistemológico da teoria da arquitetura.
Fonte: Adaptado de Holanda (2006).

Concordando com Holanda, a primeira 'bifurcação' teórica neste estudo, adota arquitetura como variável *independente*. Além disto, adota-se na mesma subdivisão, enquanto artefato independente, de como a arquitetura (leia-se: espaço de circulação) *impacta* o espaço social quando *determina* se as atividades têm suporte adequado para seu funcionamento.

Como artefato independente a arquitetura *determina* que sensações de 'bem estar' ou de 'mal estar' surgem ao se deslocar aos/nos espaços viários de uma cidade[107]. Outra 'bifurcação' teórica é a adoção da arquitetura como variável *independente*, adotada no presente estudo, é a que Holanda define, descrita na figura 14.

[106] Visões científicas ou teóricas do conhecimento.
[107] A sintaxe espacial é antiga teoria, em termos mundiais e recente teoria, no Brasil, que reconhece a arquitetura como variável independente e investiga as dimensões morfológicas que o espaço arquitetônico determina.

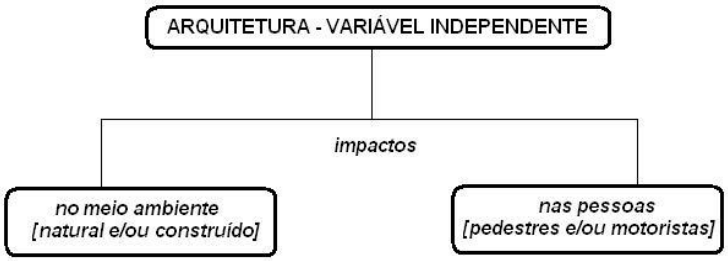


Figura 14. Bifurcação teórica da arquitetura – variável independente.
Fonte: Adaptado de Holanda (2006).

Nesta subdivisão de campo investigativo da arquitetura, enquanto variável *independente*, neste estudo, interessa contribuir com estudos sobre os impactos sobre as pessoas, ora como pedestres (escala humana), ora como motoristas (escala veicular). Então se indaga: e o conceito de arquitetura, como fica ao incluí-la como variável *independente*? Como este conceito vinha sendo compreendido até então? Qual a contribuição da SE neste sentido? Estando esta contribuição devidamente identificada, qual sua participação na presente pesquisa na explicação do fenômeno dos *congestionamentos*?

2.2.2 O Corte Epistemológico e a SE.

Para compreender como a SE tem contribuído como uma nova visão da *arquitetura e do urbanismo* faz-se necessário explicar previamente, quais as mudanças conceituais, teóricas e metodológicas que conduziram à pesquisa na escolha da SE para este trabalho.

Arquitetura: visão conceitual

Adota-se o corte conceitual em desenvolvimento pelo grupo de pesquisas DIMPU. A mudança reside nas proposições iniciais desenvolvidas por HOLANDA *et al* (1995) [108], posteriormente aprimoradas por HOLANDA (2006), em *Arquitetura Sociológica*[109]. Neste artigo, o autor alerta para o equívoco de se compreender a arquitetura de forma parcial, unilateral, ou *reducionista*, como até hoje, ainda vem sendo encontrado na literatura. Para Holanda e o DIMPU, fica estabelecido que:

1) Todos os edifícios são arquitetura, não apenas os que revelam uma certa "intenção" (contradizendo Lucio Costa[110];);

[108] O texto é desenvolvimento do trabalho "Sobre o conceito de arquitetura". *Anais do Seminário Nacional – O Estudo da História na Formação do Arquiteto*. São Paulo: FAUSP/FAPESP, 1995, pp. 196-203.
[109] Nota de aula da disciplina Teoria do Conhecimento e dos Espaços Construídos, do Curso de mestrado e doutorado da PPG/FAU/UnB, ano de 2006.
[110] Como afirma Holanda (2006): 'contradizendo Lucio Costa': "A mais tolhida das artes, a arquitetura é, antes de mais nada, construção, mas construção concebida com o propósito de organizar e ordenar plasticamente o espaço e os volumes decorrentes, em função de uma determinada época, de um determinado meio, de uma determinada técnica, de um determinado programa e de uma determinada intenção" (COSTA, L., 1980, *apud* GOROVITZ, M. , 2006). Holanda (2006) afirma: *"É evidente que Lucio Costa refere-se a intenções estéticas, implicando "boa qualidade estética". Abraçamos, contudo a idéia de que todos os edifícios têm um desempenho estético – se bom ou mau são*

2) O espaço produzido por meio de um saber implícito, inconsciente,popular, é tão legitimamente arquitetura quanto o produzido pelo saber explícito e reflexivo (contradizendo Bill Hillier[111]);

3) O espaço externo de ruas e praças é arquitetura, não apenas o espaço interno das edificações (contradizendo Evaldo Coutinho[112]);
4) Finalmente, a paisagem virgem, natural, intocada pelo homem, tem uma configuração formal-espacial (adiante conceituada) passível de análise e avaliação enquanto arquitetura, tanto quanto o espaço artefatual (contradizendo a vasta literatura onde "arquitetura" é considerada apenas como lugar construído pelo homem[113]).

Configuração da forma-espaço

Herda-se o conceito da configuração formal-espacial desenvolvida inicialmente por Evaldo Coutinho *apud* Holanda[114]: 'a arquitetura tem "componentes-meio" (os elementos "escultóricos", os "cheios", os "sólidos", a "*forma*") e "componentes-fim" (os "vãos", os "vazios", os "ocos", os "*espaços*")'. Holanda adverte que a teoria e a história da arquitetura têm se detido mais nos "componentes-meio": a volumetria, a composição das fachadas, texturas, cores, materiais, etc, e têm esquecido, ou relegado ao segundo plano os "componentes-fim", o espaço.

Concordando com Holanda, realmente os "componentes-meio" pertencem especificamente à linguagem escultórica, caracterizando uma prática arquitetônica 'capenga'[115] e que tem se concentrado mais na estética dos objetos, na representação física, sólida, com características de: ora *monumentalidade,* mais em nível urbano e ora de *modismos*, mais em nível de ambientes edificados (arquitetura de interiores).

---

outros quinhentos; o mau desempenho não deve eliminar o edifício da "família". Com isso as razões do mau desempenho ficam de fora da reflexão disciplinar necessária. Carece entender porque há épocas em que alguns edifícios são feios e outros belos, e há outras em que a feiúra é característica fundamental da época – parece que estamos numa destas...)".

[111] *Idem***,** contradizendo Hillier: "A arquitetura começa quando os aspectos configuracionais da forma e do espaço, pelos quais os edifícios se transformam em objetos culturais e sociais, são tratados não como regras inconscientes a serem seguidas, mas são elevados ao nível do pensamento consciente, comparativo, tornando-se desta maneira objeto de atenção criativa" (HILLIER, Bill. *Space is the machine*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996, p. 45-6. A citação é tomada do Capítulo 1 do livro, o qual tem por título, precisamente na linha de Lucio Costa, "O que a arquitetura acrescenta à construção". Hillier desloca o foco da realidade empírica da arquitetura para o seu processo de feitura. Sua redução convence ainda menos porque a ênfase não é estética, mas sociológica, foco dominante da teoria da *sintaxe espacial*. As pesquisas têm demonstrado que, em "aspectos sociológicos" fundamentais (ver abaixo), pouco difere a arquitetura anônima da "erudita".

[112] *Idem***,** contradizendo Evaldo Coutinho: a arquitetura enquanto veiculadora de uma *visão de mundo*. Para ele apenas o *espaço interno* constitui a arquitetura porque aqui todos os atributos espaciais são controlados para comunicar uma filosofia – o que menos no espaço aberto que, por tal, não tem controlados, da mesma maneira, luz, som, temperatura, aromas. (COUTINHO, Evaldo. *O espaço da arquitetura***.** Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1970.)

[113] Formulação inspirada em COUTINHO (*op. cit.*): a arquitetura tem "componentes-meio" (os elementos "escultóricos", os "cheios", os "sólidos" a "forma") e "componentes-fim" (os "vãos", os "vazios", os "ocos", os "espaços", os elementos por excelência da linguagem arquitetônica). Aqui, "configuração formal-espacial" implica a estrutura do conjunto dos dois tipos de componentes.

[114] Em HOLANDA (2006: p.6);

[115] Peço desculpas pelo termo, porém, sem desmerecer os colegas ambientadores ou os arquitetos de interiores, mas a arquitetura não é só isso! Olhem mais para o espaço que criam, para as suas relações interpartes e menos para os objetos!

Ao contrário, neste trabalho, interessam os elementos por excelência da linguagem arquitetônica, os "componentes-fim", os *espaços de circulação*[116]; ruas, avenidas, praças, parques, na cidade; lugares abertos na paisagem natural[117]. Portanto, não é o objeto-espaço que diferencia a análise, mas o *olhar* que nele 'se debruça'. Para os arquitetos, o olhar tem sido mais *estético* ou *aditivo* de outras áreas, da economia, da geografia, da psicologia, sociologia, e menos ainda, relegada ao último plano, das exatas (*engenharias*).

A arquitetura e seus 'olhares'

O espaço, seja ele na escala edilícia ou urbana, contém *movimentos*. Em suma, estes movimentos, vêm sendo analisados, pelas ciências exatas, no caso, a engenharia de tráfego, sob um determinado *olhar*, de forma apurada e exaustivamente detalhada[118], caracterizada como transporte *motorizado* (veículos) ou *não-motorizado* (pedestres e ciclistas). Contudo, nestas análises, os *espaços* não são avaliados entre si. A linha investigativa adotada neste trabalho avalia estes espaços desta forma.

Porém, esta avaliação é feita sob outros critérios de análise, os seus *aspectos de desempenho*, aqueles definidos por Holanda (2006: p.4). Estes *aspectos* compõem a *taxonomia* que alimenta um *corpo teórico* de conhecimento específico – o da *disciplina arquitetura*, apresentados na tabela 5. Para que estes *fenômenos* possam ser devidamente identificados e compreendidos devem ser desenvolvidos *códigos* entre dois tipos de elementos, os *atributos da forma-espaço*, e os *aspectos de desempenho* da arquitetura.

Tais *códigos*[119] podem ser construídos quando da identificação de algum *fenômeno* a ser analisado. Segundo Holanda (2006, p.5) a identificação deste fenômeno poderá ser feita segundo *valores* de análise. Estes *valores* podem ser: *universais* (*e.g.*: todos

---

[116] Apesar da classe de arquitetos não ser muito unida, muitos desconhecem que vários colegas arquitetos trabalham em projetos geométricos de vias, seja em órgãos municipais, estaduais, federais, sejam em universidades (como o autor) e escritórios de consultoria. Na maioria, são tratados como meros *desenhistas*.

[117] Corroborando com Holanda (2006: p.3): "Afinal, é neles que estamos imersos!". Os componentes-fim, os espaços, caracterizam-se por localização relativa ante outros espaços a implicar certas topologias, permeabilidade ou fechamento, transparências ou opacidades, valores de luz e sombra, ruídos, temperatura, movimentos do ar, aromas. "Meios" ou "fins", não podemos ignorar que somos afetados por uns e outros ao nos apropriarmos dos lugares. Por outra, neste trabalho, se aceita também que os espaços naturais, assim como os construídos pelo homem, *são arquitetura*, a depender de sua *feição.*

[118] O olhar de análise é dissecado no capítulo 3. Resumidamente, esta ótica é tradicionalmente diferente da análise morfológica, tem cunho mecanicista, seqüencial e operacional. Na pesquisa, argumentamos que não, que ambos os *olhares* são complementares, e não divergentes!

[119] Segundo Holanda (2006: p.5): "Códigos arquitetônicos são de amplitude diversa, a depender do aspecto: 1) há os *universais* – *e.g.* exigências quanto às características visuais dos lugares, de modo que os gravemos facilmente em nossa mente, são idênticas para todos os seres humanos dado nosso aparelho perceptivo comum; 2) há os *grupais* – *e.g.* a configuração dos lugares impacta expectativas sociológicas que são historicamente determinadas, no tempo e no espaço; cada classe social têm seu código; 3) há os *individuais*: lugares impactam esteticamente a gente em função de valores que podem ser pessoais e intransferíveis – a empatia que sinto por um exemplo arquitetônico é função da similitude entre minha visão de mundo e a subjacente ao lugar, contida na configuração formal-espacial.

identificam[120] a cidade de Paris pela Torre Eifel), *grupais* (*e.g.:* alguns identificam[121] um bairro por seus limites culturais – Pelourinho, Salvador, BA), ou *individuais* (*e.g.:* identifico meu espaço de circulação ou minha rota por critério, por exemplo, artístico e subjetivo (*e.g.:* gosto de passar por este caminho porque ele me relembra a minha infância).

Tabela 5 Aspectos taxonômicos de análise arquitetônica[122].
Fonte: Holanda (2006: p. 4).

Aspecto	Descrição – perguntas:
Aspectos funcionais	• O lugar satisfaz as exigências práticas da vida cotidiana em termos de tipo e quantidade de espaços para as atividades, e seu inter-relacionamento?
Aspectos bio-climáticos	• O lugar implica condições adequadas de acústica, iluminação e temperatura, umidade, velocidade e pureza do ar?
Aspectos econômicos	• Os custos de implementação, manutenção e uso dos lugares são compatíveis com o poder aquisitivo das pessoas implicadas?
Aspectos sociológicos	• A configuração da forma-espaço (vazios, cheios e suas relações) implica maneiras desejáveis de indivíduos e grupos (classes sociais, gênero, gerações etc)? • È possível localizar-se nos lugares e de se mover por eles? • Existem condições desejadas para encontros e esquivanças interpessoais, e para visibilidade do outro? • O tipo, quantidade e localização relativa das atividades implicam desejáveis padrões de utilização dos lugares, no espaço e no tempo?
Aspectos topoceptivos	• O lugar é legível visualmente?
Aspectos afetivos	• O lugar tem uma personalidade afetiva? • Como ele afeta o estado emocional das pessoas?
Aspectos simbólicos	• O lugar é rico em elementos arquitetônicos que remetam a outros elementos, maiores que o lugar, ou a elementos de natureza diversa – valores, idéias, história?

De acordo com HOLANDA (2006): "a tarefa da teoria é estabelecer as categorias analíticas relativas às duas famílias de elementos. Contudo, cabe frisar: a cada aspecto corresponderá certo número de categorias analíticas, no âmbito da arquitetura e no âmbito das expectativas sociais". Então o leitor pode estar a perguntar: por que incluir o fenômeno dos *congestionamentos* nesta investigação? Não é uma área de domínio da engenharia de tráfego? A resposta reside na compreensão do que é *tráfego*[123] diferentemente do que são *viagens*! Ao contrário do que pensa a comunidade arquitetônica, para a engenharia de tráfego, os movimentos podem ser modelados sim, simulados segundo parâmetros próprios, mas não os da arquitetura, fato que este estudo se propõe a contribuir! Outra observação utilizada aqui é específica, o dos atributos da forma-espaço e:1) como estes interferem nos movimentos (veiculares), e; 2) de como satisfazem/não satisfazem as expectativas humanas de boa acessibilidade na/a certos *lugares e/ou atratores* na área de

[120] Desempenho *simbólico* da cidade que representa a França, ou seja: qual a expectativa que as pessoas (todas) têm de como identificar bem a cidade de Paris?
[121] Os Desempenhos: topoceptivo e sociológico: O IPHAN pode adotar para delimitar o bairro do Pelourinho, por exemplo, por suas existências culturais: os ritos, a conjunção de bares e casas `tombadas`. Outros grupos, como turistas não-baianos, podem adotar outros critérios de identificação. Por Holanda (2006: p. 5): Códigos topoceptivos relacionam forma e disposição de marcos visuais na cidade (um lado) e condições para a orientabilidade (outro lado);
[122] Portanto, *arquitetônica* tem o mesmo sentido de *forma-espaço, lugar-espaço,* ou simplesmente *espaço*.
[123] Tráfego = quantidade de veículos (todos) se deslocando. Viagens = qualidade do tráfego, por tipo de modal (carro,moto,etc) de uma dada origem a um dado destino;

estudo[124]. Portanto, seguindo a estrutura conceitual delineada, chega-se ao conceito de *arquitetura*[125], base para compreensão ampliada do escopo de estudo:

> ***Arquitetura*** *é lugar olhado como instrumento de satisfação de expectativas funcionais, bioclimáticas, econômicas, sociológicas, topoceptivas, afetivas, simbólicas e estéticas, em função de valores que, a depender do aspecto, soem serem universais grupais ou individuais.*

Do exposto, extraem-se elementos e seus códigos a serem investigados neste estudo:

1. O lugar: o espaço urbano (área critica de congestionamentos em Fortaleza)
2. Desempenho: expectativas: *funcionais* e *sociológicas* (acessibilidade global-local)
3. Aspectos: atributos da forma-espaço (de circulação veicular)
4. Valores: grupais (da população: usuária do espaço de circulação e: da AMC, órgão municipal de gestão de tráfego de Fortaleza)

Atributos

Os *atributos* da forma-espaço podem ter dois tipos de descrições: a *convexa* e a *axial* e três tipos de combinações entre estas descrições, originando as relações: axial-axial, axial-convexa e convexo-convexa. Este trabalho lida somente a primeira combinação, a qual serve de base de obtenção de variáveis que compõem a metodologia proposta ao estudo de caso. Mais diante, em função da extensa literatura sobre a Sintaxe Espacial na análise *axial-axial*, são selecionadas somente as publicações mais pertinentes ao problema investigado a serem utilizadas na metodologia, justificando-se o seu uso no escopo da teoria. Em relação à evolução do conceito, nomenclatura e obtenção dos espaços *convexo* e *axial*, estes vêm mudando ao logo dos anos, desde a criação da teoria nos anos 1970. Para a revisão dos primórdios dos conceitos e das descrições recomenda-se a leitura de HILLIER & HANSON (2001). Já em relação à metodologias e variáveis aplicáveis neste trabalho são utilizados conceitos mais recentes que se adequam parcial ou totalmente à metodologia proposta.

2.3 A Axialidade e suas vertentes

Dentre as diversas correntes de pesquisa na análise *axial-axial* são apresentadas duas vertentes investigativas utilizadas na composição da metodologia: as *Linhas de Continuidade* (LC´s) e a Análise Angular de Segmentos, ou como é mais conhecida na

[124] No capítulo 3, o leitor pode encontrar vasta revisão da literatura de como são modelados os movimentos veiculares e mais especificamente, em quais lugares e atratores estes movimentos ocorrem na área de estudo.
[125] Adota-se o conceito de arquitetura definido por Holanda (2006: p.5), evitando conceitos reducionistas anteriores. Mais adiante, ver-se-á como este conceito acolhe a investigação em curso.

língua inglesa, *Angular Segment Analysis* (ASA). Finaliza-se com uma derivação da ASA, a interface com os fluxos de tráfego, denominadas *Road Center Lines* (RCL´s).

2.3.1 Linhas de Continuidade

Em seu trabalho, MEDEIROS (2004), afirma que a representação axial seria o menor conjunto das mais longas linhas de acessibilidade e visibilidade. Além de outros problemas[126], a realização do mapa implica um grau de subjetividade que pode resultar em diferentes modelos para um mesmo objeto descrito: cada pesquisador 'desenha' a linha axial segundo 'sua melhor escolha' de posicionamento da linha criada (figura 15).

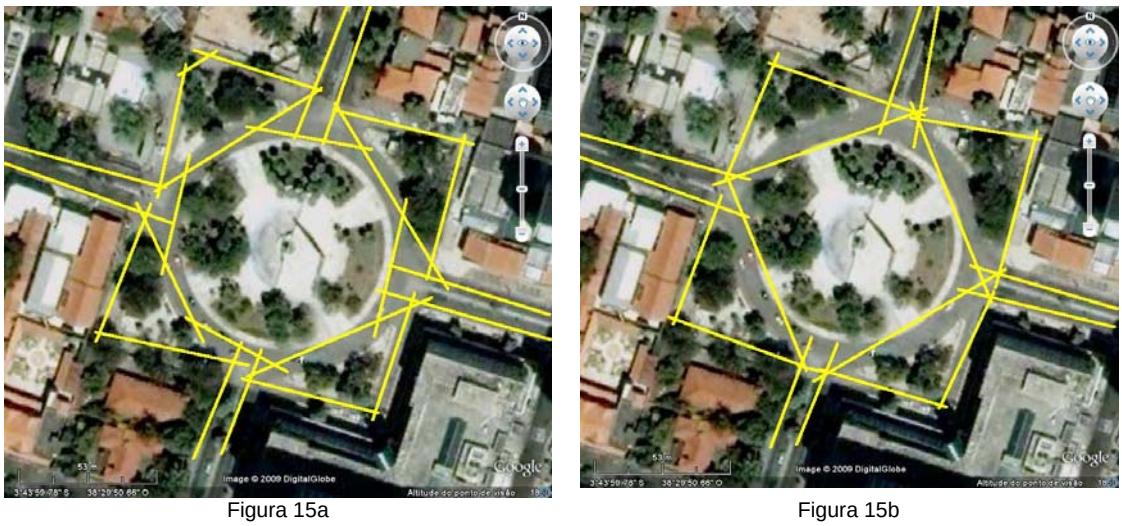


Figura 15a Figura 15b

Figura 15. Duas possibilidades de mapas axiais para um mesmo sistema de barreiras, Praça Portugal, Fortaleza, Ceará.

O mesmo sistema de barreiras pode adotar diferentes traçados ou linhas axiais (fig.15a e 15b). As diversas possibilidades na forma de representação resultam em medidas sintáticas diferentes e aplicações com certas restrições. Como uma espécie de '*upgrade*' metodológico, Medeiros propõe uma melhoria nesta representação com a criação e uso das *linhas de continuidade*.

Ele argumenta que o artefato arquitetônico – espaço de forma isolada, o arranjo de suas barreiras e permeabilidades, ordena o espaço e seus movimentos, conduzindo seus ocupantes a circularem segundo seu padrão de organização, independente das funções atribuídas a estes espaços.

[126] Medeiros (2004), criticou o sistema axial em três aspectos: abstração, subjetividade e excessivo número de segmentos, contrariando a maneira como de fato entendemos uma malha urbana.

Este arranjo é percebido pelo domínio do observador sobre o artefato urbano, sendo uma característica de sua estrutura física, ou ordem geométrica. Por outro lado, define por estrutura não-geométrica aquela relativa ao espaço utilizado e sua organização.

Medeiros utiliza estes termos conceituais no melhoramento da técnica de axialidade em seu trabalho, explorando a ordem geométrica, de como o observador (caminhante, pedestre ou motorista) reconhece e 'domina' o espaço que percorre , descrevendo-o por sua organização. Neste trabalho, da mesma forma, interessa descrever o espaço e sua organização e como estes conduzem seus usuários nos movimentos na malha, porém até certo limite de uso das LC´s. Como exposto no terceiro capítulo, os fluxos veiculares vêm sendo modelados segundo a influência dos fluxos entre si.

Esta pesquisa contribui para agregar uma nova descrição da influência da organização da malha na ocorrência destes fluxos e as LC´s são utilizadas parcialmente neste sentido.

Um segundo e importante conceito é o de *espaço*. Segundo Medeiros (2004, p.23), "a palavra *espaço* por vezes, é utilizada para construir a idéia de uma coisa em si mesmo, como um *container* para outras coisas, um lugar ou mesmo um território delimitado. Em outras, ela reflete a idéia de relação, como uma distância ou o vazio formado por um conjunto de objetos". O autor cita três tipos de descrições de *espaço*: o absoluto, o relativo e o cognitivo (tabela 6).

Tabela 6. Descrições do espaço.
Fonte: Adaptada de Medeiros (2004).

ESPAÇO ABSOLUTO (e-absoluto)	ESPAÇO RELATIVO E RELACIONAL (e-relacional)	ESPAÇO COGNITIVO (e-cognitivo)
Um *container infinito* para todos os objetos existentes	Existe como *relação* entre objetos (RELATIVO) e contém e está contido nos objetos (RELACIONAL)	Como é compreendido pelo indivíduo segundo o aparato biológico que possui.
Aspectos essenciais dos espaços	Aspectos relacionais entre espaços	Aspectos relacionais entre espaços e pessoas (como os conhecem)
Corpos que podem ser mensurados e quantificados	Relações que podem ser mensuradas e quantificadas	Relações segundo níveis de percepção
Abordagem orientada à *estrutura*	Abordagem orientada à *organização*	Abordagem orientada à *organização sob ótica do observador*
Aspectos subjetivos são ignorados	Aspectos subjetivos são considerados	Aspectos subjetivos/coletivos são considerados
Constitui o paradigma *mecanicista*.	Constitui o paradigma *sistêmico.*	Constitui o paradigma *mecanicista.*
Fenômeno independe do observador	Fenômeno relativo ao observador	Fenômeno contém o observador

No espaço absoluto interessam informações sobre a sua estrutura (tempo e métrica) e não das relações. No e-absoluto, os fenômenos *independem* de quem os observa. Já

no e-relacional interessam informações sobre o padrão de organização (como os espaços estão organizados entre si) e suas relações (proximidade, adjacência, pertinência, permeabilidade, percepção, etc). No e-relacional, os fenômenos *dependem* das relações entre os espaços. Neste caso da pesquisa, os *congestionamentos* ocorreriam com a influência dos próprios espaços, pois os condutores e, ou pedestres, escolhem suas rotas segundo critérios relativos ao domínio (conhecimento) dos espaços de circulação.

Por fim, no e-cognitivo interessam informações que são capturadas pelo(s) observador(es), segundo o aparato biológico que dispõem (audição, tato, visão, olfato e gustação) e os fenômenos *dependem* das relações entre os espaços e as pessoas. No caso da presente pesquisa, acredita-se que os *congestionamentos* ocorreriam por influência tanto das pessoas quanto dos próprios espaços, pois os condutores e/ou pedestres escolhem suas rotas segundo critérios relativos a ambos, de forma ponderada e mutável. A escolha é feita segundo a maneira como as pessoas entendem o espaço da cidade a partir de critérios previamente estabelecidos[127].

A modelagem destes espaços também é abstrata e refere-se à sua *organização*, constituindo-se por um paradigma *sistêmico*. O e-cognitivo, em etapa posterior, foi categorizado por O´SULLIVAN (2000, p. 30). (ver tabela 7) como:

Tabela 7. Categorias do espaço cognitivo (e-cognitivo)
Fonte: Adaptado de Medeiros (2004) apud O'Sullivan (2000, p. 30).

CAMADA	ESPAÇO COGNITIVO	Quantidade de informação	Necessidade de movimento
1: Espaço figurativo	Que contém os objetos do dia a dia – menor em projeção do que o corpo humano;	Bem maior	Bem menor
2: Ambiente imediato	Que pode ser apreendido visualmente a partir de um único ponto;	Maior	Menor
3: Ambiente ao redor	O qual não pode ser apreendido totalmente sem locomoção e que inclui as áreas visíveis ou acessíveis;	Menor	Maior
4: Ambiente além da experiência direta	tal como um bairro, cidade ou região.	Bem menor	Bem maior

Sendo assim, no caso dos *congestionamentos* influenciados pelos movimentos na malha viária da cidade, está relacionada às camadas 3 e 4, respectivamente, o *Ambiente ao redor* e, o *Ambiente além da experiência direta*. Isto posto, o motorista (condutor) seja ele visitante (população flutuante) ou morador (viva na cidade) perceberá a malha e a dominará espacialmente nestas duas categorias e escalas. Já os *espaços cognitivos* 1 e 2 estão mais relacionados ao pedestre. Estes conceitos

[127] Minhas referências podem ser marcos paisagísticos (físicos: um edifício, uma ponte, uma avenida, etc) da cidade, ou o conhecimento da malha e seus congestionamentos, tentando evitá-los, ou ainda, prefiro gastar mais e percorrer um caminho mais longo, porém seguro;

sobre o *espaço cognitivo, ordem geométrica e não-geométrica,* compõem teoricamente o que Medeiros trabalhou em termos práticos na construção das linhas de continuidade.

Para tanto, Medeiros centrou foco na maneira como a descrição axial é feita e acredita que seu melhoramento e, a extração das variáveis sintáticas, passa necessariamente pela escolha do tipo de descrição axial do espaço. O entendimento desta forma de escolha para o espaço de circulação faz-se importante para compreender os motivos de sua utilização na modelagem realizada no quinto capítulo. No mapa axial (figura 15), o sistema contínuo de espaços abertos gerados pelas ilhas de edificações urbanas ou leito viário é representado por um conjunto de linhas axiais – entidades descritivas primárias que representam linhas de acessibilidade e visibilidade, as quais são raios visuais emitidos pelos motoristas/condutores (figuras 16 e 17).

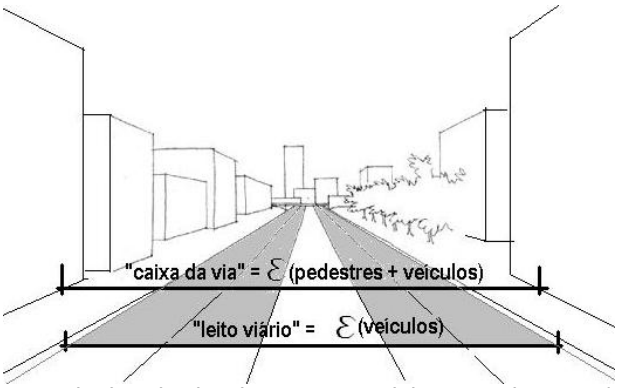
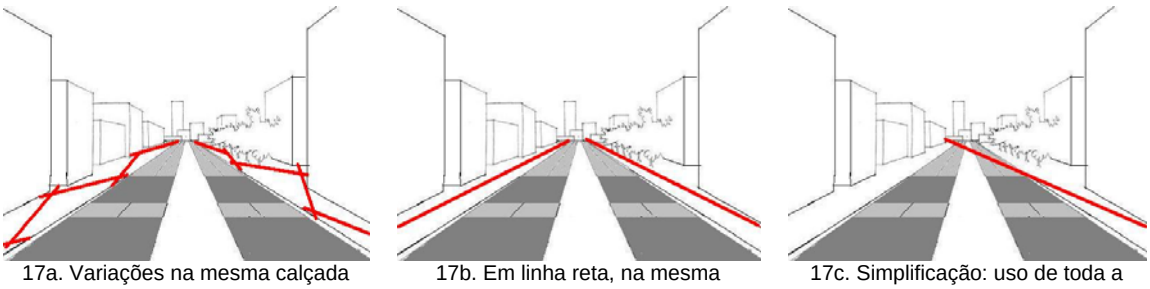


Figura 16. Exemplo de *raio visual* no espaço axial para pedestres e/ou veículos.
Fonte: Adaptado de Medeiros (2004, p.57).

A depender do tipo de movimento, para que o espaço seja 'descrito' axialmente por estes raios visuais, necessário se faz definir os seus limites físicos. No exemplo da figura 16, em um espaço denominado de 'canteiro central', um pedestre dispõe de um *raio visual*, exatamente posicionando-se no centro da via, com foco final na linha do horizonte delimitada pelo edifício ao final da rua que interrompe seu raio visual, impedindo-o de ir 'além'[128]. A depender de 'quem' executa o movimento, o espaço (raio visual) a ser descrito também é delimitado. Como visto na introdução deste trabalho, o *efeito primário* do deslocamento, ocasionado pela disposição das barreiras e permeabilidades aos movimentos cria um sistema de encontros dos pedestres e/ou veículos[129], a depender da utilização da caixa da via ou o leito viário. Desta forma, por

[128] Neste trabalho as linhas axiais consideram os canteiros centrais das vias e por isso destaca-se a forma de representação neste momento.
[129] O termo '*encontros veiculares'* deve ser compreendido como ação de disputa de espaço de circulação, traduzidos em *transtornos de tráfego!*

conseqüência, ter-se-ão representações destes espaços por linhas axiais diferentes (figura 17).



17a. Variações na mesma calçada | 17b. Em linha reta, na mesma calçada | 17c. Simplificação: uso de toda a caixa da via

Figura 17. Exemplos de *linhas axiais* para pedestres.
Fonte: O autor, adaptado de Medeiros (2004, p.57).

Por definição, o mapa axial: "é formado pelo menor conjunto de linhas retas que atravessa e interconecta todos os espaços abertos do sistema, representando várias linhas de acessibilidade e visibilidade de caminhos, ruas, avenidas, praças e parques num sistema unidimensional" (MEDEIROS, 2004: p. 34). Na prática, seguindo o conceito de Medeiros, adotou-se a situação 17c, levando-se a crer que para uma descrição axial de movimentos de pedestres, toda a caixa da via é utilizada, caracterizando uma simplificação. Esta simplificação foi a utilizada no mapa da figura 15.

Em termos de sua pesquisa, Medeiros admitiu a movimentação de *veículos* e adotou o desenho das linhas axiais segundo a "*caixa da via*"[130]. Em termos metodológicos, definiu as Linhas de Continuidade com a hipótese de que – *as linhas de continuidade aprimoram o sistema axial com base nos seus próprios fundamentos*. Sua investigação teve como crítica o próprio sistema axial e seus pressupostos cognitivos. O autor agrupou os problemas de desenho e interpretação subjetiva na criação das linhas axiais em: *Abstração, Subjetividade, Linhas longas* e C*aminhos curvos*[131].

O problema da *Abstração* consiste em ter resultados de medidas sintáticas semelhantes com a utilização das mesmas quantidades de linhas para o desenho de malhas diferentes, não obstante, a *forma de conexão* entre estas linhas se apresente, por exemplo, pela variável *conectividade*, de maneira diferente (figuras 18 e 19).

[130] A pesquisa de Medeiros difere desta em curso em relação ao desenho das linhas axiais. Neste trabalho optou-se pelo desenho das linhas axiais segundo o leito viário, onde somente os veículos são os elementos que se movem no caso do fenômeno estudado, os *congestionamentos*.
[131] Para maiores detalhes ler Medeiros (2004);



Figura 18. Problema da *Abstração*. Fonte: Medeiros (2004, p.44).

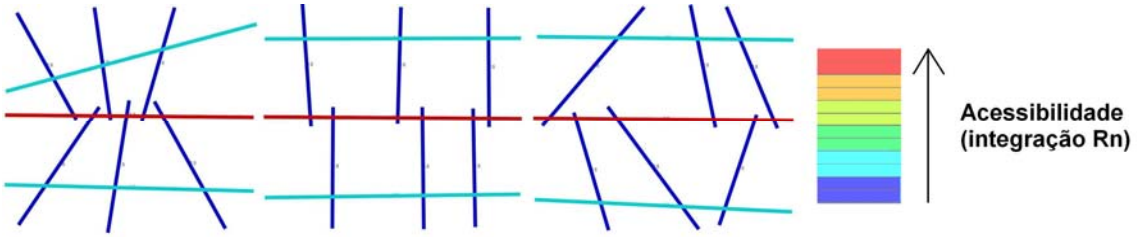


Figura 19. Problema da *Abstração* para a variável de conectividade. Fonte: O autor.

O problema da Subjetividade consiste em se ter o desenho manual de conexões de axiais por diferentes maneiras e isto resultar, diferentes medidas sintáticas (não obstante o mesmo espaço descrito (figuras 20 e 21).

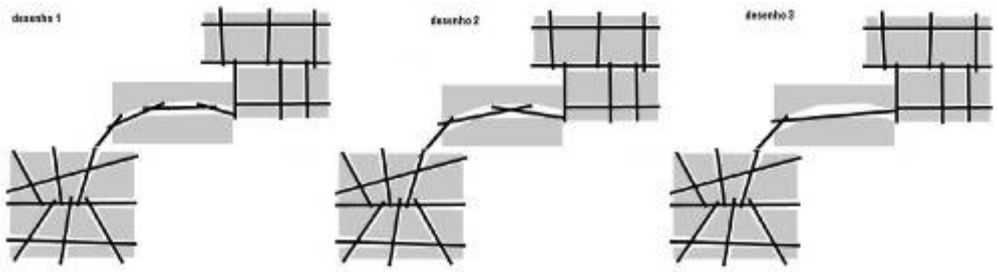
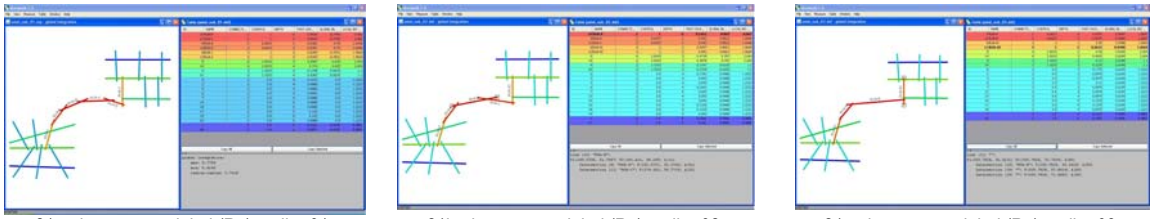


Figura 20. Problema da *Subjetividade*. Teste de mapas axiais.



21a - integração global (Rn),malha 01. 21b - integração global (Rn),malha 02. 21c - integração global (Rn),malha 03.

Figura 21. Problema da *Subjetividade* - integração global (Rn),malha 01.
Fonte: O autor, obtido no *software MindWalk* 1.0.

Como a representação axial simula a capacidade de visibilidade, acesso e mobilidade entre espaços convexos, contínuos e pré-definidos pelo analista, o problema das Linhas Longas consiste na limitação do observador em alcançar visualmente a totalidade da extensão de uma via por uma única linha axial. Ele o faz desconsiderando os obstáculos físicos do percurso como a topografia e espaço construído e a possibilidade de variações angulares de deslocamento dentro da via.

Por fim, o problema dos Caminhos Curvos, ao contrário das linhas longas, consiste na distorção dos valores das medidas sintáticas, na medida em que o traçado é mais

recortado e mais linhas axiais têm que ser desenhadas. A lógica é que o uso de trechos retilíneos, em percursos curvos, pode 'mascarar' a continuidade da rota e ocasionar mudanças nas medidas sintáticas globais, constituindo em caso específico do problema da subjetividade.

Com base na superação destas críticas e apoio metodológico nas técnicas de Conroy, Dalton e Turner[132]: a Análise Angular, e Thomson[133] e os Traços Lineares, Medeiros desenvolveu as Linhas de Continuidade.

Para o desenho das linhas, Medeiros (2004, p.56) utiliza a consideração de Dalton (2001, p.6) em que mudanças angulares próximas aos quinze graus (~15^{o}) não são percebidas conscientemente, enquanto que mudanças em torno de noventa graus (~90^{o}) são consideradas atos conscientes de navegação, ou seja, o motorista mudou a sua rota, ou sua 'unidade espacial' [por atingir outro destino final ou intermediário]. Para estabelecer esta faixa angular, Medeiros adotou ângulos-limite, resumidos na tabela 8.

Tabela 8. Ângulos – limite.
Fonte: Medeiros (2004, p.58)

Ângulo-limite	Descrição
15º	Não é percebido como mudança de direção e, por conseguinte, não há mudança de 'unidade espacial'.
35º	Ângulo de referência. É uma mudança de direção, mas não um ato
Maior que 60º	Mudança de direção e mudança de 'unidade espacial'.

Portanto, os agrupamentos de linhas com poucas variações angulares, pré-estabelecidas pelo analista, não originam novas entidades descritivas, apenas delimitam uma 'unidade espacial' onde o motorista mantém certa regularidade de direção, mas não de seu sentido (norte-sul, leste-oeste, etc.).

Na definição de sua unidade espacial, Medeiros emprega o que conceituou como ângulo de continuidade para os intervalos das polilinhas, ou linhas de continuidade: "O ângulo de continuidade entre duas linhas de acessibilidade é o ângulo entre um prolongamento linear imaginário de uma delas e a outra" (Figura 22).

[132] Para melhor compreensão, Ler Turner (2000;2001); Dalton (2001;2003) e Conroy (2001)
[133] Idem, Thonson (2003);

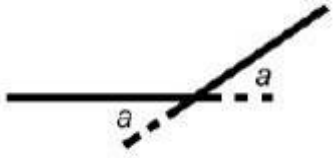


Figura 22. Ângulo de Continuidade *a*.
Fonte: Medeiros (2004, p. 60).

Sendo que este ângulo (*a)*, é comparado ao ângulo-limite (a_L*)* adotado[134]. Sempre que *a* for menor que a_L *(* $a < a_L$*),* significa que ambas as linhas devem ser compreendidas como uma única linha. Estas linhas são agrupadas segundo regras recursivas básicas[135] das LC´s e são contabilizadas com as linhas à frente que estejam na mesma situação originando uma única entidade descritiva, ou seja, uma única '*unidade espacial'* (exemplos das linhas em negrito na figura 22). Em função desta observação, a *linha de continuidade (LC)*, definem-se por:

> *"... entidade descritiva que agrega todas as linhas axiais que representam a mais longa continuidade de uma dada linha axial, respeitando-se o ângulo de continuidade máximo adotado e escolhendo-se sempre os menores ângulos de continuidade possíveis para a agregação".* (Medeiros, 2004, p. 60).

Medeiros utilizou as regras das LC´s, e desenvolveu um software escrito na linguagem Java, denominado MindWalk136. Todas as variáveis sintáticas[137] (medidas sintáticas) existentes na teoria da Sintaxe Espacial foram inseridas no software, além das novas decorrentes das LC´s, criadas pelo autor. Esta pesquisa utiliza este programa e parte de suas rotinas em etapa metodológica específica para a cidade de Fortaleza, pois se acredita serem mais indicadas para a detecção de hierarquias de movimentos veiculares. Seu uso reside também na facilidade do cálculo de uma lista de mapas, com valores de precisão (aproximação[138]) e de agregação (ângulos-limite) pré-estabelecidos, além da fácil obtenção de medidas sintáticas primárias (ou tradicionais)

---

134 Medeiros sugere novos estudos para definição do ângulo-limite, com a realização de testes de campo para validação.

135 O detalhamento das regras básica de agregação estão disponíveis no Anexo X deste trabalho.

136 Na época chamava-se *MindWalk XSpace* e continha muitos erros de programação. Site: http://www.mindwalk.com.br (último acesso, 19/02/08, 03:15). Licença acadêmica, livre para download. Atualmente é utilizado pelo grupo de pesquisas DIMPU, da UnB, bem como por seus pesquisadores, em todo país;

137 Para compreensão das medidas sintáticas, recomenda-se a leitura dos trabalhos referenciais de HILLIER & HANSON (2001, cap.3), HOLANDA (2002) e MEDEIROS (2004, p.36-40, p. 65-66). E, para o uso de *softwares* envolvidos nesta pesquisa, indica-se a leitura do dos *sites* de disponibilização para *download*.

138 Segundo MEDEIROS (2005), define *aproximação* ou *margem de aproximação* a técnica computacional para ignorar pequenas distâncias entre interseções e evitar "trivial rings" (Hillier e Hanson, 1984, p. 102).

e secundárias (as das LC´s: agregação, sinuosidade e curvamento[139]) utilizadas em uma das etapas da metodologia.

Dentre as hipóteses confirmadas por Medeiros destaca-se a que é utilizada nesta pesquisa, a de que a adição das LC´s ao sistema axial reforça a relação entre aspectos essenciais da estrutura e a organização espacial descrita, revelando mais facilmente hierarquias de fluxos. Além disto, acredita-se que no caso de Fortaleza, por conter diferentes traçados e 'costuras' entre malhas, seja possível revelar eixos e diferentes núcleos de integração no mesmo mapa (teste dos valores de ângulo limite e precisão), a depender do tipo de agregação e número de conversões pré-estabelecido.

2.3.2 Análise Angular de Segmento - ASA

Outra técnica utilizada neste trabalho é a Análise Angular de Segmentos, ou ASA. A técnica de construção e interpretação de mapas de segmentos axiais surgiu como uma derivação da anterior Análise Angular (AA), utilizada por Medeiros. Sua teoria ainda está em construção e aprimoramento, e seus autores, Alasdair Turner e Conroy Dalton, gentilmente disponibilizaram material explicativo em duas fontes básicas: dois artigos dos simpósios de sintaxe espacial e os manuais inseridos no *software* que utiliza a técnica e que inclui suas variáveis e comandos de manipulação, o *DepthMap*. Além destas fontes iniciais, buscaram-se obter outras que melhor explicassem a técnica em visões de outros autores[140].

Trabalhos de TURNER (2005, 2007) trazem à tona a inserção de novas opções de representação do espaço axial, e questiona: *por que da não utilização dos links de transportes na representação sintática, visto* estes serem amplamente utilizados e disponíveis, em muitos países que utilizam Sistemas de Informações Geográficas (SIG´s)?

A utilização dos links de transportes, ou arcos e nós de redes de modelagem UTMS[141], são definidos por Turner (2005) como *Road-Center-Lines (RCL´s)*. Na realidade, não necessariamente, as RCL´s são linhas que se localizam no eixo das vias (topologia linha), mas em maioria estão dispostas desta forma (figura 23). As RCL´s devem ser

[139] Tais medidas são detalhadas no anexo 2.1. Destas, somente interessou à pesquisa a variável *agregação*;

[140] Com este objetivo, pela dificuldade em obter as fontes e a técnica estarem em desenvolvimento na Europa, submeteu-se um pedido de contribuição de outras fontes ao *space syntax mailbase*. Nesta página há uma lista de discussão que contempla um grupo intermitente de estudos em sintaxe espacial (http://www.jiscmail.ac.uk/lists/spacesyntax.html, último acesso em 22/02/2008, as 04:51).

[141] A revisão da modelagem UTMS, *Urban Transportation Modelling Systems,* ou modelo 4 etapas, está detalhadamente descrita no capítulo terceiro deste trabalho;

obtidas ‘entre’ os espaços das quadras (linhas mais espessas da figura 23), em que seus nós (pontos na cor preta) devem estar inseridas entre os limites de início e fim dos links de tráfego (pontos vermelhos). Assim, pode-se ter de um a *n* segmentos dentro dos mesmos links nas RCL´s.

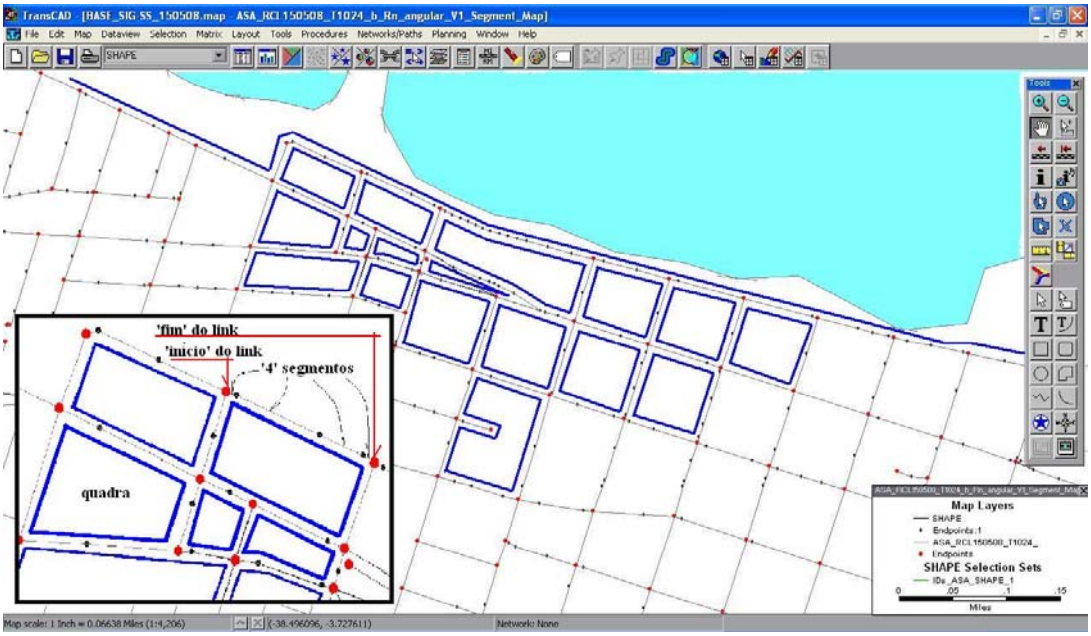


Figura 23. Base RCL´s de Fortaleza, com links/arcos e nós da modelagem UTMS e ASA
Fonte: o autor, obtido no s*oftware TransCAD*.

Em sua revisão, Turner (2005, p.1) lembra que a maior diferença entre as redes de RCL´s e as redes axiais é que as RCL´s são linhas [axiais] fracionadas em junções ou nós (figura 23). Por conseqüência, as medidas de correlação tendem a variar em função da distância física entre nós e não somente das *mudanças de direção* extraídas pelas redes de linhas axiais (da AA).

Turner propõe como solução entre o dilema *distância métrica versus distância topológica*, a utilização das mudanças angulares entre segmento axiais[142]. Para retratar este procedimento, Turner realizou um estudo comparativo em uma amostra anterior, que já tem mais de dez anos de obtenção, a área de Barnsbury, ao Norte de Londres. Em paralelo, o estudo apresenta também as etapas executivas do algoritmo de processamento que resultaram em melhores correlações entre os segmentos normalizados e os dados de fluxos veiculares, em comparação às linhas axiais tradicionais e àquelas que adotaram a Análise Angular.

[142] O autor argumenta que existem fortes indicações teóricas e cognitivas de abordagem, embora poucos estudos neste sentido tenham sido feitos (quando muito, em pequenos exemplos).

Verificou-se que esta normalização dos segmentos realmente comprova melhores resultados da variável *betweenness* (da teoria dos grafos), ou *choice* na linguagem sintática em relação à tradicional *integração.* Os resultados demonstram ser um modelo melhor para movimentos, mas ainda insipiente, segundo os críticos, sob o ponto de vista teórico[143].

A fragmentação das linhas axiais, em segmentos, tem abordagem investigativa diversa dos *traços lineares* de Thomson ou as *linhas de continuidade* de Medeiros. A vantagem, pelo menos demonstrada com o estudo de Turner, é de que até 2,5km de extensão, as RCL´s (segmentos axiais) parecem ser mais bem aplicadas, ficando as LC´s (as polilinhas axiais) mais atraentes para grandes malhas, na captura de variáveis globais e hierarquias.

RCL´s - Premissas

Segundo Turner (2005, p.1), todos os estudos anteriores têm enfatizado inconsistências fundamentais na representação axial. Alguns centraram forças na ciência da informação geográfica[144], como os trabalhos de JIANG & CLARUMUNT (2002)[145], de BATTY (2004)[146], e de CUTINI *et al* (2004)[147]. Embora tais estudos tentem automatizar a captura de aspectos da estrutura da malha em si, e formar novas representações topológicas de áreas urbanas, os valores resultantes de medidas sintáticas não foram satisfatórios em alguns exemplos, levando a se questionar o seu uso representativo. Turner questiona se 'outras' representações não poderiam, apesar de resultados diferentes, apresentarem ganhos na não-interferência do analista-

---

143 Apesar das diversas críticas, Bill Hillier ainda mantém a representação axial como uma 'aproximação' da natureza subjacente do espaço do ponto de vista de seu ocupante (Turner, 2005,p. 2, *apud* Hillier, 2003). De fato a lógica original para a construção das linhas axiais e espaços convexos formalizaram aspectos dos sistemas "*stringy*" e "*beady*" (Hillier & Hanson, 1984). A interpretação desta lógica está, segundo Hillier, sob domínio do observador (caminhante) e não do analista (de quem se coloca como observador), daí atribuição das limitações dos sistemas.

144 Não confundir com os Sistemas de Informações Geográficas, SIG´s, pois este último envolve a aplicação da Ciência da Informação Geográfica, e tem foco em estudos de caso e pouco em algoritmos.

145 Os autores inserem o GIS e a SE juntos em um pacote (plug-in) denominado *Axwoman*, desenvolvido por Nick Dalton da University College London, e que é executado no software *Arcview* da *Esri (http://www.esri.com)*. Para obter informações dos pesquisadores, recomenda-se a leitura do site: http://www.hig.se/~bjg/Axwoman.htm (último acesso: 25/02/2008, as 16:06). Na época seu concorrente nos estudos de Sintaxe espacial era o Axman, disponibilizado pela *Space Syntax Laboratory (*http://www.spacesyntax.org/software/macbundle.asp último acesso em 25/02/2008,as 16:16) para a plataforma Macintosh, comum na comunidade acadêmica européia. O trabalho de pesquisa de uso integrado entre a SE e os SIG´s (ou GIS), tem evoluído bastante. Contudo, a comunidade carece de programas com este intuito, que possibilitem uma maior robustez de processamento a uma maior portabilidade entre plataformas: Java Virtual Machine, C, C++, que sejam executadas tanto em ambiente Windows quanto em ambiente Mac.

146 O autor procurou articulares as relações entre as **junções** (encontro das linhas axiais) e das **linhas axiais** em si. Ou seja, as ruas e suas junções, ou, no verbete de transportes, suas interseções. Para tanto, utiliza dois processamentos algorítmicos, o problema ***primal*** baseado nas relações e medidas sintáticas da SE, e, o problema ***dual*** sobre as interseções das vias. Os autores utilizaram o software *Mapinfo 6.5 Professional*, e suas rotinas de técnica de interpolação de superfícies.

147 Os autores trabalharam com o pacote computacional de SIG *ArcGIS* simultaneamente com os modelos configuracionais da SE. Além disso, a pesquisa favoreceu uma melhor visualização da interface GIS com os modelos da SE. As fontes não foram obtidas, portanto não foi possível fazer uma crítica ao trabalho.

cartógrafo (de quem desenha a malha). Daí a sugestão: por que não tentar o uso das RCL´s?

RCL´s – conceitos e metodologias

RCL´s - conceitos

As RCL´s, ou *Road Center Lines*, nada mais são que as *linhas de eixo* das vias, ou, comumente conhecidas no planejamento de tráfego, como '*eixos'*, *arcos* ou *links* de tráfego, cujos encontros entre si originam *junções*, ou '*nós'* de interseção. Segundo Turner, por sua posição no 'leito viário', as RCL´s podem ser utilizadas para o processamento da Análise Angular de Segmentos.

A proposta 'herda' a topologia dos links de tráfego (anexo 1), pela conversão de diferentes formatos (.dwg,.dxf,.dbd,.shp) em arquivos tipo '.mif' (*MapInfo Interchange File*), que trazem para o formato '.*graph' do Software* de SE *Depthmap*, todas as informações de tráfego e outras que sejam associadas a cada *link*, que correspondem na prática, à linha de tráfego por quadra ou acessos. Os *links*, ou arcos, passam a ser segmentos axiais e, como tal, podem ser submetidos à Análise Angular de Segmentos, ou ASA (anexo 2).

Antes de conceituar a ASA, iniciemos pelo conceito da AA, Análise Angular: "em essência, a AA usa grafos ponderados para calcular medidas sintáticas diferentes daquelas medidas-padrões (de primeira ordem), anteriormente calculadas sem ponderação alguma" (TURNER, 2001, tradução). Esta ponderação, em termos práticos, é a soma dos ângulos que definem um determinado caminhamento do pedestre/motorista, dividido pelo número total de trechos (linhas).

Já a Análise Angular de Segmentos (ou Angular Segment Analysis - ASA) demonstrou recentemente ser uma nova possibilidade de uso dentro da SE. Do conceito (Turner, 2005, p.3), "a ASA 'quebra' as linhas axiais em segmentos, [ou importa os *links* de transportes e os transforma em segmentos] e assim calcula a soma dos ângulos tomados, nestes segmentos, desde o ponto de início da rota, [a origem] até o [último ponto, o destino] dentro do sistema (malha)" (adaptado de Turner, 2001).

Esta *soma angular* é tratada como um *custo* ou *penalidade* da rota escolhida entre as linhas axiais segmentadas e obviamente que o caminhante irá decidir pelo caminho de

menor custo/penalidade calculado, para ir de sua origem ao seu destino[148]. Estudos testaram o uso da ASA com tais penalidades e os resultados foram animadores. Iida & Hillier (2005) apresentaram boas correlações entre a ASA e os movimentos (veículos e pedestres) em quatro áreas de Londres, adicionando as fontes levantadas no bairro de Barnsbury (Penn & Dalton, 1994).

Apesar destes resultados, o uso da ASA ainda está teoricamente carente de interpretação. O foco tem sido mais matemático (dos algoritmos) do que motivos teóricos que justifiquem sua utilização. Uma das respostas levantadas por Turner (2005, p.3) é a da *cognição*. Trabalhos como os de Sadalla & Montello (1989) e Montello (1991)[149] são elencados por Turner (2005, p.3) para justificar o aspecto cognitivo da ASA. Segundo esses teóricos, a mudança de direção no caminhamento tem tudo a ver com a maneira como motorista percebe e capta o espaço enquanto seu veículo percorre sua rota. Do ponto de vista da SE, outras visões de cognição são defendidas por Turner, como os trabalhos de Penn & Dalton (1994)[150], que aplicam a teoria dos 'ratos agentes', ou simplesmente *agentes*[151]. Para este trabalho, por delimitação metodológica e foco, aborda-se somente o uso da análise axial associada à ASA na utilização das Road Center Lines – RCL´s.

Neste sentido, pesquisas mais recentes de DALTON *et al* (2003) demonstraram que as pessoas (em transporte motorizado ou não) tendem a minimizar os ângulos de conversão (ou mudança de direção) à medida em que se deslocam para um determinado destino. Além disso, Turner (2000) propõe uma maneira a qual utiliza a *análise angular*, porém aproveitando o processamento dos *agentes* e aplicando-a a *teoria dos grafos*. Assim, Turner, propôs a medida denominada "*betweenness*", conhecida no meio sintático como "*choice*".

---

[148] Como amplamente discutido, no capítulo terceiro deste trabalho, os 'custos' ou 'penalidades' são conceitos advindos do planejamento de tráfego em malhas, da engenharia de transportes. Tais conceitos diferem da visão da morfologia sobre estes segmentos que são compreendidos por outros termos. Na engenharia, a origem e o destino são pré-definidos em zonas de tráfego. Na SE, elas são inexistentes, o tipo de penalidade é que muda. No primeiro,são custos econômicos, operacionais.Na SE, são configuracionais, como será abordado neste item.

[149] Ambos tratam da *cognição* do caminhante ante ao espaço que percorre/contém. O segundo diz respeito à influência da angularidade da rota e a orientação espacial de pedestres navegando em ambientes urbanos. Uma amostra de 60 pedestres foi captada em três locais na mesma vizinhança. Os entrevistados foram compelidos a identificar marcos 'não-visíveis' em representação cardinal e por características topoceptivas do ambiente. As respostas de erros foram mais evidentes em marcações numéricas de distância e em vias oblíquas. Os resultados demonstram que a orientação ambiental depende em parte da angularidade da rota e que o efeito da desorientação é devido à distorção de memória ou à imprecisão dada ás rotas oblíquas.

[150] Penn & Dalton (1994)," *The Architecture of society: stochastic simulation of urban movement*, in *N. Gilbert and J. Doran (eds.), Simulating Societies: The Computer Simulation of Social Phenomena*, UCL Press, London, pp. 85-125.
Capítulo de livro de difícil obtenção, não foi revisado neste trabalho. Contudo, outras fontes específicas sobre a aplicação do método de simulação de movimentos por *agentes* (ou *Agent Base Modelling* – ABM) foram também encontradas em artigos de sintaxe: PENN,A. & TURNER,A._(2002); TURNER,A. *et. al* (2005), bem como na área de computação, em: STYLIANOU,S. *et al*.(2004), SRBLJINOVIC,A. & SKUNCA, O. (2003); Eric Bonabeau (2002);

[151] Segundo Turner: "agentes programados com regras para orientá-los através do labirinto urbano" (tradução).

Segundo Turner, a variável *betweenness,* ou *choice,* funciona da seguinte maneira: "para todos os pares de possíveis origens e destinos são desenhados os caminhos mínimos, ou rotas mínimas"[152]. Durante o processamento, quando um 'nó' é percorrido durante um caminho OD, seu valor da variável *choice* é incrementado, levando a ocorrência de 'nós' mais ou menos 'visitados'[153]. Assim, o processamento da ASA considera partes das vias, entre as junções ou nós, que, segundo críticas, estes incrementos elevam o *custo* ou *penalidade de caminhamento.*

Em atualização investigativa, o trabalho de Dalton *et al* (2003) *apud* Turner (2005) aponta que a metodologia ASA pode ser aplicada além da análise axial. Inicialmente, pensou-se que a dificuldade na aplicação da análise axial utilizando as RCL´s seria contra-indicada devido ao fato das RCL´s 'quebrarem' as linhas (vias) em intervalos ou *segmentos*, unidos por junções, o que se esperava resultar em problemas. Uma das formas de solução é a transformação dos *segmentos* em *entidades contínuas*, unindo-os em uma direção (Thomson, 2003, e Medeiros, 2004).

Em seqüência são apresentadas as principais medidas sintáticas obtidas com as RCL´s e a ASA que são utilizadas na etapa metodológica deste trabalho: a Medida de centralidade Mean Depth (ou *closeness*) e a Medida de centralidade ponderada Mean Depth Segment Length Weigth**.** Como serão vistas mais adiante, estas variáveis representam melhor a identificação de malhas mais ou menos profundas (densas) possibilitando ponderar cada segmento sintático pelo seu comprimento, envolvendo simultaneamente aspectos topológicos e métricos nos deslocamentos.

Medida de centralidade – Mean Depth (closeness)

A primeira variável da metodologia ASA teve dois momentos de nomenclatura. A profundidade média, ou em inglês *Mean Depth*, foi definida inicialmente em Turner (2005) sendo posteriormente alterada, em termos matemáticos, à medida denominada *closeness*, em Turner (2007). Ambas são a mesma coisa[154]. Adota-se aqui uma mescla dos artigos de Turner (2005:2007) para detalhar esta variável. Inicialmente, a medida *closeness* tem origens nos estudos de teoria dos grafos em Sabidussi (1966), os quais são citados por Turner (2007, p.543). Seu cálculo para a SE é feito com outro

[152] No jargão de planejamento de tráfego, são originadas matrizes OD, Origem- Destino. Este procedimento acaba por 'ocultar' ou minimizar as mudanças bruscas de direção e assim evita a associação de *custo* ou *penalidade* ao conjunto de segmentos, que unidos, conduzem, embora em pequenas variações angulares, o caminhante (pedestre/motorista) a uma única direção, desconsiderando a influência das junções (ou 'nós').

[153] Turner alerta que muitos pesquisadores têm percebido que a variável *choice* é mais indicada para melhor representar um modelo 'intuitivo' de movimento que a variável *integração* para sistemas mais densos (muitas vias);

[154] No *software Depthmap* 6.08, utilizado nesta pesquisa, a *closeness* aparece como *Mean Depth* no 'menu' lateral esquerdo do programa, e surge após a requisição de processamento da análise de segmentos.

nome, a *Mean Depth, MD,* ou profundidade média[155]de cada segmento. Este cálculo é aplicado em uma fórmula de relativização, dado pela equação 1.

$$\overline{D_\theta}(x) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} D_\theta(x, i) \qquad (1)$$

Onde:

$D_\theta(x)$ = MD, ou '*closeness' de x, ou* medida de centralidade de um segmento-origem;
$D_\theta(x,i)$ = distância angular entre *x* e *i*;
i = segmentos-'de passagem' envolvidos no caminho mínimo;
x = segmento-origem;
n = total de segmentos. Com: $i \neq x$.

Para efetuar as ponderações dos segmentos das RCL´s Turner (2005) aplicou a estratégia da interpolação de ângulos (normalização) entre 0^o (zero graus) e 180^0 (cento e oitenta graus) adotada por Hillier e Iida (2005), exposta na tabela do anexo 3 e na figura 24. Adotando-se uma pequena malha fictícia, constituída por quatro segmentos (advindos de RCL´s): **A, B, C** e **D**, expostos na figura 24, e seus respectivos grafos justificados (*j-graphs*), calcula-se a ***profundidade média*** (*Mean Depth*), ponderando-se o movimento **A-B** (*j-graph*) com o valor correspondente ao ângulo de conversão do segmento A para o segmento B, no caso igual a 45^0. Passo seguinte, idem para o movimento **B-C** de conversão do segmento B para o segmento C, no caso de 60^0. Resultando na figura 24, grafo à esquerda.

No Anexo 3, os valores normalizados são, respectivamente: **45^0 = 0,500**; **60^0 = 0,667** e **62^0 = 0,689**. Ou seja, no movimento **A-B** o valor angular calculado é de 0,500 e no movimento **B-C**, (sempre a partir da origem 'A') é de 0,500 + 0,667 = 1,167 e, no movimento **A-D** é de 0,689, correspondente ao valor normalizado para o ângulo de 62^0. Com isto tomando-se a figura 24, a esquerda, com os segmentos A,B, C e D (ver equação 2), tem-se um cálculo de *closeness,* ou Profundidade Média (*Mean Depth*) em **A**, de:

$D_\theta(A)$ = MD_A ou '*closeness' de A, ou* medida de centralidade de A;
$D_\theta(A,B)$ = distância angular[156] entre *A* e B;
$D_\theta(A,C)$ = distância angular entre *A* e C;
$D_\theta(A,D)$ = distância angular entre *A* e D;
C,B e D = segmentos 'de passagem' envolvidos no caminho mínimo;
A = segmento-origem;
3 = total de segmentos.

[155] MD é igual à média do caminho mínimo angular do dos segmentos envolvidos em um par O-D.
[156] As distâncias angulares estão no anexo 3.

$MD_A = D_\theta(A) = [D_\theta(A,B) + D_\theta(A,C) + D_\theta(A,D)] / 3$ (2)
$MD_A = D_\theta(A) = [(0,500) + (1,667) + (0,689)] / 3$:.
$MD_A = D_\theta(A) = 0,785$

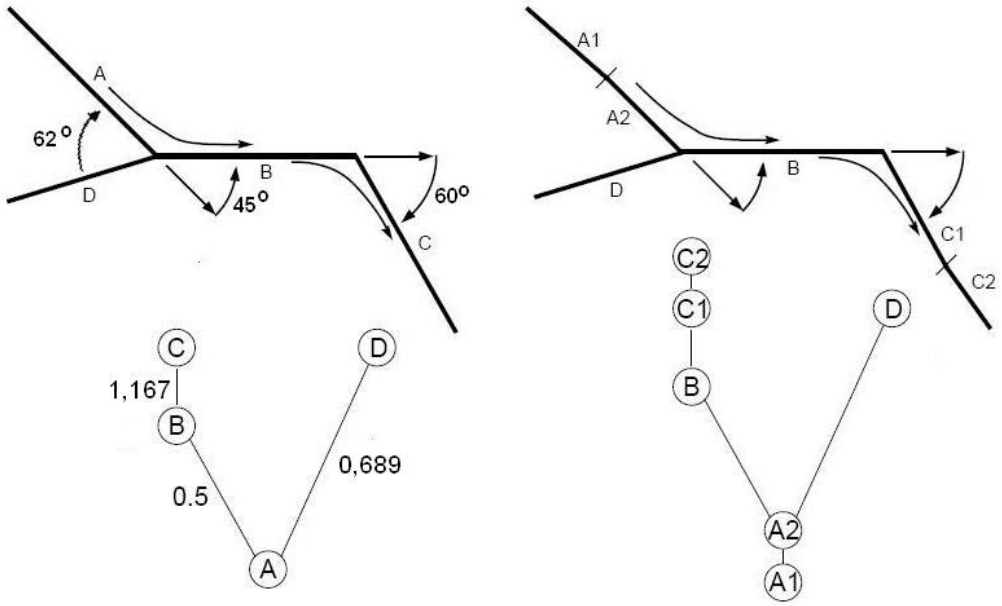


Figura 24. Exemplo de malha com análise ASA em RCL´s.
Fonte: Adaptado de Turner (2005, p.4: 2007, p.4 e 2008[157]).

Contudo, Turner sugere a 'quebra' dos segmentos A e C supondo que fossem trechos de quadras de RCL´s (figura 24, lado direito). O calculo da profundidade média (*Mean Depth*) a partir de A é outro, pois inclui novos segmentos: C_1, C_2, A_1 e A_2. As medidas dos novos ângulos e distâncias dos segmentos estão na figura 25. Ao tomarmos o novo cálculo da profundidade média, a partir do novo segmento, A_1, tem-se uma alteração da soma dos pesos angulares (*angular sum*) (equação 3):

(A1-A2) + (A2-B) + (B-C1) + (C1-C2) + (A2-D), onde: (3)

$(A1\text{-}A2) = 4^0$
$(A1\text{-}B) = (A1\text{-}A2) + (A2\text{-}B) = 4^0 + 45^0$
$(A1\text{-}C1) = (A1\text{-}A2) + (A2\text{-}B) + (B\text{-}C1) = 4^0 + 45^0 + 60^0$
$(A1\text{-}C2) = (A1\text{-}A2) + (A2\text{-}B) + (B\text{-}C1) + (C1\text{-}C2) = 4^0 + 45^0 + 60^0 + 6^0$
$(A1\text{-}D) = (A1\text{-}A2) + (A2\text{-}D) = 4^0 + 62^0$

Ou seja,

(A1-A2) = 0,044
(A1-B) = (A1-A2) + (A2-B) = 0,044 + 0,500

[157] Mensagens de e-mail compartilhadas com o autor Alasdair Turner, com notas de esclarecimentos sobre as figuras e o método adotado. Algumas falhas na escrita foram detectadas, mas o método em si foi validado e está em uso neste trabalho. Agradecimentos a atenção do professor Turner e do colega Lucas Medeiros, por sua ajuda neste trecho da pesquisa. Segue: Fri, 7 Mar 2008 20:38:06 +0000 / De: "Alasdair Turner" a.turner@ucl.ac.uk/ Para: "Antônio Paulo de Hollanda Cavalcante" apaulo@det.ufc.br/ Assunto: Re: Request about your papers. *" Dear Antonio, Thank you very much for your email. You have found a mistake in the paper. Originally, I had used 75 degrees as my example, but changed it to 60 for an easier angle in the papers, but it seems I forgot to change the addition. You are quite right that 60 degrees should be 0.6667 and the total for a 45 degree turn followed by a 60 degree turn should should be 1.1667. I am sorry this has lead to confusion, and thank you for your correction. Best regards, Alasdair."* ; Apesar do novo erro, de 1,1667 para 1,167, e do ângulo entre A e D de 62^0, foram feitas as devidas correções;

(A1-C1) = (A1-A2) + (A2-B) + (B-C1) = 0,044 + 0,500 + 0,667
(A1-C2) = (A1-A2) + (A2-B) + (B-C1) + (C1-C2) = 0,044 + 0,500 + 0,667 + 0,067
(A1-D) = (A1-A2) + (A2-D) = 0,044 + 0,689

Resultando nas seguintes somas de pesos por segmento:

(A1-A2) = 0,044
(A1-B) = (A1-A2) + (A2-B) = 0,544
(A1-C1) = (A1-A2) + (A2-B) + (B-C1) = 1,211
(A1-C2) = (A1-A2) + (A2-B) + (B-C1) + (C1-C2) = 1,278
(A1-D) = (A1-A2) + (A2-D) = 0,733

Dividindo-se a soma dos pesos pelo número de segmentos ponderados, tem-se o valor de *closeness*, ou profundidade média (*Mean Depth*) por 'rota' (ou caminho topológico), no caso, apenas com *origem* em A1 e *destino* em todos os outros segmentos, de (equação 4):

$$MD_{A1} = D_\theta(A_1) = [D_\theta(A_1,A_2) + D_\theta(A_1,B) + D_\theta(A_1,C_1) + D_\theta(A_1,C_2) + D_\theta(A_1,D)] / 5, \quad (4)$$

$D_\theta(A_1,A_2)$ = (A1-A2)
$D_\theta(A_1,B)$ = (A1-A2) + (A1-B)
$D_\theta(A_1,C_1)$ = (A1-A2) + (A1-B) + (A1-C1)
$D_\theta(A_1,C_2)$ = (A1-A2) + (A1-B) + (A1-C1) + (A1-C2)
$D_\theta(A_1,D)$ = (A1-A2) + (A1-B) + (A1-C1) + (A1-C2) + (A1-D)

Portanto:
$MD_{A1} = D_\theta(A_1)$ = (0,044 + 0,544 + 1,211 + 1,278 + 0,733) / 5 :.
$MD_{A1} = D_\theta(A_1)$ = 0,506

Ao interpretar os dados, vê-se que quanto maior o valor de *closeness* (MD_A = 0,785), ou profundidade média (*Mean Depth - MD*), maior o número de vezes que irei mudar minha direção de maneira mais intensa, 'brusca', com um ângulo maior. Ao mesmo tempo, quando MD_{A1} tende a zero, tem-se um caminho menos profundo (ou mais 'raso'), mais retilíneo, e supostamente mais interessante a percorrer, do ponto de vista da cognição e de escolha mais rápida (MD_{A1} = 0,506). Em oposição, quando MD_{A1} tende ao valor '2', tem-se um caminho mais profundo (ou menos 'raso'), menos retilíneo, e supostamente menos interessante a percorrer, do ponto de vista da cognição e de escolha menos rápida;

Nota-se também que a divisão realizada, da soma dos pesos pelo seu número de segmentos ponderados (por origem) resulta em um 'peso angular' por segmento, que depende das direções que o caminhante (pedestre/motorista) adota na malha (MD_{A1} = 0,506).

Medida de centralidade ponderada – Mean Depth Segment Length Weigth

Outra variável utilizada nesta pesquisa, sugerida por Turner e inserida no *software Depthmap,* é a *Segment Length Weight*[158] (MDSLW). Nesse calculo, apenas multiplica-se a anterior *Mean Depth* pelo comprimento do segmento (*Segment Length*).

Teoricamente o motivo de seu uso, reside no fato de que é interessante para o analista detectar padrões de movimento em trechos profundos ou rasos, podendo ponderar a profundidade angular pelas distâncias a percorrer em cada trecho. Ou seja, na ASA, a soma ponderada de valores angulares (*Mean Depth*) pode representar melhor uma via longa, com muitas interseções ou interrupções de circulação cruzada, do que uma única linha axial. E que esta aproximação é menos viável se adotados apenas os segmentos curtos, sem ponderação. Para melhorar esta possível distorção, Turner sugere relativizar todo o sistema, por trechos, ponderando-os pela profundidade média de cada segmento por seu tamanho (distância 'd' que ele detém).

Sendo assim, tomando-se, como exemplo, o segmento 'C', em duas situações, à esquerda e a direita, na figura 25[159]. A esquerda de tamanho igual a 100m e a direita, subdividido em dois novos segmentos, C1 e C2, respectivamente de 64,63m e 38,11m. O novo cálculo de $MDSLW_A$ é (equação 5):

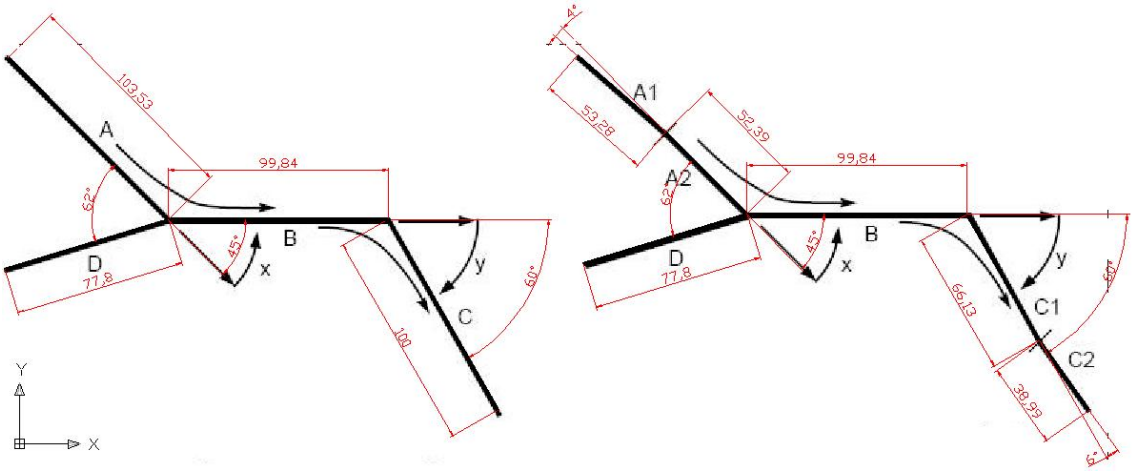


Figura 25. Segmentos da Análise ASA. Distâncias e ângulos corrigidos.
Fonte: Adaptado de TURNER (2005:2007).

$MDSLW_A = [(A\text{-}B) \times d_B] + [(A\text{-}C) \times d_C] + [(A\text{-}D) \times d_D] / 3$:. (5)

$MDSLW_A = (0{,}500 \times d_B) + (0{,}667 \times d_C) + (0{,}689 \times d_D) / 3$:.

[158] No *software Depthmap*, localiza-se no *menu* lateral a esquerda e denomina-se **'T1024 Mean Depth [Segment Length Wgt]'**

[159] A figura 25 é uma adaptação da figura 56 em TURNER (2005, p.4) que é a mesma figura 1 em TURNER (2007, p.8). Com a autorização do autor, tais figuras foram inseridas em um sistema CAD para edição de suas distâncias e ângulos de seus segmentos. Este recurso foi utilizado visando facilitar a explanação sobre o cálculo das medidas sintáticas da ASA, tendo o segmento 'C' de 100m como referência de escala.

$MDSLW_A$ = (0,500 x 97,57) + (0,667 x 100] + (0,689 x 76,04) / 3 :.

$MDSLW_A$ = (48,78 + 66,70 + 52,39) / 3 :.

$MDSLW_A$ = 55,95

E, para $MDSLW_{A1}$, tem-se (equação 6):

$MDSLW_{A1}$ = [(A1-A2) x d_{A2}] + [(A1-B) x d_B] + [(A1-C1) x d_{C1}] + [(A1-C2) x d_{C2}] + [(A1-D) x d_D] / 5 (6)

$MDSLW_{A1}$ = (0,044 x d_{A2}) + (0,544 x d_B) + (1,211 x d_{C1}) + (1,278 x d_{C2}) + (0,733 x d_D) / 5 :.

$MDSLW_{A1}$ = (0,044 x 51,20) + (0,544 x 97,57) + (1,211 x 64,63) + (1,278 x 38,11) + (0,733 x 76,04) / 5 :.

$MDSLW_{A1}$ = (2,25 + 53,07 + 78,26 + 48,70 + 55,73) / 5 :.

$MDSLW_{A1}$ = 47,60

Dos resultados conclui-se que: (MD_A = 0,785) > (MD_{A1} = 0,506) e que ($MDSLW_A$ = 55,95) > ($MDSLW_{A1}$ = 47,60). Ou seja, ao 'quebrar' os segmentos, subdividindo-os em tamanhos menores, os valores de profundidade média diminuem, configurando que os caminhamentos mais próximos da realidade das malhas viárias (vários subtrechos ou quadras), em ângulos pequenos, com poucas mudanças direcionais, aliada à consideração das distâncias a percorrer por segmento, aproximam-se do raciocínio de decisão do caminhante (pedestre/motorista).

Ou seja, por este cálculo, confirma-se que na prática decide-se por poucas mudanças de direção (poucas conversões) para ir de determinada origem a um determinado destino. Entretanto, antes de decidir, o caminhante 'processa' em sua mente as opções de escolha (os cenários), de maneira seqüencial e considera em sua decisão, aspectos cognitivos e não cognitivos[160].

Com estes cenários, a modelagem da ASA simula apenas o aspecto da influência do espaço arquitetônico, ou forma-espaço na decisão de qual caminho tomar! Esta decisão, até aqui, considerou dois aspectos, a quantidade de mudanças angulares ('dobrar a esquina') além de levar em conta nestas mudanças, quanto (distâncias) se percorre em cada trecho. Mas, e se a decisão for intencionalmente, a de percorrer o caminho mais curto, não importando estes aspectos?

[160] Como por exemplo: "quantas vezes irei mudar de direção?", ou "se for por este caminho posso não encontrar o destino, pois não conheço bem a rota!", ou ainda, "este caminho é muito longo, melhor escolher caminhos mais curtos e fazer menos 'dobras de esquina'!".

Neste caso, surge outra variável também utilizada nesta pesquisa, advinda da teoria dos grafos: a '*betweenness'*, que no jargão sintático denomina-se por *choice*[161] e que, no verbete de transportes, assemelha-se à rota do 'caminho mínimo'.

Medida de centralidade – Choice / Betweenness

Segundo Turner, esta variável exige grande esforço computacional para ser processada, muito embora destaque sua eficiência para pares de *origem-destino* entre cada segmento e todos os outros do sistema. Neste caso, pode-se ponderar cada uma das rotas processadas pela média dos caminhos mínimos, o que viabiliza comparar, por exemplo, dois caminhos com a mesma distância[162]. Este processo, conhecido como *estocástico* ou aleatório, é muito utilizado na modelagem de movimentos veiculares, no planejamento de tráfego[163] e conduz a uma boa aproximação do conceito da variável *choice* da modelagem configuracional da Sintaxe Espacial. As referências teóricas para explicar esta variável, no caso sintático, são apenas três, os dois artigos de Alasdair Turner (TURNER, 2005:2007) além do manual do DepthMap (Turner, A. 2004).

Em Turner (2005), a construção da variável *choice* (mudança angular) é descrita da seguinte forma: inicialmente, atribui-se um valor de '1' para cada segmento axial (*links* convertidos, no caso das RCL´s) que pertença ao caminho mínimo de cada origem para cada destino (par O-D). Passo seguinte, multiplica-se o comprimento do segmento de origem pelo comprimento de destino. A seguir, este valor é multiplicado por cada segmento do caminho mínimo. A razão para esta ponderação é que, na representação axial, ocorrerá, por exemplo, a situação em que a *origem* e o *destino* estejam juntos em uma única linha axial ou em um determinado caminho mínimo em que uma linha longa esteja presente. Com a ASA, esta técnica torna possível hierarquizar os 'pesos' dos caminhos mínimos, os quais entre si, o próprio processamento irá destacar aqueles mais importantes.

A explicação, da mesma variável em Turner (2007) é mais matemática e menos teórica: Soma-se o fluxo em cada segmento de acordo com o número de viagens que sejam realizadas como fluxo de passagem naquele segmento e, divide-se pelo número

[161] Segundo Turner (2005, p.5): "A *Choice*, ou *betweenness,* é calculada pela geração dos caminhos mínimos entre todos os segmentos dentro do sistema. (Ex:. a rota com o menor 'custo angular' para cada possível par de segmentos de origem e destino). A soma de fluxos em cada segmento é dada pelo número de rotas realizada que passa pelo mesmo" (tradução nossa!);

[162] Na prática acredita-se ser esta uma escolha de percurso bem próxima do real onde o caminhante a realiza de maneira aleatória ou randômica.

[163] A modelagem de tráfego é amplamente discutida no terceiro capítulo, onde se aborda o conceito de métodos estocásticos.

total de possíveis viagens (Turner, 2005, p.6, *apud* Freeman, 1977[164]), dado pela equação 7:

$$B_0(x) = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\sigma(i, x, j)}{(n-1)(n-2)/2}, \qquad (7)$$

Onde:

B_θ = '*betweenness', ou* medida de centralidade conhecida como *choice* de uma dado segmento (*x*);
i = comprimento do segmento de origem;
j = comprimento do segmento de destino;
x = comprimento do segmento 'de passagem' (o segmento a ter a *choice* calculada);
n = total de segmentos (número de segmentos *i* e *j*);
Com: ***i ≠ x ≠ j*** e σ***(i, x, j)* = 1**, se o caminho mínimo entre *i* e *j* 'passa' por *x*, caso contrário atribui-se o valor de **'0'** (zero).

A concepção da medida de centralidade denominada por *betweenness* surgiu nos trabalhos iniciais empíricos de BAVELAS (1948), que foi resgatado por Freeman e posteriormente por Turner. Freeman explica que a família de medidas de centralidade para pontos e grafos (nós e grafos) delineada por Bavelas, revela o grau ao qual um determinado ponto encontra-se no caminho mínimo entre dois outros pontos [pré-determinados]. Por isso, este ponto detém um potencial de controle de comunicação entre a *origem* e o *destino*, ou seja, de centralidade entre ambos[165].

Na tentativa de explicar teoricamente a variável *betweenness*, ou *choice*, algumas hipóteses são seguidas por Freeman (1977, p. 36). A primeira: a de que a "importância da concepção da centralidade de um [determinado] ponto está no seu potencial de *controle* do fluxo de informação[166] dentro da rede[167]". A segunda hipótese é a de que "As posições [destes pontos] são vistas como estruturalmente centrais ao grau ao qual elas estão [posicionadas] 'entre'[168] os pares O-D e possam por esta condição 'facilitar', 'impedir', ou 'equilibrar' a transmissão dos fluxos veiculares". Por exemplo, dada uma malha hipotética (figura 26) definida por uma grafo justificado, constituído por quatro

[164] O trabalho de FREEMAN, Linton C. (1977) fonte: http://www.jstor.org/view/00380431/dm993188/99p0498l/0 último acesso em 15/03/08, as 09:20), concentra-se no estudo da Sociometria, um ramo da Sociologia de foco matemático, que aborda a quantificação, mensuração e análise quantitativa de sociedades e grupos sociais. Ele resgata os estudos de BAVELAS, Alex (1948): "*A mathematical model for group structure.". Applied Anthropology 7: 16-30*, onde os aspectos matemáticos, definem medidas de centralidade, compacidade, integração, baseadas na teoria dos grafos. A medida ***betweenness*** é uma delas, de centralidade entre nós de grafos. Sua concepção variou durante os anos, mas em termos teóricos, sua interpretação sintática ainda está por ser construída.
[165] Assim estes pontos podem ser utilizados por meio de um 'peso' de centralidade atribuído ao segmento (no caso da ASA), em qualquer tipo de malha e, em relações simétricas, conectadas ou não.
[166] No caso desta pesquisa, da percepção do fluxo: pedestres, veículos
[167] Neste caso, rede,malha e forma-espaço arquitetônica com o mesmo significado.
[168] Daí o termo em inglês: *between,* resultando na medida '*betweeness'*.

nós[169]: P_1, P_2, P_3 e P_4, unidos por arcos, ou *links*, que podem ser axiais, advindos de RCL´s, tem-se as seguintes propriedades detectadas:

1) Existem dois links de conexão entre P_1 e P_3, um via P_2 e outro via P_4;
2) Por não estarem diretamente 'entre' P1 e P3, P2 e P4 não controlam totalmente o fluxo entre P1 e P3;
3) P2 e P4 detêm, contudo, um *potencial* de controle sobre P1 e P3.

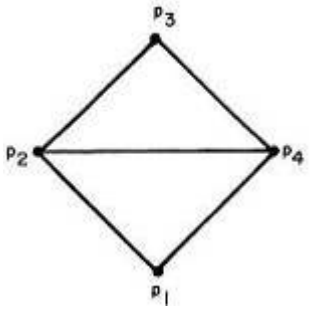


Figura 26. Malha hipotética de quatro nós em um *j-graph*.
Fonte: Freeman (1977)

Para compreender a fórmula de cálculo (equação 7), procurou-se explicar o seu processo de elaboração, tomando como base a generalização exposta em FREEMAN, L. (1977: p. 36-37).

Em resumo, a ponderação em p_k é máxima por segmento, mas considera todo o 'poder' ou 'controle' que este segmento detém em relação a todos os outros segmentos da malha considerada. Ou seja, a capacidade de domínio que cada ponto tem de possibilitar o acesso entre pontos O-D dentro da malha, favorecendo ou desfavorecendo os fluxos. Na tentativa de traduzir este 'poder', configura-se o posicionamento do segmento considerado por estar 'entre' os pares O-D, ou *betweenness.*

Cabe destacar a importância desta variável na análise ASA em malhas muito densas, como o caso de Fortaleza. Isto porque, do ponto de vista da acessibilidade física, a *betweenness* ou *choice* revela as vias de maior capacidade de condução dos fluxos e que de certa forma detém o poder de determinar por onde os veículos devem passar. Em tese, esta variável apresenta as vias de maior capacidade de tráfego, no caso, as arteriais e expressas.

Em outra publicação (TURNER, 2007a), Turner revisa todos os *softwares* de sintaxe espacial vigentes até aquele ano, de maneira mais sucinta, e explica a evolução desta

[169] Tais nós, em modelagem de tráfego, representam encontros de vias, ou interseções, que são representadas como nós, ou *endpoints*;

variável nas correlações com os fluxos de tráfego do *software* DepthMap, utilizado nesta pesquisa, segue[170]:

> *"..o algoritimo de 'segmentaçao' foi implementado com o UCL Depthmap 4 (2004) em diante. A motivação para tal ação foi a de construir um sistema mais rápido que o programa Segmen de forma que tanto as linhas axiais como as RCL´s (road-centre lines) pudessem co-existir, seguindo assim os estudos de Dalton et al. (2003)[171]. O novo sistema foi testado em Londres, bem como para os dados das Tiger lines em todos os estados americanos onde foram obtidos resultados encorajadores".*

Estudos mais recentes sobre o uso da ASA associado às RCL´s (similares das *TIGER lines*), estão contidos nas publicações anteriormente citadas, caso de Turner (2005) e Turner (2007). Novas publicações, envolvendo o uso específico da variável *choice* (*betweenness*), são encontradas em BOVY, P. H. L. (2007)[172], além de outras que envolvem a mesma variável mas com foco nos transportes, sem o uso da SE, nos exemplos de Turner e Dalton (2005)[173], que definiram o algoritmo em linhas de comandos inseridos no DepthMap. Além destas duas variáveis já explicadas, existem outras que foram mais utilizadas nesta pesquisa como parâmetros de processamento. Este é o caso de *radius* e *metric distance,* ambas disponíveis no UCL Depthmap[174] e utilizadas tanto na metodologia, como no estudo de caso (capítulos 4 e 5).

Medida de parâmetro local – Radius

Mais um parâmetro do que uma variável, a medida *Radius* é utilizada dentro da metodologia ASA para definir os limites e o tipo de processamento das linhas segmentadas das RCL´s[175]. O uso da *Radius* evita o que pesquisadores definiram como '*edge efect'*[176], ou efeito-limite da malha, além de retratar aspectos mais locais das relações entre os espaços.

---

[170] Na íntegra: *"..the segmentation algorithm was implemented, with UCL Depthmap 4 (Turner, A. 2004) following suit later. The motivation for the UCL Depthmap implementation was to build a system faster than Segmen so that axial and road-centre lines could be made commensurate,following Dalton et al. (2003). The system has now been tested for all of London, as well as on Tiger line data for whole states in the USA, with encouraging results".*

[171] Ver em: Dalton, N., Peponis, J., Conroy Dalton, R., (2003). `To tame a TIGER one has to know its nature: Extending weighted angular integration analysis to the description of GIS road-center line data for large scale urban analysis'. In: Hanson, J. (Ed.), *Proceedings of the 4th International Symposium on Space Syntax*. UCL, London, UK, pp. 65.1-65.10.

[172] BOVY, P. H.L. (2007), realizou análises comparativas sobre modelagens que utilizam a variável *choice*, porém do ponto de vista da engenharia de tráfego. A crítica é a de que os modelos existentes não deveriam usar a *choice* com foco somente na função utilidade, abrindo um 'flanco' de pesquisa para a sintaxe e a ASA.

[173] Em: TURNER, A. & DALTON, N.(2005). *A Simplified Route Choice Model Using the Shortest Angular Path Assumption*. Bartlett School of Graduate Studies, University College London, UCL.

[174] O uso do DepthMap nesta pesquisa é realizado em uma versão mais atual a 6.08, cuja licença foi dada ao orientador, Prof. Frederico de Holanda. Até o presente momento, sabe-se por contatos com colegas em Londres e com o próprio professor Turner, que novas investigações e aprimoramentos estão em curso para as próximas versões do programa com as RCL´s em pesquisas com John Peponnis, em Atlanta, Estados Unidos e em Londres, com o professor –autor na University College London, em Barttlet.

[175] Cabe lembrar que o leitor não deve confundir este parâmetro com o 'raio' axial exposto por Hillier. Neste caso do uso de *Radius*, tem-se outra aplicação na metodologia ASA, a de opção de parâmetro na análise angular de segmento, podendo ser do tipo *radius type*: 1) *segment steps*; 2) *metric*, ou 3) *angular* (Depthmap 6.08, janelas do menu 'Tools>segment>Run segment analysis...',em DepthMap 6.08, 2007);

[176] Segundo as críticas de Ratti (2004a, p. 496) *op cit* Hillier (1996, p. 340) conhecido por :´paradoxo da centralidade' devidamente detalhado mais adiante.

Radius define a distância-limite de ‘passos’ ou ‘conversões’ de segmentos que o caminhante (pedestre/motorista) irá percorrer a partir de um determinado segmento-origem a outro segmento-destino, testando desde o segmento 1 até o segmento *n*, onde *n* será o segmento-limite pré-definido. O conceito de *radius* está muito próximo da profundidade média, ou *closeness*, mas difere desta por considerar o custo angular-limite, ao invés do número de passos.

Contudo, este parâmetro traz à tona uma implicação: a de que linhas longas transferem custo ‘zero’ aos seus comprimentos, principalmente, em se tratando de movimento veicular. Esta objeção conduz, entretanto, a um aspecto favorável ao evitar a ocorrência do efeito-limite no processamento de malhas sintáticas (figura 27).

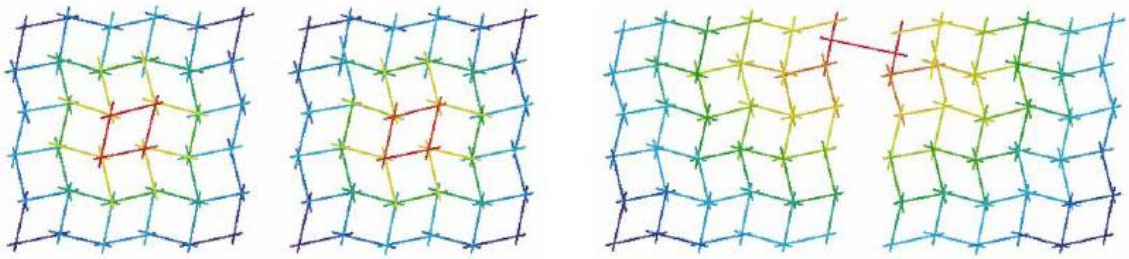


Figura 27. Efeito-limite (*edge effect*) ou ‘paradoxo da centralidade’.
Fonte: RATTI (2004a, p.497).

Para Turner (2005: 2007), a atribuição do custo ângulo-limite na variável *Radius*, evita a caracterização do efeito-limite, uma vez que o analista pode pré-estabelecer até onde o caminhante deve estar disposto a ir de um determinado segmento-origem a um determinado segmento-destino. Neste caso, com o uso de valores de *Radius* inferiores ao total de segmentos que definem o limite da malha, origina-se uma maior evidência em áreas específicas, de alguns de seus ‘nós’. Como parâmetro, a medida *Radius* contribui para melhores valores das variáveis Mean Depth (c*loseness*) e *betweenness*, pois estas realizarão o processamento somente ‘dentro’ do limite pré-estabelecido em *Radius.* Isto faz com que não seja necessário atingir o limite físico da malha considerada, evitando-se a geração do ‘*edge effect’* na sua área central.

Medida geométrica – distância métrica

Mesmo que a análise ASA tenha foco topológico, advindo das RCL´s, ela considera fortemente aspectos métricos, típicos da estrutura da malha. A variável *distância métrica* entre segmentos, por exemplo*,* foi incorporada por Turner (2007) como mais uma possibilidade da ASA. Para Turner o cálculo da distância métrica é a distancia entre os pontos médios entre segmentos de um dado caminho, desconsiderando os seus ângulos inerentes. Assim, na busca de retratar escolhas do caminhante, em função de distância a percorrer (aspectos geométricos), Turner sugeriu esta variável

complementar como mais uma opção de análise, muito embora seu uso seja questionável do ponto de vista prático nesta pesquisa[177]. Como exemplo tome-se a figura 25, para os segmentos C1 e C2, respectivamente com 64,63 e 38,11.

A distância métrica neste caso seria:

$DM_{C1\text{-}C2}$ = [(64,63/2) + (38,11/2)] :.

$DM_{C1\text{-}C2}$ = 51,37.

Turner (2007) sugere o uso desta variável como medida adicional pela sua multiplicação com as variáveis anteriores, originando *metric closeness (C_m), length-weighted metric closeness (C^l_m), metric betweenness (B_m), and length-weighted metric betweenness (B^l_m),* que seriam as anteriores, porém utilizando outra distância métrica, no caso, entre pontos médios[178]. Com esta última variável, dá-se por encerrado a revisão das principais teorias e metodologias estrangeiras desenvolvidas por pesquisadores anteriores.

2.4 Críticas a SE

As mais recentes críticas sobre a SE foram feitas por Carlo Ratti, em RATTI (2004a, 2004b), posteriormente retrucadas por Hillier & Penn (2004). No geral, partes das respostas às críticas apresentadas já estavam contempladas nos trabalhos de Medeiros (2004) bem como posteriormente em Turner (2005, 2007).

O primeiro artigo de Ratti (2004a) reporta um número de inconsistências existentes na sintaxe espacial. A primeira refere-se à análise da regularidade de malhas urbanas (o conhecido 'efeito Manhattan'), que revela a dificuldade de aceitação e qual a demanda que a sintaxe espacial permite a modelagem da escolha do caminho por parte do pedestre[179].

Segundo Ratti, a primeira crítica é que a SE tem foco no suporte gráfico utilizado para as simulações e, como tal, baseia-se em representações bidimensionais simplificadas, não considerando a terceira dimensão das propriedades das ruas. Ou seja, a SE pode

[177] A explicação desta variável na publicação de Turner (2007) restringe-se a um parágrafo somente. Na busca de mais explicações teóricas, recorreu-se a literatura e ao manual do Depthmap 4.0. Não foram encontrados vestígios que melhor esclarecessem o seu uso. O software Depthmap 6.08, utilizado na pesquisa, não apresenta o termo '*metric distance'* mas sim *Segment Length* ou *Total Segment Legnth* que não correspondem a distâncias entre pontos médios.

[178] Acredita-se que nas próximas versões do Depthmap, o Professor Turner irá incorporar tais varáveis e espera-se que surjam melhores explicações teóricas sobre o seu uso.

[179] Em casos mais complexos, as distorções de duas malhas produzem uma descontinuidade topológica, levando a uma situação não aceitável onde uma simples configuração urbana produz duas "saídas" conflituosas, quando analisados por meio de duas ferramentas de sintaxe espacial.

ser entendida como falha por desconsiderar suas relações métricas, como por exemplo, a altura das edificações.

Tomando outro foco de crítica na variável integração, Ratti enfatiza que seu cálculo e aplicação dependerão do tamanho da malha e do tipo de movimento considerado: pedestres ou veículos. Neste caso, questiona se outras variáveis poderiam responder mais precisamente e assevera as limitações da SE em relação aos raios[180] de profundidade (ou número de conversões angulares, de Turner), em que considera raio 3 para pedestres e a partir destes para veículos.

Ele reporta também que as técnicas da SE baseiam-se em formalismos matemáticos de conceitos da Teoria dos Grafos, desde estudos iniciais de Euler, revisados por Harary (1972), e seu uso na arquitetura desenvolvido por March and Steadman (1974) and Steadman (1983). Concordando com Ratti, aceita-se sua alegação de que, do ponto de vista topológico, o conceito da análise sintática pode ser aplicado à arquitetura e ao urbanismo. Entretanto, suas previsões sobre *movimentos* são mais controversas, pois a identificação de correlações entre medidas topológicas com o uso social (e não sociológico) do espaço das redes abrem flancos investigativos que devem ser observados com certo cuidado[181]. Seguem suas principais críticas:

Topologia versus Geometria

A grande diferença da análise sintática, baseada na *topologia*, e da análise do custo utilidade mecanicista advindo dos modelos de modelagem de tráfego, baseados na *geometria,* é a não consideração, em seus princípios básicos, da *distância geométrica* na decisão do caminhante em tomar esta ou aquela rota. Por este motivo, torna-se difícil para um planejador urbano tradicional (arquiteto ou engenheiro), de formação acadêmica fundamentada no conceito *mecanicista*[182], em aceitar a *distância topológica* como explicação teórica e técnica na decisão de um motorista em ir de uma origem a um destino na malha. Esta 'quebra' de paradigma é proporcionada pela SE. A contestação do uso dos aspectos topológicos tem fortes apelos críticos, que em resumo, residem em três indagações:

1) **Como representar um critério *não-visível***: a topologia, em detrimento de um *visível:* geometria, de maneira que seja universal e aplicável a qualquer *forma-espaço* (ambiente natural ou construído)?

[180] Neste trabalho, *raio de profundidade* ou *conversão*, movimento de mudança angular de direção na malha ou comumente conhecida a expressão 'dobrar a esquina' tem o mesmo significado.
[181] Principalmente, porque outras visões, paralelas, com a da engenharia de tráfego, a sociometria, a econometria e outras já apresentam respostas ditas 'consolidadas', porém não dadas como verdades absolutas.
[182] O terceiro capítulo discute amplamente os conceitos: mecanicista e sistêmico, inserindo a SE em uma vertente específica.

2) **Como processar este critério** por medidas consistentes e aceitáveis do ponto de vista multidisciplinar teórico-metodológico: estatístico, matemático, arquitetônico, etc, de maneira '*não-estanque'* e que sejam amplamente abertos às novas perspectivas?
3) **Como interpretar este critério,** em função das medidas processadas, à luz de conceitos teórico-metodológicos, vigentes e tradicionais, admitindo que esta interpretação seja multifacetada?

Tais questões resumem este dilema abordado por Ratti, o qual põe em discussão interessantes subitens que vem sendo desmitificados pelos pesquisadores em todo o mundo. Uma destas questões elencada por Ratti, em relação à *topologia,* afirma:

> *"As cidades são obviamente mais complexas do que sistemas [(malhas)] regulares; sua geometria é variável e irregular. Contudo, padrões recursivos são revelados*[183]*:"...'quanto maior a linha [axial], maior a probabilidade dela ter ângulos obtusos de incidência [de outras linhas] (ou proximidade à) nos seus pontos de início e fim*[184]*'. Por outro lado, 'quanto menor a linha [axial], menor a propensão dela ter ângulos agudos de incidência [de outras linhas axiais] nas suas extremidades'. Isto sugere a existência de um trabalho consistente*[185]*' ".*

Obviamente que a representação gráfica da topologia é também geométrica, e bidimensional. Porém, neste caso, sua interpretação não é geométrica, mas sim cognitiva. No momento da representação topológica *é o analista que assume* a posição simultânea de um caminhante que desconhece o espaço que percorre. Como bem citado por Hillier:

> *"devido às regularidades permeáveis, o mapa axial não 'ignora' as propriedades geométricas do espaço, mas sim as internaliza".*

Esta internalização é feita em uma *descrição topológica,* mais precisamente pelas linhas axiais. A evolução do processo de internalização dos aspectos geométricos incorporados à Análise Sintática tradicional foi alcançada em função dos avanços de novas metodologias como a AA, *agentes autômatos*, ASA e o uso das RCL´s. No caso das RCL´s utilizadas neste estudo, seu emprego é crucial para viabilizar estudos que tradicionalmente são feitos nas análises de redes dentro da simulação de tráfego em sistemas de informações geográficas - SIG´s.

O mapa axial e a altura das edificações

> *A influência da malha no movimento está sujeita a outras condições que sejam satisfeitas: que a malha esteja mais ou menos equalizada em suas diferentes partes com as edificações, isto é, com as origens e destinos, e que o movimento possa ser realizado de todas as origens a todos os destinos" (tradução: Hillier, 1999, p.176 apud Ratti, 2004a, p.492),..e;*

[183] Ratti admite aqui a importância da 'geometria oculta', da topologia captada pela SE;
[184] Hillier (1999, p. 172) *op. cit* Ratti (2004, p. 490);
[185] Hillier (1999, p. 171) *op. cit* Ratti (2004, p. 490);

> *A configuração de sistemas urbanos é a principal geradora de movimentos de pedestres, e, em geral, os seus 'atratores'[186] estão também [nela] equalizados ou funcionam como 'multiplicadores' do padrão básico de movimento definido por esta mesma configuração. (tradução: Hillier et al, 1993, p.31 apud Ratti, 2004a, p.492).*

Com o devido respeito aos pesquisadores, o conhecimento de *atratores*, ou edificações e seus usos que atraem *movimentos,* estão mais detalhadamente expostos em outras áreas afins à arquitetura e urbanismo. Mais precisamente, são mais bem abordados pela engenharia de tráfego e o planejamento de transportes. Isto porque seus *movimentos* foram subdivididos em duas vertentes: tráfego (sua quantidade) e viagens (sua qualidade).

Contudo, cada vez mais a arquitetura incorpora estes conhecimentos, uma vez que edificações são, em maior freqüência, projetadas por arquitetos e urbanistas, até pela sua própria formação. Nesta pesquisa, esta incorporação dá-se no foco de investigação dos *congestionamentos* restritos à *forma-espaço* de circulação, interessando a qualidade das *viagens*.

Em verdade, ambos Ratti e Hillier estão corretos ao enfatizarem o poderio de atração de viagens que as edificações exercem sobre os movimentos de pedestres e veículos. Além disso, realmente, por este ponto de vista, a representação axial *descarta* esta influência. Contudo, ao fim que se destina, a SE surgiu com o objetivo de identificar relações de 'mão-dupla' entre a configuração do espaço e as relações sociais que nele ocorrem. Neste sentido, o sistema axial é uma forte representação, pois, em nível micro ou localizado, ou em uma escala global (análise macro e mesoscópica), consegue retratar com certa confiabilidade a influência e conseqüência dos *atratores* nos movimentos, a exemplo das pesquisas de Desyllas (2000) em Berlim e Van Nes (2002; 2003a; 2003b) em Amsterdã, em escala urbana e edilícia.

Ratti lembra que, no desenho das linhas axiais a 'largura' do espaço de circulação onde eles são construídos, seja de pedestres (passeios) ou de veículos (vias), teria conseqüência direta nos resultados das medidas sintáticas, se considerassem a influencia da altura destas edificações, nas rotas adotadas. Neste caso, as linhas

[186] Os 'atratores' em questão são as edificações que atraem movimentos, tanto de pedestres como de veículos. Nesta pesquisa, os atratores que mais atraem viagens (movimentos) recebem outra nomenclatura, a de PGV´s, Pólos Geradores de Viagens. Os PGV´s estão detalhados no capítulo terceiro e a forma de captura de suas variáveis está detalhada no capítulo quarto, a metodologia.

axiais realmente desconsideram este aspecto[187] mas isto não invalida o seu uso, principalmente em uma abordagem macroscópica[188].

O mapa axial e o uso do solo

> *"As medidas de acessibilidade da SE, embora ofereçam índices associados à produção de volumes de viagens, [estes] não são baseados em modelos os quais simulam processos de movimentos e assim não oferecem métodos de predição de impactos de mudanças locacionais em padrões de fluxos de pedestres" (Batty et al, 1998, p.3, apud Ratti, 2004, p. 492).*

Pode-se afirmar que tal assertiva também se aplica ao caso veicular, pois o uso do solo e suas alterações de ocupação a de atividades, ao longo do tempo, não são captados e/ou oferecidos pela modelagem sintática, o que é verdade. Porém, em termos de escala, repetindo o raciocínio do item anterior, em escala macroscópica, de cidade, o uso da SE é relevante e possibilita de forma rápida a inserção ou retirada de vias que podem resultar em cenários de predição de fluxos, que, como já comprovados em estudos anteriores, contribuem para a ocupação do solo, sua tipificação e verificação. Casos de Berlim ocidental, observado por Desyllas e em Amsterdã, por Van Nes. Para o nível de microsimulação[189], a assertiva de Batty, na seqüência da citação também está correta:

> *"Em termos específicos, embora estes índices possam mostrar as mudanças no fluxo devido à mudanças na geometria e posicionamento de ruas inteiras, eles são incapazes de agregar padrões compreensíveis de movimentos que vinculem as atividades [(os usos do solo)] em locais diferentes entre si" (Idem, Batty, apud Ratti).*

Em nível microscópico, na escala do pedestre, ou em um trecho de quadra (quarteirão), o uso da SE na representação axial é limitado e deve ser associado ou adaptado para encontrar melhores correlações entre o uso do solo e as relações entre os espaços, a configuração. Considerando esta pesquisa em curso, e para as hipóteses postuladas no início, acredita-se que a forma da cidade, por sua vez resultado de diferentes esforços de ordenamento urbano anteriores que definiram os espaços de circulação e que não poderiam ser modeladas senão pela SE[190]. Neste caso, acredita-se que o uso do solo funciona como uma variável explicativa em constante mutação para uma modelagem de movimentos que agregue muito fortemente as medidas sintáticas para a malha da cidade.

---

[187] Exemplo: linhas axiais na Avenida Atlântica, e na Av. N. S[ra]. De Copacabana podem ter a mesma extensão e inclinação em função de suas larguras ('caixas-viárias'), muito embora a primeira tenha um considerável espaçamento entre a via e as edificações e a segunda tenha os edifícios praticamente enfileirados continuamente,ocupando cem por cento dos seus lotes. A tomar a assertiva de Ratti, o ***efeito*** nos movimentos no primeiro caso é menor que no segundo caso, onde os ***atratores*** teriam maior influência devido à suas alturas!

[188] A abordagens micro, meso e macroscópica da modelagem de movimentos são abordadas por BARROS (2006) é apresentada ao leitor no item 2.5,mais adiante.

[189] Caso em que seja estuda parte de uma via, uma via por inteiro ou um bairro.

[190] Em CAVALCANTE & JALES (2008): Utilização da Sintaxe Espacial na Análise da Expansão Urbana da Cidade de Fortaleza - CE: Uma Abordagem Morfológica. Resumo 647 para o PLURIS 2008. (disponível em: http://www.stt.eesc.sc.usp.br/pluris08/pt_abs_ac.html)

O desenho das linhas axiais

Outra crítica muito forte de Ratti foi feita em relação à construção das linhas axiais em si, a qual, segundo o pesquisador, baseia-se em critérios subjetivos de criação do mínimo de maiores linhas que cruzam os espaços convexos. Segundo ele, este critério possibilita resultados diferenciados a depender do desenho das linhas axiais por diferentes analistas para o mesmo espaço. Na tentativa de solucionar tais ambigüidades, pesquisas recentes desenvolveram algoritmos de criação automática destas linhas, possibilitando a supressão do trabalho do analista[191].

Pesquisas anteriores produzidas por Batty (2001), Jiang & Claramunt (2002:2008), Batty & Rana (2004), evoluíram para os resultados obtidos por Turner *et al* (2005). Estes últimos basearam-se nos anteriores estudos de Peponis *et al* (1998) e os resultados foram também questionáveis, visto que a metodologia resultava no desenho de linhas mínimas em todos os espaços convexos. Porém, algumas destas linhas ditas 'elegíveis' eram por demais excedentes ou desnecessárias em determinados mapas. A descrição do processo de criação destas linhas pode ser encontrada no trabalho de Pen *et al* (1997), o qual foi aprimorado por Turner *et al* (2005).

O processo se inicia com o desenho do que foi denominado '*all-line map'*, ou mapa de todas as linhas de visibilidade as quais, nada mais são que o desenho de todas as possíveis linhas de visibilidade dentro do espaço (via, passagem, ambiente) a ser considerado. Após esta etapa, seguindo os procedimentos definidos por Peponis *et al* (1977), o mapa é reduzido a um grupo de linhas, mínimo para representar todo o sistema[192], além das partições topológicas dos espaços convexos (*rings*). Estes espaços são construídos segundo linhas de extensão, denominadas *'s-lines'* (figura 28a). Tais linhas são as mínimas que perpassam todos os espaços e todas as anteriores excedentes foram descartadas. Embora este resultado 'ideal', identificado na figura 28c, tenha sido encontrado, este algoritmo 'descartou' a linha original (tracejada) desenhada por Peponis *et al* (1977)[193].

[191] Este ganho, muito embora favorável, não revela a vantagem significativa em relação aos aspectos teóricos de seu método em termos de interpretação das medidas obtidas, focando somente os aspectos matemáticos de seu desenvolvimento.

[192] Segundo Turner *et al* (2005, p. 430), denominadas de *m-lines* (*minimum lines*).

[193] De maneira a incluir esta linha 'perdida', Peponis *et al* (1977) argumentaram sua não existência devido a afirmação de Hillier and Hanson (1984) de que: "devido as linhas axiais serem do tipo 'primárias', descrevem possíveis linhas de movimento onde aquelas desenhadas manualmente 'evitam' a geração de referências circulares (ou`*nontrivial circulation loops*')

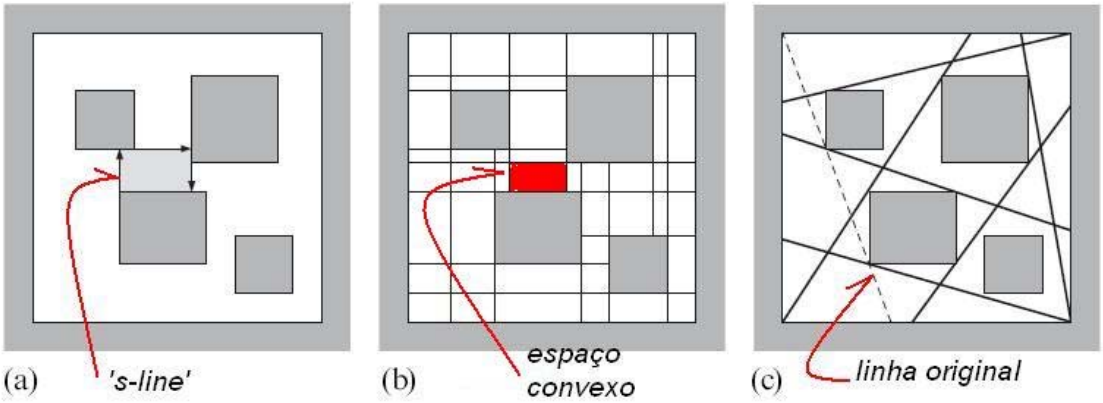


Figura 28. *S-lines* e os espaços convexos.
Fonte: Adaptado de Turner *et al* (2005,p.430).

Em função deste 'erro', o conceito da criação desta linha adicional foi incorporada ao algoritmo de Peponis *et al* (1977) sendo então convertida de tracejada (inexistente) para contínua (existente). Muito embora, em termos práticos, o uso da criação automática das linhas seja louvável, economizando o tempo do analista na sua criação, Turner e seus colegas pesquisadores afirmam que "o método não é garantia que construa todas as linhas axiais".

Para tanto, propuseram outro teste de minimização das *m*-lines. Neste processo, foram testados os procedimentos de Batty & Rana (2004) com a criação de isovistas e a definição de *pixels* que substituíam os espaços convexos e as *s-lines*. Novos erros surgiram e, para resolver os dois casos, Turner *et al* sugerem que no processo de supressão das linhas axiais, ou definição das *m-lines*, inclua-se dois passos restritivos.

As correções e ajustes foram incorporaram pelos pesquisadores em algoritmos de criação das *m-lines* dentro do *Software Depthmap* utilizado nesta pesquisa. Embora o uso destas rotinas tenha obtido melhorias, não necessariamente foram ótimos para caracterizar as relações entre a configuração e outras variáveis. Turner afirma que: "caso o mapa seja utilizado para compreender as iterações entre a *sociedade* e o *espaço* em um nível humano (do pedestre)". Ou seja, o *desenho* do mapa deve estar nesta escala.

Em resumo não importa o método de criação, totalmente manual ou totalmente automático (algorítmico), o *julgamento* sempre é 'humano', seja a escala *veicular* ou de *pedestres*. Apesar desta 'restrição', o uso das linhas automáticas, denominadas no *Depthmap* como '*Subsets'* e '*Minimal Subsets'* é válido e contrapõe as críticas de Ratti.

Apesar disto, a aplicação destas rotinas deve ser verificada, em um processo cíclico de refino visual, comparando-se o desenho automático ao critério do analista, em um processo contínuo e recursivo, checando-se linha a linha se algum erro de representação topológica tenha sido cometido[194]. Decidiu-se que nesta pesquisa este procedimento seria descartado, em virtude do tempo e do tamanho do mapa axial de Fortaleza.

A natureza descontínua das transformações do mapa axial

De acordo com Hillier (1996, p. 341, fig.5), denomina-se 'paradoxo de visibilidade' o efeito causado pela organização das linhas axiais: a *força central* (valores da variável integração mais próximos de 3,14) e a *força centrípeta* (valores decrescentes do centro para as extremidades do mapa).

Segundo Ratti este paradoxo, conhecido como 'efeito-malha deformada (*deformed grid efect,* figura 29), reforça a idéia de que seja qual for o mapa axial, sempre os valores de integração (medida sintática) desenharão uma gradação de cores vermelhas (valores mais altos de integração) mais localizados ao centro geométrico deste mapa, e, o inverso (cor azul escura) nas extremidades[195].

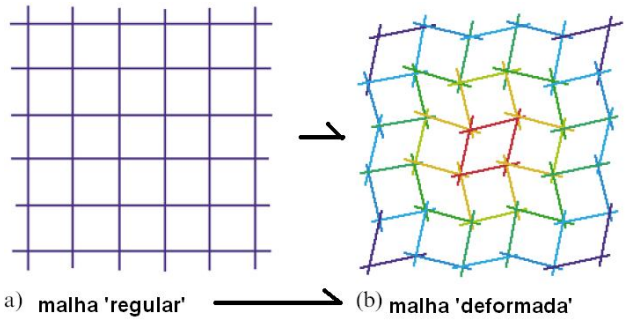


Figura 29. Efeito 'malha-deformada' (*deformed grid effect*)
Fonte: Adaptado de Ratti (2004a, p. 497).

A título de experimentação, extraiu-se uma amostra da área supostamente 'critica' de congestionamentos da cidade de Fortaleza e, logo em seguida, submeteram-se dois tipos desta amostra: 1) configuração real (aspecto regular), e; 2) configuração 'deformada' (aspecto irregular). Os resultados comprovam o efeito *'malha deformada'* (figura 30).

[194] A amostra da pesquisa em curso utilizou o processo manual de desenho das vias da cidade de Fortaleza. Esta decisão do autor foi iniciada em dezembro de 2003, e teve uma aceleração do processo de representação em 2005, quando o suporte de técnicos auxiliara no refino da base axial, sendo concluída em agosto daquele ano. Por questões de contorno inadequadas ao uso do '*greedy algorithm'* de Turner *et al* (2005) foi descartado o desenho automático a as comparações entre um mapa manual e outro por ***subsets***, sendo sugerido como pesquisa futura.

[195] Outro aspecto exacerbado por Ratti é o fato de Hillier enfatizar as forças que são exercidas pela configuração do crescimento das cidades, mas sem fazer alusão às implicações das análises em sintaxe espacial. Neste caso, acredita-se que isto seja uma inverdade.

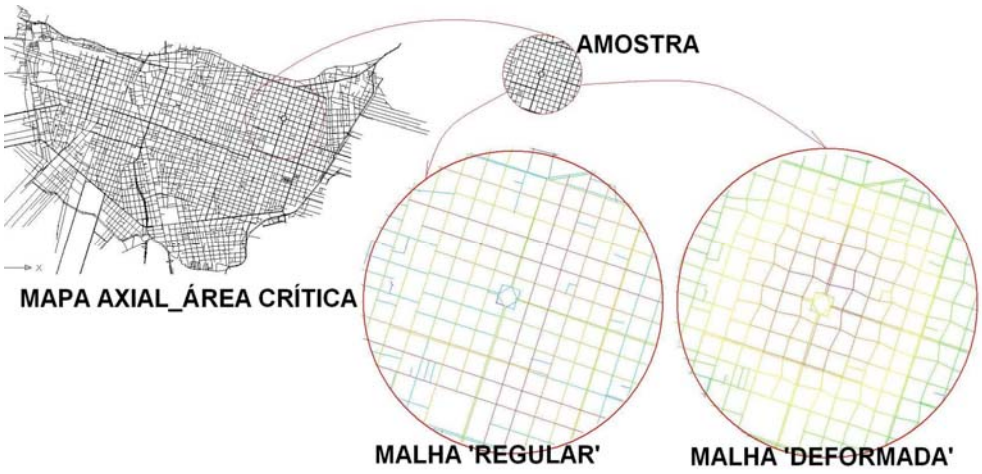


Figura 30. Experimento sobre o efeito 'malha deformada'.
Fonte: O autor.

Observa-se na amostra testada que realmente o efeito *malha-deformada* ocorre de acordo com a descrição de Turner. Aparentemente, a mesma 'resposta' seria dada a qualquer sistema 'não - regular', resultando na mesma gradação de cores e, portanto, de integração. Em termos de generalização, Ratti argumenta que independente da malha, os resultados, mesmo com alguma deflexão no espaço de circulação, são semelhantes, ainda que o desenho da malha não seja único (caso das linhas automáticas, as *m-lines*)[196].

O 'efeito-limite'

Último das críticas de Ratti, segundo Hillier (1996, p. 340), o *efeito-limite*, ou 'paradoxo da centralidade', é aquele que "a maximização da integração interna também maximiza a segregação externa". O resultado deste efeito é o mesmo, para qualquer forma de malha, sempre que o raio de movimentação (número de conversões) é igual ao total de linhas axiais (*n*). Este feito torna-se evidente, por exemplo, na figura 30, com duas malhas-deformadas, idênticas, unidas por uma única linha axial, resultando em um segundo 'desenho' topológico dos movimentos, enfatizando o efeito-limite ou 'contorno'. Ou seja, o novo contorno final da malha passou a ser de duas para uma única malha, movendo o centro topológico para próximo da linha de união, alterando as áreas mais segregadas.

Outras críticas

Além das críticas ditas 'estruturais' sobre a sintaxe espacial em relação a sua representação primária do mapa de axialidade, foram encontradas no trabalho de

[196] Neste caso, Ratti assevera sobre o cuidado em tentar correlacionar variáveis sintáticas aos fluxos de movimento, advertindo que este efeito pode 'mascarar' ou 'distorcer' resultados que não condizem com o foco da SE em tentar identificar as suas relações com a lógica social do espaço.

Barros (2006) algumas observações importantes sobre seu comparativo ao mapa de segmentos que ainda não foram abordadas em Ratti (2004a: 200b). O estudo revela a identificação de outros autores da necessidade de elaboração de uma *metodologia conjunta entre ambas as representações*, segundo focos de aplicação diferentes.

Exemplos de Maha (1997) *apud* Barros (2006, p. 46): "a representação da malha viária [por meio] do mapa axial necessita ser aprimorada, uma vez que, ao se representar diversos segmentos de vias que constituem o mesmo trajeto reto, por uma única reta axial, torna[-se] difícil detectar propriedades específicas a cada via ali representada". Ou seja, em uma abordagem na escala do quarteirão (ou quadra edificada), outras escalas, como a ASA permite uma melhor viabilidade de análise[197].

Ao mesmo tempo, Alves (1999) *apud* Barros (2006, p.46) revela que a modelagem da SE utiliza médias, desvios padrões e medianas, diferentemente da ASA, onde permite uma comparação direta por meio de outras técnicas estatísticas[198], como entre medidas sintáticas e medidas de tráfego[199]. A comunidade acadêmica que estuda a SE, a exemplo de tentativas anteriores como a de Cybis *et al* (1996), parece perceber a necessidade de criar uma metodologia conjunta "que possibilite a comparação direta entre resultados" (Alves, 1999 *apud* Barros, 2006, p. 46) e que leve em consideração tanto a distância física quanto a topológica, algo já esboçado nos métodos: Análise Fracional, a ASA e os RCL´s, Agentes e LC´s.

2.5 Linhas de Investigação da SE

> Discorre-se sobre a diferenciação entre a modelagem morfológica e a modelagem tradicional de movimentos veiculares, seguida pelo detalhamento da segunda na etapa de previsão de fluxos, conhecida por a *alocação de tráfego*. Passo seguinte: apresentam-se outras experiências semelhantes, que motivaram os estudos desta pesquisa e as aplicações ao caso de Fortaleza, os quais conduziram a desdobramentos metodológicos descritos no quarto capítulo. Ao final, são apresentadas sugestões de 'flancos' explicativos de contribuição ao fenômeno analisado: os *congestionamentos,* sob dois aspectos, a *configuração* da malha e os *atratores*.

A Modelagem morfológica

Encontram-se na literatura vários exemplos de aplicação da modelagem morfológica a partir da SE. Neste sentido, em sua caracterização, a inserção dos tipos de modelagem e, mais especificamente, a simulação de movimentos, estão bem

[197] Por exemplo, o desta pesquisa, com os usos do solo e questões de movimento a atratores, algo que em uma abordagem macroscópica, global, as LC´s e o mapa axial tradicional talvez sejam mais eficientes.
[198] A metodologia em curso testa outros tipos de meios estatísticos não lineares de aferição, como as distribuições, a regressão linear, a rede neural e a parametrização. Vide capítulo quinto.
[199] caso da ocorrência de transtornos de *congestionamentos* na metodologia da presente pesquisa (os *efeitos* da configuração, figura 4).

descritos no trabalho de Barros (2006). A autora analisou, comparativamente, tipos de modelagem veicular com o intuito de identificar potencialidades e deficiências de cada um, detendo-se com maior clareza em aspectos de sua funcionalidade, e menos em outros aspectos.

Na sua estruturação, Barros (2006) identificou dois *tipos de modelagem*: a veicular ou tradicional, conhecido por '*quatro etapas*'[200] e a *configuracional* da SE.

Devido à abordagem morfológica ser o foco do presente capítulo, por enquanto, detalha-se em termos sucintos, a modelagem tradicional (4E)[201]. Esta modelagem é realizada a partir de pré-determinadas *origens* e *destinos* em uma malha viária, segundo parâmetros de *oferta operacional* e de *demanda de tráfego* também pré-definidos, segundo algoritmos de equilíbrio da *função utilidade* da microeconomia[202].

Como já explicitado no início deste capítulo a modelagem morfológica de movimentos, ou modelagem da 'lógica da forma', traduz como a *forma-espaço* de circulação 'determina' os padrões de movimentos em uma malha específica. Seu surgimento advém dos modelos configuracionais (Barros 2006, p. 32): "aqueles que representam a configuração dos espaços, sejam eles internos – na escala do edifício – ou externos – na escala da cidade"[203]. A autora cita também alguns exemplos de modelos configuracionais *internos* e *externos.* Os *internos*: 1) as *maquetes* – eletrônicas ou não – que reproduzem e simulam as condições das estruturas internas do edifício (conforto ambiental, disposição de aberturas, localização de dispositivos elétricos e hidráulicos, etc), e; 2) *Sintaxe espacial* – que permite a identificação, a partir da forma, de locais mais e menos propícios aos deslocamentos no interior de edifícios.

Esta disposição da ***forma-espaço*** origina tipos de *relações*. Enfatizando, estas relações podem ser 'descritas' por meio da topologia. Segundo Medeiros (2003) *apud* Barros (2006, p. 33), a topologia "[representa] as relações espaciais que independem da forma e tamanho, associando-se à posição, hierarquia e conexão". Esta *hierarquia de relações* pode ser descrita segundo dois âmbitos teóricos[204]:

1) A função do espaço – âmbito sintático – a cidade enquanto arquitetura detém características que permitem a sua leitura, segundo seus

[200] Este um espectro ampliado, é objeto de intensa revisão no terceiro capítulo.
[201] Mais especificamente a etapa de *alocação de tráfego,* a qual se refere a procedimentos metodológicos e técnicas de simulação que estruturam, caracterizam e modelam movimentos veiculares. Esta e outras etapas são detalhadas no terceiro capítulo.
[202] Barros (2006,p. 3): "Baseiam-se em extensivo número de dados como: características sócio-econômicas da área, número de viagens realizadas, modo de transporte escolhido, motivo das viagens,etc;
[203] *Idem, p. 3: "*Estudam a configuração do espaço de cidades – [...] suas relações topológicas, que mostram como as partes interagem entre si";
[204] Adaptado, *Idem, p. 35;*

atributos físicos, sua estrutura, onde o observador pode interpretá-la e identificar os espaços a partir de feições urbanas, e;

2) O significado do espaço – âmbito semântico – [a cidade enquanto arquitetura detém características que permitem a sua configuração social, segundo seus atributos não-físicos, sua organização], de como ocorrem as [suas] relações entre grupos e indivíduos, clivagens sociais e hierarquias de poder;

Tendo em mãos estas premissas, Barros estabeleceu uma metodologia de modelagem configuracional, para identificar aspectos relativos tanto da estrutura (sintaxe) quanto da organização social de uma amostra urbana, na cidade de Brasília, no seu Plano Piloto. Sua metodologia se assemelha à presente pesquisa[205], e consistiu na seqüência de passos que levou em conta a técnica da axialidade da SE:

- Representação linear – construção dos segmentos de linha sobre uma determinada base cartográfica, [em função de] indicações precisas;
- Análise do Mapa [construído] – realizado por meio de *softwares* de SE[206] com a análise de medidas sintáticas em cada linha/segmento axial;
- Correlações estatísticas – etapa de associação dos dados configuracionais processados com dados de tráfego, identificando [padrões de relacionamento] entre as informações, e;
- Simulação – dos fluxos veiculares via cenários-testes por tipo de raio de conversão.

Seguindo esta metodologia, Barros aplicou-a a cidade de Brasília, mais especificamente no seu Plano Piloto (figuras 31 a 33) com o uso de dois *softwares*, o *Depthmap* e o *Saturn*. O primeiro, já descrito neste trabalho, foi utilizado no processamento dos mapas axiais e de segmento. O segundo, advindo da engenharia de tráfego, na simulação de fluxos veiculares.



Figura 31. Mapas do Plano Piloto: Axial e de Segmentos no Depthmap e de Alocação no Saturn. Fonte: Barros (2005, p.43-44).

Estudos anteriores ao de Barros já haviam tentado correlacionar medidas sintáticas de mapas axiais e variáveis de tráfego. Exemplo do trabalho de Cybis *et al* (1996)[207] que

[205] Metodologia também encontrada em outros autores, inclusive o desta pesquisa (Peponis *et al* 1997, Cybis, *et al* 1996; Cavalcante & Holanda, 2005);
[206] A autora utilizou a análise axial e de segmentos, com o *softwares* Mindwalk e Depthmap, já citados anteriormente;

somou-se aos anteriores de Krüger e Turkienicz (1986), Varela *et al* (1995) e Varela e Pessoa (1994)[208].

As conclusões sobre a comparação feita por Cybis, entre o Saturn e o mapa axial, na época inviabilizavam a possibilidade de associação entre dados de tráfego e dados configuracionais da SE. Esta visão 'distorcida' sobre o uso da SE em modelagens de movimento por parte dos analistas de transportes dá-se em função da cultura da engenharia de tráfego em observar os fluxos por uma ótica operacional. Esta 'visão' tem o foco *no movimento em si* e não, como se propõe a SE, nas condições físicas da *organização dos espaços na malha* que determinam 'por onde' os veículos 'tendem' em maior ou menor grau a se deslocarem.
Barros (2006, p. 52) comenta sobre esta 'visão', quando cita o trabalho de Well Connected (2000): "os humanos preferem rotas mais fáceis àquelas que são labirínticas". Ou seja, mesmo por caminhos longos, embora mais fáceis de memorizar, preferem-se utilizar estes caminhos vistos terem menos mudanças de direção, evitando os caminhos menores e labirínticos. Neste caso, a SE é mais eficiente na captura desta [*escolha cognitiva*] que os modelos tradicionais de transportes, tanto na sua representação como interpretação.

Cybis *et al* (1996) evidenciam esta percepção quando afirmam: "[os modelos convencionais de alocação] residem na tortuosidade de algumas rotas indicadas, que poderiam não ser utilizadas na prática por problemas *de orientação* e pela necessidade de os motoristas realizarem movimentos freqüentes de *conversão*".

Isto reforça o conceito e a interpretação da SE a qual tem o critério de escolha do movimento entre origens e destinos que ocorrem em função de sua variação *angular* (foco na distância topológica) e não da sua variação *métrica* (foco na distância real).
Muito embora os parâmetros que influenciam esta escolha topológica possam ter momentaneamente comparativos com aspectos *operacionais* ("evitarei percorrer trechos onde tem mais veículos" – movimentos), o 'desenho' mental, ou representação não é metodologicamente delineado pelo planejamento de transportes, mas sim pela sintaxe espacial.

Outra afirmação de Cybis *et al* (1996) evidenciada por Barros (2006, p.52) é que os modelos configuracionais – a SE - utilizam redes completas (toda a malha viária de

[207] que especificamente utilizou o software Saturn cuja cultura de utilização pelos analistas de transportes é mais intensa na região sul do Brasil e no Distrito Federal.
[208] Na época, idos dos anos noventa, tais autores influenciaram fortemente a escolha do presente tema para uma dissertação de mestrado do autor da presente pesquisa, apesar de terem tido outros focos de abordagem.

uma área de estudo) enquanto que os modelos tradicionais de alocação são estruturados em função de pré-determinados níveis de abrangência. Na modelagem tradicional, a interferência do analista é maior, pois ele pré-determina onde são as origens, os destinos, as vias da malha a serem utilizados, o tipo e quantidade de veículos a trafegar por tais vias.

A Sintaxe Espacial (SE) ***independe*** de tais parâmetros, pois utiliza somente as propriedades intrínsecas e topológicas, ditas "não-visíveis", próprias de sua representação, mas obtida de aspectos físicos da malha (os espaços de circulação, a pé ou veicular) para modelar movimentos. Além disso, enquanto os modelos de alocação de transportes retratam somente movimentos globais, a SE pode capturar movimentos locais e globais em função de pré-definição do número de conversões[209] ou *raios de integração* (R_i, onde i=1 a n / n= total de linhas axiais ou segmentos axiais da malha). A título de exemplificação, foram replicados os raios testados por Barros (2006, p.53 – 58): R_3, R_7, R_9, R_{11}, R_{15}, R_{19} e, R_n, sendo este último apresentado no anexo 4[210]. A autora também realizou comparações de resultados de correlações e regressões lineares entre a modelagem de tráfego e a configuracional. Ela realizou testes entre modelos de alocação, de axialidade e de segmentos para o Plano piloto de Brasília, 'com' e 'sem' a proposta de projeto para o setor Noroeste. Em sua metodologia, aplicou os coeficientes de *Pearson* (r) e de determinação (R^2) com e sem base logarítmica[211], para duas situações: a primeira, para dados reais de contagens volumétricas em 31 trechos viários; e a segunda, para dados simulados pelo *software* SATURN, em uma rede denominada *buffer*[212], devidamente calibrada e validada[213]. Como meio comparativo, utilizou a *Escala de Cohen*, apresentada na tabela 9 a seguir:

Tabela 9. Escala de Cohen- Relação entre Categoria e Correlação
Fonte: Cohen *apud* Hopkins (2002)[214]

Categoria	Correlação (R)
Inexistente	0,00 - 0,09
Pequena	0,1 - 0,29
Moderada	0,3 – 0,49
Grande	0,5 – 0,69
Muito Grande	0,7 – 0,89
Quase Perfeita	0,9 – 0,99
Perfeita	1

[209] Como explicitado anteriormente, as *conversões* são movimentos de mudança de direção ao 'dobrar uma esquina';
[210] As análises de seus resultados: gráfico e numérico são agregados ao capítulo 5.
[211] A autora optou pela base 10 (dez);
[212] Conhecida como rede *mode* no *software TransCAD®, Calliper Corporation*, utilizado na modelagem de tráfego da presente pesquisa (ver capítulo 3);
[213] Os conceitos de *calibração* e *validação* são expostos no terceiro capítulo.
[214] Barros (2006, p. 115), *op cit.*

Os resultados encontrados em Barros (2006, p. 129), descrevem uma melhoria no ganho percentual dos valores de *r* e R^2 para a Análise de Segmentos. Isto reforça a verificação de melhoria em trabalhos de Hillier e Iida (2005), Cavalcante ***et al*** (2007) e a presente pesquisa em andamento. Cabe diferenciar que o estudo de Barros (2006) considerou uma amostra de contagens de volumes em 31 trechos viários do Plano Piloto (figura 32), os quais, segundo a autora, explicariam apenas parte dos fluxos em toda a malha do plano piloto.



Figura 32. Mapa de Links de tráfego (RCL´s) do Plano Piloto – 18 trechos de contagens. Fonte: Barros (2006, p. 75).

Além disto, no processo de definição dos parâmetros de simulação da rede no SATURN, a autora arbitrou o volume total de viagens por Zona de Tráfego (ZT`s), em função do critério subjetivo de potencial de geração de viagens associado ao uso do solo, podendo ser: alto, médio ou baixo. O ***software*** SATURN realizou uma alocação em função destes parâmetros seguindo um processo cíclico-iterativo-comparativo entre o fluxo simulado [em toda a malha] e o observado [nos 31 links].

No processo comparativo, Barros verificou nos coeficientes das estatísticas *r* e R^2 uma grande aproximação entre as contagens reais a as simuladas (linhas evidenciadas em cinza). Contudo, foi detectado que nas vias locais, não computadas pelo SATURN, retornavam valores baixos, quase nulos ou nulos (figura 33).

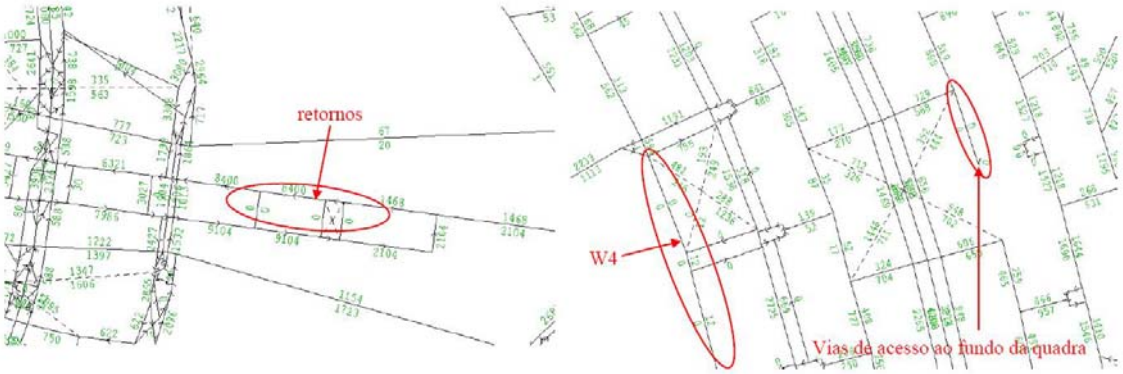


Figura 33. Fluxos baixos ou nulos – Alocação do SATURN.
Fonte: Adaptado de Barros (2006, p. 121).

As análises regressivas feitas por Barros, entre as contagens e os mapas: axial e de segmentos, demonstram a melhor aplicação do último para o setor de transportes, por sua lógica estar baseada em pequenos trechos sintáticos, nos segmentos entre *nós* e não apenas em linhas inteiras dos mapas axiais.

Cabe ressaltar que o estudo de Barros (2006) aplicou uma metodologia pioneira em termos exploratórios e que sua contribuição evidenciou a importância da SE na detecção global do potencial de movimentos. Contudo, o seu estudo revelou que novas investigações como uso da metodologia ASA deveriam ser expandidas para outros tipos e tamanhos de malhas[215]. Estudos anteriores e em curso procuram solucionar uma aproximação utilizando abordagens diferentes (tabela 3), e mais especificamente entre a modelagem de fluxos de tráfego e a configuracional da SE[216]. Apresentam-se a seguir as principais experiências realizadas com esta intenção.

2.6 Dimensões

2.6.1 Funcional - fluxos

A SE e os movimentos veiculares

Outros estudos desenvolvidos com a SE, mas que tiveram outros objetivos, foram adaptados ao problema foco. Um dos primeiros trabalhos nesta área foi o de PEPONIS *et al* (1997)[217], com o estudo realizado em Atlanta, Estados Unidos, em que, ao pesquisar os movimentos veiculares e de pedestres, buscou caracterizar por meio da metodologia da SE como um desenho urbano (barreiras e permeabilidades) afeta o uso social dos espaços. Outro estudo, de MEDEIROS (2004) já comentado

[215] Neste sentido, o presente trabalho procura contribuir em uma evolução deste processo, agregando outros focos, a da parcela da configuração como explicação de congestionamentos.
[216] Neste sentido, diversos objetivos e técnicas têm surgido e novas contribuições apontam para outras aplicações, como o uso da SE na hierarquia viária e na previsão de ocupação do solo.
[217] Buscavam mostrar que a distribuição do movimento e a co-presença estão em função da configuração espacial da malha, sendo esta uma relação acima dos impactos dos usos do solo.

anteriormente, embora tivesse o objetivo de melhoramentos da técnica de axialidade da SE, com as *linhas de continuidade,* também testou comparativos entre fluxos veiculares e medidas sintáticas.

No primeiro estudo foram realizadas contagens veiculares em duas grandes áreas ou bairros da cidade de Atlanta: Buckhead e Downtwon. O primeiro bairro caracterizado como subúrbio com grandes PGV´s[218]. Por sua vez, Downdown Atlanta, o centro, caracterizava-se por três malhas regulares que se "colidiam", por sua alta taxa de ocupação do solo e pela diversidade de atividades ali instaladas[219]. Neste estudo, Peponis procurou determinar se as distribuições de valores das variáveis sintáticas· tinham correlações significantes com a distribuição das densidades de tráfego veicular[220].

Ao final, foram detectados bons resultados de correlações entre os fluxos observados e as variáveis sintáticas[221] para carros a cada 5min em Buckhead: 0,54 (integração global), 0,57 (integração local, raio 3), 0,42 (conectividade) e para Downtown: 0,58 (integração global), 0,46 (integração local, raio 3) e 0,50 (conectividade).

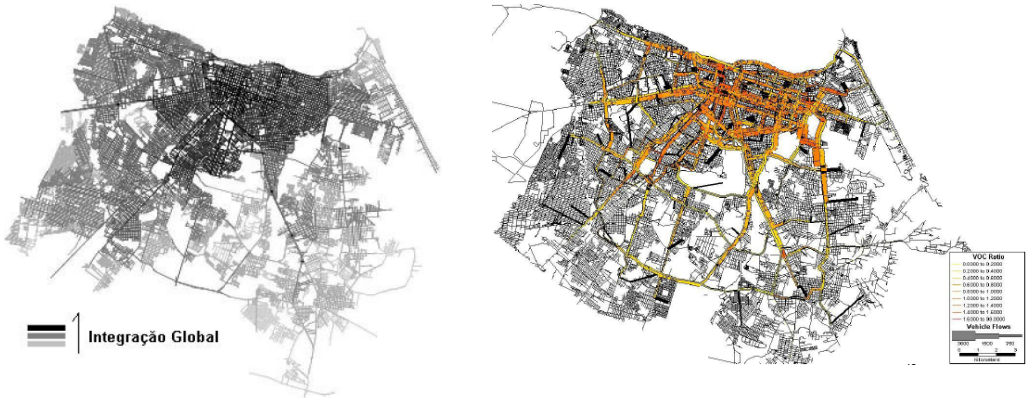
Para Fortaleza, em termos comparativos, são utilizados 960 pontos de contagem[222] no presente estudo para uma parte da malha de Fortaleza[223]. Esta oferta de postos de contagem em Fortaleza se diferencia do caso de Peponis pela *forma de obtenção dos dados de fluxos,* que, nesta pesquisa são contagens reais (volumes de tráfego), em valores absolutos obtidos em tempo real[224].

Em termos de escala, em relação a amostras da malha de Atlanta (Buckhead e Downtown), será utilizada uma área bem maior, quase a totalidade da malha de Fortaleza, porém, resultados parciais obtidos após a construção e processamento das linhas do mapa axial da cidade (total de 114.480 linhas) já acenam melhores valores de correlação ao reduzir-se para 877 linhas (6% da área total)[225]. Como esperado,

[218] Bairro com dois *shoppings* regionais de uso misto, com salas e lojas comerciais. Além disso, Buckhead continha grandes quarteirões ou quadras e baixa densidade de vias, com grandes espaçamentos entre elas. Os usos comerciais se localizavam em corredores viários mais importantes.
[219] A área citada era formada por pequenas quadras, repletas de edifícios antigos. Em termos globais, de toda a cidade, constituía a de maior centro de transporte metropolitano além de ter regiões adjacentes de lazer (*shoppings*). Ao norte, destaca-se a *Georgia Tech Campus* e ao sul a fronteira formada por ferrovias e grandes rodovias.
[220] Foram utilizados 70 postos de contagem em vias arteriais de Buckhead e 36 postos em Downtown utilizando-se por dia, a média de 20 observações por cada posto.
[221] As variáveis sintáticas mais utilizadas nesta área são: integração e conectividade. O presente estudo visa utilizar estas e outras novas variáveis mais recentes. A explicação sobre estas variáveis está contida no item *Técnicas e Variáveis.*
[222] Estes pontos são compostos entre 2 a 4 aproximações de 400 semáforos distribuídos em interseções ou cruzamentos viários.
[223] Espaço viário restrito entre o oceano atlântico e o primeiro anel viário da cidade.
[224] Dentre as variáveis testadas tem-se a saturação (relação Volume/Capacidade). Maiores detalhes no capítulo 5.
[225] Área resultante de duas centralidades descritas no capítulo 1: o centro antigo e o atual da cidade (Aldeota e Meireles).

esta área contém os maiores volumes de tráfego (figura 34b), uma maior incidência de *congestionamentos* além de uma alta concentração da quantidade de PGV´s (áreas mais escuras na figura 34a).

Ao comparar visualmente estas áreas com o mapa de simulação do movimento veicular[226], nota-se que nelas estão contidos todos os tipos de movimentos (anexos 6 e 7). Os movimentos "para" ou "com destino ao Centro e Aldeota", onde está a maioria dos empregos formais e informais; os movimentos "de", que se originaram naquelas áreas e se distribuem nos demais bairros periféricos e, os movimentos "de passagem" dos veículos que apenas passam pela área e possuem origem e destino em outros bairros externos.



34a - Mapa axialidade (14.408 linhas) maior densidade de movimentos. (Fonte: o autor)

34b - Alocação de tráfego na cidade de Fortaleza. (Fonte: AMC, 2006)

Figura 34 - Comparação: Modelagem Sintática e Alocação

Nota-se claramente na figura 34a processada com o *software Mindwalk*[227]*,* uma área mais escura, mais 'densa' em movimentos. Ao mesmo tempo, percebe-se também a mesma área quando modelada pela *Alocação de tráfego*[228] denotando forte correlação visual entre as duas análises. Com base nesta constatação este trabalho busca aproveitar a metodologia de Peponis *et al* (1997), mesmo tendo sido realizado há certo tempo, embora sua seqüência metodológica seja aplicável a estudos mais recentes. Constam nestes estudos algumas atualizações do ponto de vista de suas *técnicas* e *variáveis*, o que se comenta a seguir.

Técnicas e Variáveis

Como apresentado anteriormente, a *axialidade* é a técnica utilizada neste trabalho como forma de obtenção das variáveis sintáticas as quais são extraídas em *softwares*

[226] Mapa de fluxos alocado pela modelagem tradicional a ser explanada no capítulo 3.
[227] *Software* de Sintaxe Espacial desenvolvido por Lucas Medeiros (MEDEIROS, 2004). http://www.mindwalk.com.br
[228] Calibração feita com o *Stochastic User Equilibrium* (SUE) com alfa = 0,95 e beta = 9, com correlação de 0,695. Contagens de tráfego de 1997 e 2003. Maiores detalhes sobre o processo de Alocação de tráfego e os parâmetros 'alfa' e 'beta' da fórmula de calibração (BPR) são detalhados no capítulo terceiro.

específicos de SE: *Depthmap*[229] e *Mindwalk*. Nota-se, com o passar dos anos, o surgimento de novas variáveis oriundas desta técnica como derivações e atualizações das iniciais: *integração, conectividade e profundidade.* Em relação a novas técnicas, nesta pesquisa, optou-se construir um *mapa axial* que represente apenas os percursos descritos por veículos. Assim, apenas os espaços das ruas, avenidas e caminhos por onde os veículos possam passar são objetos de representação axial. Neste sentido, O presente trabalho propõe a elaboração deste mapa com o desenho de linhas duplas em situações de avenidas que possuem canteiro central (ex: passeios entre as faixas de tráfego).

Estudos estrangeiros como o de TURNER (2005), por exemplo, apontam para a possibilidade de aproximar a modelagem sintática com a de tráfego e, admitem a incorporação de modelos tradicionais de transportes como o *logit* e *probit* com algoritmos da sintaxe espacial.

Em seu estudo, em uma pequena amostra Turner identificou que a variável *choice* obteve um valor de $R^2 = 0,82$ de coeficiente de correlação, que pela escala de Cohen, é um bom resultado entre fluxos viários e a variável *integração*. Acredita-se que isto se deva ao fato de ter utilizada a técnica da Análise Angular de Segmentos ou ASA, em que o autor importou um *mapa de links (fluxos de tráfego) de transportes* de bases inglesas, denominado *Road-Center Lines maps*[230], ou RCL´s, e a converteu em um mapa axial em duas situações.

A primeira 'com' e a segunda 'sem' as linhas excedentes dos cruzamentos axiais característicos destes mapas, denominadas os *stubs*. Apesar de ter utilizado uma malha pequena de três quilômetros quadrados em sua amostra de Barnsbury, Londres, em suas recomendações o autor destaca a necessidade de investigação de seus procedimentos metodológicos e das variáveis *Mean Depth e Choice* para malhas maiores, ora em curso nesta pesquisa.

[229] UCL Dephtmap 5.04r. University College London (2000-2005). Autor: Alasdair Turner. VR Centre for The Build Environment. Bartlett School of Graduate Studies, London, UK. http://www.vr.ucl.ac.uk/dephtmap

[230] No Brasil, são conhecidos como 'mapa de fluxos' de rede modelada, 'rede modelada', 'mapa de links de tráfego', ou ainda simplesmente 'rede'. Em Fortaleza, é conhecida como 'Base de Logradouros' (arquivo: lograd.dbd), utilizada diariamente pelo órgão de gestão de tráfego da cidade,a AMC.

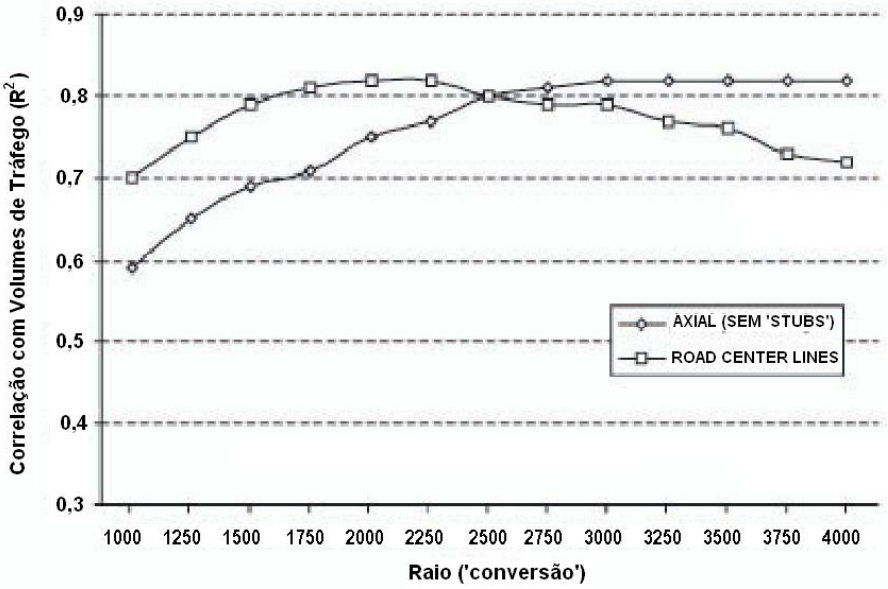


Figura 35. Correlação: fluxos veiculares x escolha ponderada para RCL´s.
Fonte: Turner (2005).

O resultado do estudo de Turner (figura 35) demonstra a necessidade de se investigar melhor este procedimento em mapas maiores e aposta no uso do raio métrico (*metric radius*) e da escolha ponderada (*weighted choice*), para novas medidas sintáticas.

Outro estudo, realizado por Hillier e Iida (2005), contesta esta proposta e revela uma mescla entre as formas de interpretação individuais sobre distância a percorrer, em três formas de interpretação (ou *escolha*) de um determinado caminho dentro da malha, partindo-se de uma determinada *origem* para um determinado *destino*. Esta escolha acontece segundo restrições ao mesmo tempo *topológicas* e *geométricas*. O conceito de distância para um motorista não é o mesmo para outro ao percorrer um mesmo intervalo na malha. Os autores demonstram melhores correlações com fluxos com a variável 'escolha' (*choice* para a SE, ou *betweenness* da teoria dos grafos, para os planejadores de tráfego), bem como que os movimentos de pedestres e veículos são formados por decisões compostas: *topológicas* e *geométricas* de forma conjunta.
No lado da SE, o uso do critério distância métrica já foi utilizado e não provou ser convincente sobre a obtenção de razões cognitivas para os movimentos. Portanto, sabe-se que existe uma lacuna neste sentido e que não está coberta, pelo menos totalmente, pela literatura atual[231]. Em termos conceitos de distâncias, Hillier e Iida[232]

[231] Como os estudos foram realizados em malhas de apenas três quilômetros quadrados, espera-se que o teste em Fortaleza, com uma malha maior (aproximadamente de 10.000 linhas axiais e de 114.000 segmentos axiais) e com um maior número de contagens (reais, obtidas de maneira on-line e modeladas), possa-se refletir um cenário mais próximo da realidade dos *congestionamentos* da cidade.
[232] Este conceito é derivado de estudos anteriores de Shinchi Iida, explicado por IIDA & HILLIER (2005), por sua vez desdobramentos de estudos anteriores de TURNER (2001), DALTON (2001,2003), DALTON, CONROY-DALTON PEPONIS (2003)

adotaram: a) comprimento métrico; b) mudança direcional, e; c) grau de mudança angular (figura 36).

Respectivamente, significam: (a) menores caminhos a percorrer (grafo em 'b'), (c) mínimas mudanças de direção e (d) o mínimo de caminhos angulares (grafo). Os resultados encontrados pelos autores após aplicarem os três conceitos a quatro bairros de Londres demonstram melhores resultados nas correlações para o conceito (b), mínima mudança de direção (*least angular turns*). Na média, das quatro áreas submetidas às correlações, Barnsbury obteve os melhores valores para fluxos veiculares (0,765) e de pedestres (0,706).

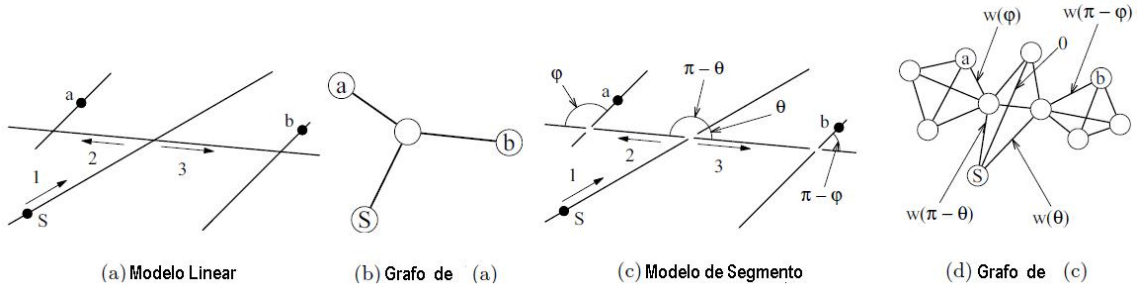


Figura 36. Três tipos de distâncias configuracionais.
Fonte: Adaptado de Hillier & Iida (2005)

Estes resultados comprovam que a despeito dos resultados de correlações anteriores, [em diferentes cidades do mundo], sensíveis diferenças nas correlações com movimentos ao serem testadas diferentes definições de *distância*. Está claro que as pessoas (motoristas e pedestres) definem suas rotas em função de propriedades, ora *geométricas* e/ou, ora *topológicas* da malha mais do que a habilidade de calcular precisamente as distâncias métricas de uma *origem* a certo *destino*.

Estudos mais recentes no Brasil indicam a melhor utilização da Sintaxe Espacial no auxílio à determinação da hierarquia viária. Exemplos como os de BARROS *et al* (2005) e (BARROS, 2006), utilizaram a SE para este fim. No primeiro trabalho, uma investigação na cidade de Brasília, constatou-se que a SE é melhor como uma ferramenta de definições de parâmetros de hierarquia viária, e não uma ferramenta de definição de velocidades, o que este trabalho também não se destina.

Outros estudos, como os de Cavalcante & Holanda (2005) e Cavalcante *et al* (2007) utilizam a SE para outros fins. O primeiro, ao definir uma pequena área da cidade de Fortaleza, supostamente crítica aos movimentos veiculares, na determinação de correlação entre a variável *integração* da SE e os valores da variável *capacidade* (volume de veículos por classe de via). O segundo, para sugerir uma metodologia de levantamento de outras prováveis variáveis explicativas para ao problema dos

congestionamentos dentro da área crítica - AC. Esta AC encontrada, caracteriza-se pela existência de transtornos de tráfego, tais como o mal posicionamento de recuos de lote, estacionamentos em fila dupla, pontos contra indicados à existência de Carga e Descarga, que ao final contribuem efetivamente na ocorrência de *congestionamentos* (figura 37)[233].



Figura 37. Mapa axial da área estudo processado no *MindWalk 1.0.*
Fonte: CAVALCANTE & HOLANDA (2005).



Figura 38. Área Crítica – AC, não recomendada à existência de *Atratores* (Pólos Geradores).
Fonte: CAVALCANTE *et al* (2007a).

Como resultado, para o primeiro artigo, verificou-se que *alguns eixos axiais* correspondem na prática à classificação das vias como mostra o mapa da figura 37. Entretanto, em outros eixos não há uma correspondência exata. Outra conclusão foi a de que seriam necessárias: (1) novas correlações em um mapa maior, (2) que a Sintaxe Espacial não deve ser utilizada como uma ferramenta direta de *definição de velocidades, ou de um nível de serviço ideal*, (3) mas sim uma ferramenta de auxílio indireto, ou potencial nas definições de parâmetros de hierarquia viária. Outra abordagem a ser investigada nesta pesquisas são as relações que envolvam os atores

[233] Os *métodos* de levantamento de tais variáveis compõem a quarto capítulo, a metodologia, onde são apresentados com maior riqueza de detalhes.

dos *efeitos* do *círculo virtuoso* ou *ciclo de movimentos* (Introdução, figura 4): o uso do solo, os movimentos e a forma da malha.

Em seguida, constatou-se em CAVALCANTE *et al* (2007) uma grande ocorrência de usos comerciais e de serviços (figura 38) nas vias detectadas em CAVALCANTE & HOLANDA (2005) confirmando-se uma forte ocorrência de transtornos de tráfego e de maior densidade de construção (número de pavimentos, área construída) em vias/eixos oficiais coincidentes com àquelas de maiores valores de *integração global.* Estes eixos coincidem com a maior concentração de atividades previstas na LUOS de Fortaleza de 1978.

A SE e os transtornos de acessibilidade e mobilidade na malha

Para o caso de Fortaleza, na prática da gestão urbana, pode-se dizer que tais transtornos são menos visíveis em escala *meso* e *macroscópica*s (escala de bairro, região ou cidade) e bastante evidentes na escala microscópica, em uma ou mais vias de uma determinada área ou bairro. Para uma via, estes problemas são mais percebidos pelas pessoas em dois momentos. Primeiro, no momento em que seus veículos (carro particular, ônibus, alternativo, etc) encontram-se retidos ou com baixa velocidade em determinadas trechos ditos 'congestionados' ou 'saturados'. O segundo, no momento em que o motorista precisa acessar alguma atividade (uso) na via saturada em questão geralmente localizada na AC (ver descrição no anexo 5).

Tomando estes transtornos como '*efeitos'* da má distribuição dos espaços de circulação e adicionando o poder ferramental da SE, torna-se possível analisá-los nas escalas *meso* e *macroscópica,* uma vez que a técnica da axialidade viabiliza a identificação dos trechos mais propensos a movimentos e congestionamentos. A lógica do trabalho dos autores é que apesar dos transtornos de *acessibilidade* na AC ocorrerem pontualmente no acesso *local* a um *atrator* (atividade), o valor da saturação (fluxos/capacidade) é uma medida operacional de *mobilidade global* em frente ao lote da atividade. Ou seja, faz-se necessário 'captar' os movimentos globais por influência da malha e associá-los (correlacioná-los) às impedâncias locais de acesso às atividades. Mas como ocorrem estas impedâncias nas atividades? Fato a detalhar a seguir.

A SE e os transtornos de acessibilidade e mobilidade a Atratores

Avançando na lógica de Cavalcante *et al* (2005), nesta pesquisa, em uma escala *microscópica* verifica-se que Fortaleza e a AC apresentam vias sintaticamente

determinantes no movimento veicular. Isto se deveria aos fluxos que percorrem 'toda a cidade' e 'parte' importante de suas centralidades (no caso, a AC), originando hierarquias viárias diferentes, a depender do *número de conversões* executadas. Pela lógica, estes fluxos tanto podem ser 'de passagem' como de 'origem – destino'. No primeiro tipo, os fluxos apenas 'perpassam' a AC, e no segundo tem *origem* ou *destino* em suas atividades[234]. Tomando por base estas premissas optou-se pela utilização de dados de *transtornos de tráfego* coletados em campo, por lote, tipificando conjuntamente a atividade vinculada, seu porte e ocupação econômica e social dentro da AC e da cidade.

Como contribuição, esta caracterização viabiliza a detecção, agregando as variáveis sintáticas, do perfil e das atividades *atratoras de fluxos* (PGV´s) mais significativas que acirram o fenômeno dos congestionamentos, a exemplo de clínicas médicas e farmácias em vias de grande fluxo (anexo 5). Esta detecção categorizada tanto pela análise social como funcional, viabiliza identificar como a dispersão das atividades na AC aliada à própria evolução da forma da malha explicam os problemas de *acessibilidade global e local.*

Estudos anteriores de VAN NES (2002: 2003a: 2003b) e DESYLLAS (2000), tendo outros objetivos, revelaram a influência da malha na dispersão e alteração das atividades. Em Van NES (2002), revela uma abordagem específica sobre rápidos projetos viários em áreas urbanas de Birmingham, Coventry, Wolverhampton and Bristol. Estes projetos tiveram que ser elaborados e analisados apressadamente e a autora optou pela SE como rápido método de identificação de impactos espaciais na dispersão de novas atividades e de alterações de usos das já existentes.

Em uma crítica ao processo de planejamento destas vias, Van Nes analisa a ocupação do solo 'antes' e 'depois' da construção das novas malhas e comprova os impactos que são originados (os *efeitos quaternários*) após sua implantação. Seu estudo enfatiza o uso da SE em modelos 'configurativos' ou 'relativos à configuração', em uma notória defesa da morfologia como indutora dos novos padrões de ocupação[235].

Van Nes percebeu que o '*o tipo de conexões impostas [no projeto atraiu a nova ocupação de comércio e serviços]*'[236]. Além disto, ela percebeu os efeitos 'maléficos'

[234] Segundo a Lei 7.987, de Uso e Ocupação do Solo de Fortaleza: Residencial, Comercial Varejista, comercial Atacadista, Depósitos, Serviços de Oficina e Especiais, Serviços Bancários, ..., Comércio e Serviços Múltiplos, etc.
[235] Tese bem próxima ao intuito deste trabalho, mas divergente em se tratar apenas da ocupação do solo.
[236] Resumo e tradução de nossa responsabilidade.

da nova configuração. Em trabalho semelhante, VAN NES (2003a) analisou dois outros projetos em Oslo e Eindhoven. Embora como o anterior o foco tenha sido para os pedestres, conseguiu detectar importante observações. Primeiro: pequenas centralidades dependentes em alto grau de *conectividade* com duas conversões são mais indicadas para pedestres e formam-se espontaneamente. Segundo, centralidades pontuais, do tipo *shopping centers* tendem a se localizar ao lado de vias de grande *integração global*, bem próximas a interseções viárias.

Estas conclusões, apesar de óbvias, foram confirmadas pela pesquisadora, mas para uma realidade européia, com amostras que envolvem aspectos sociais e econômicos completamente diferentes da realidade brasileira e nordestina. Estas conclusões divergem um pouco, por exemplo, de estudos de localização de atividades de foco empresarial, em uma visão mercadológica (HUNT, 1997) *apud* PORTUGAL & GOLDNER, 2003, p. 60). Por outra, em uma visão morfológica, Van Nes verifica uma tendência 'globalizada' de que:

> " A localização de pequenos varejos estará nas áreas de alta densidade viária de áreas urbanas enquanto que a localização de grandes varejos (*shopping centers*) ocorrerá a depender da [dispersão] da *conectividade* total da malha. Assim 'lojas' sempre buscarão localizações ótimas *independentemente* das mudanças sociais, dependendo exclusivamente da configuração da malha" (Van Nes, 2003a)

Esta forte afirmação tem comportamento diferente na realidade brasileira, uma vez que em parte diverge do que foi revisado em Fortaleza no primeiro capítulo onde o caminhamento da *centralidade-função* (centro da minoria) eclodiu e migrou para nova posição na malha, acompanhando o caminhamento da elite socioeconômica[237], enquanto que a *centralidade-lugar* (o centro da maioria) manteve-se!

Esta característica de *dualidade* do 'centro' e de policentralidades atende a tipos de malhas e organizações sociais diferentes na realidade brasileira. Em termos de malhas, a revisão de Medeiros (2006) e Medeiros & Amorim (2007) identificaram taxonomia de cidades do mundo e do Brasil, adquirindo semelhanças interessantes das cidades brasileiras com as do oriente médio, tipificando uma malha do tipo '*colcha de retalhos'* de várias outras malhas (loteamentos) acumuladas ao longo de anos.

A SE e os transtornos de acessibilidade local a Atratores na AC

[237] Também é fato que a mudança desta centralidade só ocorreu porque novos traçados foram preparados para o acolhimento de novos pólos de atração. Isto caracteriza o aspecto dual ***sintaxe*** *(malha)*- ***significado*** (uso e ocupação).

Na realidade este item é um r*esultado investigativo* do estudo de caso, sendo analisado ao final do trabalho. Observa-se, no entanto, em uma escala *mesoscópica,* na AC e suas proximidades, tipos de ocupações de varejo como Comércio Varejista (CV), Serviços de Alimentação e Lazer (SAL), os quais vêm ocupando as vias do tipo 'coletora' em um processo anterior a transformação destas em vias do tipo 'arterial'.

Nota-se também que esta transformação seria resultante de novas ocupações na AC e configuração da malha de toda a cidade, em que outras atividades *atratoras* acirrariam a ocorrência de transtornos. Agregue-se a isto uma visão pontual dos proprietários destas atividades, que acusam erradamente os gestores de tráfego como causadores dos problemas de dificuldades de seus clientes em acessar seus comércio e atividades liberais. Quem realmente tem razão?

O efeito *o 'cachorro atrás do rabo!'*

A crítica empírica precisa ser investigada e sua veracidade testada, mas isto foge ao escopo deste trabalho. Contudo ficam as perguntas: quem projeta e permite que estas atividades na AC coexistam tão próximas entre si, gerando transtornos? Como são estimados os impactos na malha quando da implantação das atividades? Caso existam, atualmente como são estimados os *fluxos* e *capacidades* em frente a estas atividades? Existem estudos que envolvam ambas as variáveis? Sob a lógica dos transportes, a morfologia (SE) é um aspecto a ser considerado nas análises de fluxos?.

As respostas estão delineadas no capítulo 3, a seguir.

CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 3 - MODELAGEM DE TRÁFEGO

O presente capítulo apresenta uma revisão teórico-metodológica de como são modelados os fluxos de tráfego em cidades e, mais especificamente, em Fortaleza culminando no problema-foco: os *congestionamentos*. Passo seguinte: revisam-se as legislações referentes à implantação de Pólos Geradores de Viagens em cidades brasileiras, e, mais especificamente, para Fortaleza. Conclui-se o capítulo com um resumo da prática, em Fortaleza, de previsão de fluxos de tráfego, sua modelagem e a influência que os PGV´s exercem como efeito *terciário* e *quaternário* na malha viária.

3.1 O Processo de Planejamento de Transportes

A compreensão de modelagem de tráfego em cidades tem como base teórica o planejamento de transportes o qual segue orientações clássicas dos chamados *princípios de análise* abordados por MANHEIN *apud* ARRUDA (1989)[238].

Em resumo estes princípios estão reunidos em dois grandes grupos. O primeiro grupo, afeito a modelagem de transportes, é composto pelos princípios de I a V, que identificam o *sistema em foco* – o que deve ser incorporado na análise do sistema de transportes, e quais interações significativas dentro do sistema devem ser considerados. O segundo grupo, afeito a modelagem de tráfego, é composto por princípios de VI a IX, considera o *problema em análise* – ou seja, quais as opções ou alternativas estão postas para o analista, e quais fatores devem ser considerados na tomada de decisão, principalmente, das viagens. Segundo Manheim, estas *decisões de viagens* ocorrem em função do *tempo* e da *segurança,* do *custo* e do *conforto e conveniência* (tabela 10).

Tabela 10. Decisões de viagens para o motorista/pedestre.
Fonte: o autor, adaptado de Manheim (1989).

Tempo	Segurança
➢ tempo total de viagem ➢ Confiabilidade – estimativa da variação no tempo de viagem ➢ Tempo gasto em pontos de transbordo ➢ Freqüência do serviço ➢ Programação horária	➢ Probabilidade de fatalidade (ou destruição de mercadorias) ➢ Probabilidade de tipos de acidentes (vibração do veículo, colisões, etc)
Custo (para o usuário)	**Conforto e Conveniência**
➢ Tributos diretos sobre o transporte ➢ Outros custos diretos de operação (carregamento, documentação, controle, etc) ➢ Custos indiretos (armazenagem, amortização, seguros, etc) ➢ Custo Ambiental (produção de carbono)	➢ Número de transbordos ➢ Conforto físico ➢ Conforto psicológico (*status*, privacidade, etc) ➢ Outros aspectos (bagagem, bilhetagem, etc) ➢ Agradabilidade da viagem ➢ Vivência estética
Apreensão do espaço	**Distância**
➢ Conhecimento das vias ➢ Escolha da rota por percepção do espaço ➢ Conhecimento das conexões espaciais	➢ Conhecimento das distâncias (km) a percorrer

[238] Recomenda-se a leitura prévia destes conceitos para compreensão do planejamento de transportes e de tráfego em cidades. Neste trabalho faz-se somente um resumo explicativo.

Por Manheim, percebe-se que as decisões de viagens estão mais relacionadas a custos x tempo, apesar de incluir os aspectos de conveniência e conforto, tais aspectos que podem ser 'dissecados' em dois segmentos. O primeiro: à distância, de natureza direta, mensurável, porém de difícil utilização pelo usuário das malhas. O segundo: a capacidade do usuário em compreender, 'ler' a cidade, saber seus limites, sua localização, sua organização física, a *configuração,* obtida a partir da *apreensão do espaço* da cidade (tabela 10).

Geralmente, no momento de decidir qual rota deva seguir um *motorista-típico* não *calcula a distância* das rotas de forma precisa, direta, ou as compara mentalmente ou em um mapa. Na maioria das vezes, sua escolha é feita em função de apreensão ou *domínio do espaço* em que se encontra, do que vai percorrer e daquele onde quer chegar. Em função deste conhecimento *do todo* é que ele escolhe *as partes* que irá percorrer.

Portanto, esta escolha requer do condutor (motorista, usuário do sistema de transporte público por ônibus, taxista, pedestre, etc) um mínimo domínio do espaço que utiliza, sob pena de percorrer distâncias maiores, gastar mais para tanto (combustível e/ou energia), tempo (minutos, horas), etc. No caso da cidade de Fortaleza, como será devidamente tratada no quinto capítulo, esta dispõe de um sistema parcial de controle de tráfego veicular em tempo real, que redimensiona o sistema semafórico periodicamente ou por solicitação. Ocasionalmente, ocorrem infortúnios de tráfego ou transtornos de movimentos veiculares[239].

Como trata Manheim, são importantes: o *custo, o tempo, a segurança, o conforto*. Porém, assume-se nesta pesquisa que se ater preferencialmente à dimensão 'custo' é tangenciar outras variáveis que contribuem e que são importantes na escolha dos *fluxos*, tais como as relativas à configuração da malha, obtidas pela SE.

3.2 Revendo a teoria de modelagem de fluxos.

Tradicionalmente, o modelo utilizado para a previsão do tráfego (ou fluxos veiculares), sua qualidade e quantidade, é o Sistema de Modelagem de Transportes Urbanos[240] (UTMS), ou Modelo Seqüencial ou também conhecido por 'Quatro Etapas' (4E). Como

[239] A investigação baseia-se que tais transtornos já caracterizem uma tipificação subjacente (oculta), resultante da determinação dos movimentos em função da configuração da malha. *E*sta configuração é analisada não do ponto de vista *do mercado* ou da *economia urbana, logística urbana*, ou de qualquer outra adjetivação imprópria à arquitetura e urbanismo e sim enquanto *artefato*, meio de movimentação, onde a *oferta* de *espaços* é premissa anterior à *oferta mercadológica* de serviços e produtos (empregos).
[240] Do inglês, UTMS, ou Urban transportation Model System.

já enfatizado anteriormente por autores como Ortúzar, Muller, Oppenheim e outros, os *insumos* ou *inputs* para o cálculo de fluxos no UTMS são a distribuição espacial de empregos e *domicílios*, além de outras atividades na área urbana. Eric Pas (1995) enfatiza que estas localizações devem ser pré-estabelecidas na primeira sub-etapa da Análise Técnica, mais precisamente no Modelo do Sistema (Uso do Solo- Atividades) identificado na figura 39.

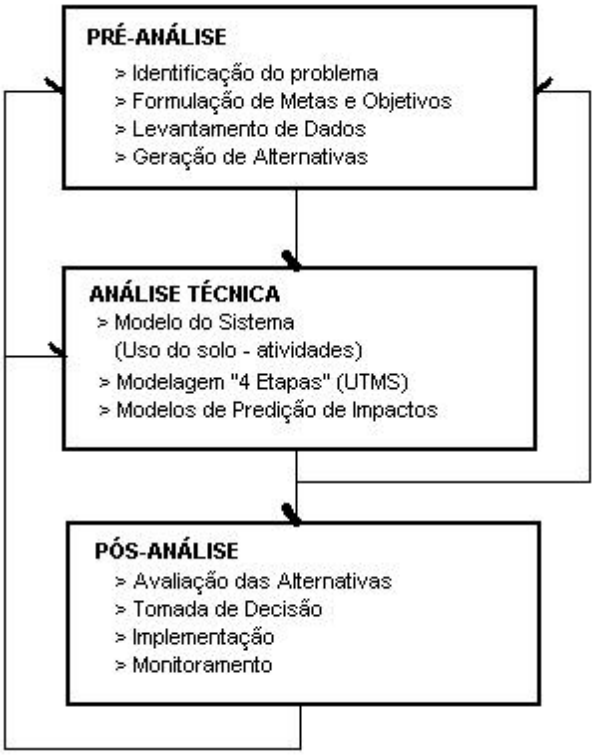


Figura 39. O Processo de Planejamento de Transportes Urbanos.
Fonte: Adaptado de PAS (1995).

Na prática, esta etapa da modelagem é pouco conhecida pelos engenheiros de tráfego por uma visão arquitetônica. Ao mesmo tempo, esta etapa é simplesmente acolhida sem a devida crítica pelos planejadores urbanos, que, na maioria arquitetos e urbanistas dos órgãos de gestão urbana sem a formação acadêmica com este foco, não conhecem com profundidade os problemas e nuances do planejamento de tráfego, restringindo-se somente ao microzoneamento das atividades urbanas.

Na verdade deveria existir, a exemplo do processo descrito na figura 39, uma maior integração profissional entre engenheiros de tráfego e arquitetos/urbanistas, na composição da sub-etapa de modelagem do sistema. Em tese, caso isto fosse seguido, ter-se-iam na *saída* do processamento da modelagem UTMS os melhores cenários nos 'Modelos de Predição de Impactos'. Acredita-se que embora isto fosse seguido, pelo não conhecimento das interferências da configuração da malha em si no

processo tradicional utilizado atualmente, não se teria uma resposta mais aproximada da realidade dos fluxos e seus impactos ora estimados pela engenharia de tráfego.

Dando seqüência aos e*feitos e suas abrangências* descritas no resumo da tabela 3, parte-se daqui em diante para detalhamento do *planejamento de tráfego*, na compreensão de uma de suas etapas, a modelagem de fluxos, ou também conhecida modelagem da demanda.

Segundo MANHEIN *apud* ARRUDA (1989) a análise de sistemas de transportes passa pela compreensão dos diversos aspectos ou variáveis que os definem, como a **tecnologia** de transporte utilizada; o padrão de configuração geral da **rede viária** e sua localização geográfica aproximada dos seus trechos[241]; as **características** das redes, trechos[242] e nós; o número e características dos modais (tipos de **veículos**) a transitarem nas redes; e as **políticas de operação** sobre rotas e acessos[243].

Contudo, estes aspectos ou variáveis são escolhidas segundo um determinado contexto de um *sistema de atividades sociais e econômicas*, ou seja, os eventos e políticas que ocorrem no espaço e no tempo em uma dada região. Estas iterações, que podem ser reais[244] ou potenciais[245], determinam a demanda por transportes e, por outro lado, os serviços de transporte ofertados afetam em parte os níveis ou padrões espaciais[246] destas iterações.

Já se percebe, na literatura de transportes, uma preocupação sobre *ação* e *reação* na relação *transportes* e *usos do solo*. Observa-se também, apesar de não ser ainda explicitada pelo setor de transportes, a palavra "padrões espaciais" das iterações. Mas que *padrões* seriam estes?

Na prática, a preocupação premente sobre as atividades, sua distribuição e zoneamento não tem sido de incumbência dos planejadores de transportes, e sim dos arquitetos e urbanistas. Destaca-se, neste trabalho, uma *lacuna* metodológica já detectada naquela época: da necessidade de se investigar as relações (iterações) entre os *movimentos*, e as *atividades (usos do solo).* Esta *falha*, em parte acadêmica, em parte de gestão urbana, se prolongou por muito tempo e ainda continua existindo

[241] Aqui também objeto de análise, traduzida por (segundo texto do autor)
[242] Onde os trechos correspondem às vias-rodovias, aerovias, etc, além de suas facilidades físicas;
[243] Programação horária (p. ex.:semafórica) dos trechos, tipos de serviços ofertados (p. ex.: fretes, política tarifária de transportes urbanos, políticas de restrição de circulação, a exemplo do 'rodízio' de placas no município de São Paulo).
[244] Entendam como *reais* as medições precisas das iterações entre as atividades;
[245] Entendam-se como *potenciais* aquelas iterações que não sejam precisamente medidas entre as atividades e os demais contextos citados acima.
[246] Padrões espaciais são os padrões de movimento espacializados na cidade, sua distribuição e caracterização nas malhas viárias.

um grande *hiato* entre os profissionais. Resgata-se neste trabalho a necessidade de aproximação ou integração de conhecimentos de ambas as áreas.

Em seqüência, ao raciocínio sobre os ***efeitos*** ou *impactos* ocasionados pelos sistemas de transportes, nota-se também nos comentários de Manheim, o agrupamento em cinco *tipos de impactos*. O primeiro, nos **usuários**: ocorre por localização da região em estudo, por propósito de viagem e por grupo socioeconômico. O segundo, nos **operadores**, ocorre por modo e por tempo. O terceiro, o **físico,** acontece por tipo de impacto e por trecho. O quarto, o **funcional,** ocorre por localização na região em estudo e por tipo. O último, o **governamental**, acontece por localização e por nível, a exemplo [das ações políticas] de parlamentares federais, estaduais e municipais, além de grupos de cidadãos.

Na prática, para estudos de transportes, os mais considerados são: **físicos** e **funcionais**. De qualquer sorte, é característica essencial dos transportes, e mais, especificamente do tráfego, a incidência diferenciada dos seus impactos. Neste processo, os profissionais arquitetos e urbanistas estão distantes da visão destes impactos, principalmente pelo viés do tráfego, muito menos sobre a previsão de fluxos, algo que este capítulo busca explicar.

O conceito da literatura sobre os *sistemas de transportes*, em sua categoria de *previsão de fluxos*, ou movimentos, tem trabalhado tradicionalmente em uma ótica de equilíbrio entre a *oferta* e *demanda*. Para a medição deste equilíbrio, necessário se faz que sejam conhecidos todas as origens e os destinos das viagens que originarão os fluxos. Para tanto, sistemas computacionais utilizam algoritmos ou rotinas de simulação de fluxos com base nestes parâmetros. Surge a indagação: Como é medida a qualidade do tráfego?

Não apenas no Brasil, tendo como referência Manheim, a comunidade de transportes adota como parâmetro de análise de fluxos o conceito de *Nível de Serviço* (NS), um índice que reflete a qualidade do tráfego e que oscila em função de variáveis do tipo: tempo de viagem (média e variância), custos de viagem (combustível), segurança, conforto, qualidade ambiental, etc. Em termos de variáveis, tem-se que o equilíbrio do sistema, ou dos movimentos na malha, é função do arranjo entre as *funções de oferta* e *funções de demanda*:

Funções de oferta (S) (equação 8):

$$L = S (T, V) \quad (8)$$

Funções de demanda (D) (equação 9)
$V = D (A, L)$ (9)

Em conseqüência, o Equilíbrio do sistema é dado por (equações 10 e 11):
$L = S (T, V)$ (10)
$V = D (A, L)$, dado (V_0 , L_0) (11)

Onde:
T = especificação do sistema de transportes, em termos de conjunto completo de opções (variáveis: infraestrutura e modais);
A = especificação do sistema de atividades (usos do solo, inclusive características exógenas);
F = padrão de fluxos no sistema[247];
L = NS[248], características de serviço de um fluxo ou de um conjunto de fluxos[249], e;
V = volume dos fluxos[250].

Ou seja, (T x A) é função de F = (V, L).

Traduzindo, o nível de serviço L, ofertado por um sistema de transportes, é uma função de oferta S, das opções de transporte T, e do fluxo V. Por sua vez, o fluxo V, é uma função de demanda D, das opções do sistema de atividades (A = usos do solo[251]) e do nível de serviço L. O padrão de fluxos F, definido como os volumes e níveis de serviço que realmente ocorrerão para um dado (T, A) é a solução de equilíbrio nas relações entre a *oferta* e a *demanda*. A interpretação gráfica desta formulação é mostrada na figura 40 abaixo:

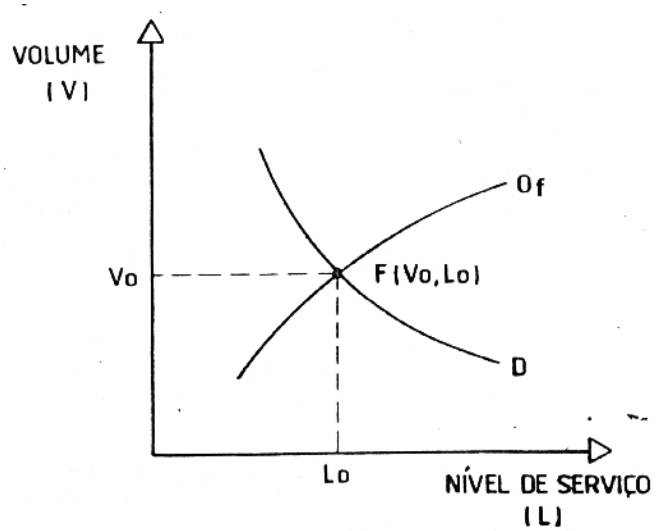


Figura 40. Esquema do equilíbrio simples do sistema (F) entre a oferta (O_f) e a demanda (D) para a relação Nível de serviço (L) *versus* Volume veicular (V).
Fonte: ARRUDA, J. B. (1989), adaptado de Manheim (1989)

[247] Em hipótese, nos diferentes momentos: eventos I, II, III e IV. Vide figura 4;
[248] NS = Nível de Serviço;
[249] Aspectos puramente operacionais, típicos do evento II (figura 4);
[250] Número de veículos na hora pico por seção de via. Por exemplo: 300 veic./h para via arterial 2, etc.
[251] Neste caso do presente estudo, dos diversos atratores ou magnetos (HOLANDA, 2002), ou no verbete de transportes, os PGV´s.

Percebe-se que na curva de demanda (D), na medida em que se aumenta o volume de veículos (V), o Nível de Serviço (L) diminui, ou seja, a qualidade do tráfego, sua lentidão e *congestionamentos* ocorrem com maior freqüência, compondo variáveis inversamente proporcionais.

Por exemplo, quando acontece uma expansão da malha, como os alargamentos viários, conseqüentemente ocorrem: um aumento da oferta (O_f), um aumento do volume veicular que ocupa estes espaços e também um aumento do nível de serviço (L). Ou seja, a medida que a malha se expande, surgem mais carros e a lentidão do tráfego eleva-se em número e com ela surgem mais *congestionamentos*.

Teoricamente, para se evitar este efeito do círculo vicioso, deve-se encontrar o ponto de equilíbrio F, que ocorre em função de um nível de serviço L_0 compatível com um dado volume veicular V_0, respectivamente, para a oferta (no caso os espaços viários) e a demanda veicular, no caso viagens (D). Portanto, o controle constante do ponto de equilíbrio 'F', que é dinâmico no tempo e espaço e é condição para uma malha 'ideal', sem congestionamentos. Em tese, o monitoramento constante da expansão da malha e a ocupação do solo seria o ideal para um *equilíbrio do tráfego*, uma vez que se teria a readaptação dos fluxos às demandas dinâmicas de atividades e de oferta viária crescente.

Sabe-se que atualmente esta metodologia de controle é onerosa e de difícil mensuração. Um fato que justifica o descompasso com esta metodologia é a rápida e constante alteração das malhas viárias no Brasil, muitas vezes ocasionada por assentamentos irregulares, descontinuidades de loteamentos, além das alterações de usos que caracterizam a deficiência no controle urbano.

Do ponto de vista dos transportes, verifica-se que estes parâmetros de análise dos fluxos estão baseados em aspectos geométricos relativos a distâncias a percorrer na malha (km) e/ou impedâncias ou restrições de velocidade e custo. Esta análise não considera *os efeitos primários* e *secundários* da malha oriundos de sua *configuração* e do posicionamento de *atratores*. Compreendida a análise da qualidade dos fluxos, como é modelada e analisada a quantidade de fluxos? Item explicado a seguir.

3.3 Como o a modelagem de fluxos vem sendo abordada

> Em termos mundiais, a literatura segue basicamente os princípios do *planejamento de transportes,* suas diversas metodologias e técnicas de mensuração. Este trabalho apresenta sucintamente em termos de

influências das práticas de modelagem na realidade brasileira e detalha, em Fortaleza, a etapa da *alocação de fluxos,* ultima fase da modelagem UTMS. Em seguida, discorre-se sobre os propulsores dos efeitos terciários e quaternários, atratores ou *Pólos Geradores de Viagens* (PGV´s).

3.3.1 Aspectos históricos que influenciaram os processos de modelagem no Brasil

Apesar de seguirem a mesma metodologia diversos autores conceituam a modelagem e a interpretam de maneiras diferentes[252]. Segundo John Bates (BATES, 2000), os fundamentos da modelagem de transportes foram desenvolvidos nos Estados Unidos da América durante os anos 50, em um contexto pioneiro originado nas cidades de Detroit e Chicago, em seus respectivos departamentos de estudos de transportes (DOT[253]). Para Bates, em termos de crescimento e alternativas na modelagem, as técnicas mais evoluíram do que revolucionaram as metodologias, embora tenham surgido mudanças importantes.

Nestas mudanças observa-se de um lado, a evolução de modelos baseados na teoria econômica e de outro a evolução computacional no processamento de modelos em si. Segundo Bates, em termos práticos, o modelo quatro etapas (4E) estabelece as bases teóricas de modelagem na economia e no conceito de equilíbrio do sistema de transportes[254]. Outros autores como Macnally, Hensher e Button (ver HENSHER & BUTTON, 2000), ratificam estes mesmos conceitos e formas de evolução.

Entretanto, uma variante metodológica, a de Peter O. Muller (MULLER, 1995), apresentou novos conceitos sobre a forte relação entre os transportes intra-urbanos e a forma espacial das metrópoles americanas. Pesquisador da Universidade de Miami, Muller defende que exista uma forte correlação entre os padrões geográficos urbanos como produtos de valores do uso do solo, recursos naturais, disponibilidade de investimento de capitais, ações de mercados privados e outras tecnologias infra-estruturais. Com esta variante, Muller retoma conceitos de inclusão de outras variáveis que influenciam os movimentos, não se detendo somente nas questões macroeconômicas[255].

Muller chegou a classificar a evolução do crescimento intrametropolitano americano e seu desenvolvimento de transportes em quatro grupos: (1) Era dos pedestres e tração

[252] Para maiores detalhes de outros conceitos, recomenda-se a leitura de Órtuzar e Willumsen, Norbert Oppenheim, Susan Hanson, Petter O. Muller, Hensher & Button, John Bates e Michel MacNally.
[253] Do inglês, Departament of Transportation.
[254] Conceito de demanda *versus a* oferta explanado no item anterior.
[255] Ao analisar duzentos anos de evolução de metrópoles americanas, Muller percebeu que *a cultura influencia a experiência urbana*. Para Muller, as bases da formação cultural urbana dos americanos têm raízes entre a guerra civil e a segunda grande guerra mundial, quando se observa um rápido crescimento da industrialização da nação.

animal (1800 a 1890); (2) Era dos carros de tração elétrica (1890 a 1920); (3) Era automobilística recreacional (1920 a 1945), e;(4) Era das *freeways* (1945 até hoje). Segundo Muller a evolução espacial das cidades americanas é completamente contrastante com os valores e configurações de cidades européias (figura 41).

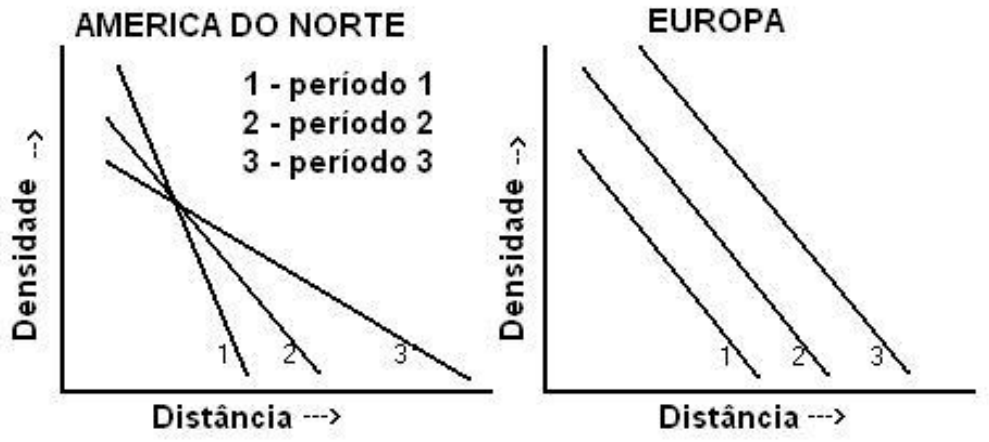


Figura 41. Gradientes de densidade *versus* tempo nas metrópoles norte americanas e européias.
Fonte. Adaptado de Muller (1995).

Nota-se pelo gráfico da figura 41 que as cidades européias mantêm o centro antigo na medida em que se expande em períodos de tempo, ao contrário das cidades americanas, cuja densidade populacional se dilui na medida em que as distâncias aumentam[256]. A observação do autor revela a percepção de que o espaço influencia na distribuição dos movimentos e vice-versa. Apesar disto, esta vertente de Muller ficou esquecida ao longo dos anos e, para a América latina e especificamente no Brasil, a cultura técnica ainda utiliza a vertente macroeconômica com esteio de previsão de fluxos.

Como rebatimento as cidades brasileiras também sofrem os efeitos desta escolha, onde suas cidades são em grande parte, fruto de uma mescla de colonizações européias (portugueses, holandeses, franceses), mas atualmente sob controle de congestionamentos por modelagens advindas da América do Norte, com aspectos daquela realidade, inadequadas ao Brasil. Este contexto contribui para a situação confusa em que se encontra a gestão de tráfego em nosso país, pois o desenho das cidades é de influência européia, mas o controle de tráfego é americano, e a ocupação é pouco fiscalizada. Algo precisa ser feito e este trabalho contribui para exame da configuração das cidades com a modelagem de fluxos, de forma complementar.

[256] Ao contrário dos americanos, os códigos de planejamento e o zoneamento, bem como de desenvolvimento de utilidades (atividades, infra-estruturas) nas cidades européias são determinadas por fortes políticas governamentais. O forte controle do estado sobre alugueis e também a escassez de terra para viver obriga os habitantes europeus a permanecerem mais coesos em termos de usos do solo, principalmente no aspecto moradia.

3.4 Modelagem

Inicialmente, antes de caracterizar como é feita a modelagem de tráfego em Fortaleza, suas limitações e propostas de superação, parte-se para explanação de conceitos mais amplos de modelagem no intuito de preparar o leitor para uma melhor compreensão da revisão.

A definição de *modelagem* e *modelo* varia entre os autores clássicos. Destacam-se as definições de Owen *et al*[257] *(1996), apud.* BARROS (2006, capítulo 3, p.1) e Norbert Oppenheim (OPPENHEIM, 1995). No primeiro, em aspecto geral, *modelagem* consiste em: "uma representação e aproximação dos atributos de uma situação real, de modo a simular situações atuais e futuras com o objetivo de entender e predizer o comportamento de sistemas reais". No segundo, específico para a área de transportes, a *modelagem* é: "o desenvolvimento de formulações matemáticas que representam padrões de viagens observadas por modos de transporte, seu volume, velocidades e nível de congestionamento nos *links* de uma rede pré-estabelecida".

Portanto, em um conceito mais específico, *modelagem* refere-se a qualquer representação de uma dada situação real, que possibilitem a identificação de *padrões*, no caso viagens ou movimentos, por meio de indicadores[258] ou variáveis representativas destes padrões.

O conceito da *modelagem* de fluxos veiculares torna-se mais compreensível ao entendermos o principal indicador de qualificação destes fluxos: o Nível de Serviço (NS). Como visto anteriormente, o NS diz respeito à qualidade do tráfego, considerando uma determinada variável de desempenho da fluidez viária[259]. A classificação do NS varia em função de uma gradação conceitual, de "A" a "F", sendo o primeiro o sistema 'equilibrado' e de melhor qualidade e fluidez e o último o de pior qualidade ou de pior fluidez[260].

Um sistema é dito 'equilibrado', ou de NS = "A", quando todos os fluxos veiculares estejam ocorrendo em perfeita fluidez, quando exista perfeito equilíbrio entre a *oferta* de espaços de circulação e a *demanda* de veículos circulando na malha. Ou seja,

[257] Owen, B.; Brock, G.; Masterbrook, P.; Pavlik, R.; Rao, S.; Stallard, C.; Sunkari, Z.; Zhang, Y. (1996). A compendium of Traffic Model Validation Documentation and Recommendations: Phase I, Tasks A-H. USA: Department of Transportation, 1996.
[258] Para os transportes, estes indicadores são: volume de veículos, velocidades ou nível de congestionamento. Para a morfologia, por meio das ferramentas da Sintaxe Espacial, as variáveis: integração, escolha (*choice*), conectividade, profundidade, etc.
[259] a taxa de saturação V/C (Volume/capacidade por trecho viário), velocidade média de percurso (VMP), volume de veículos na hora pico (VHP), tempo de congestionamento (*delay)*, custo de deslocamento por quilômetro (R$/km), etc.
[260] Diz-se que o sistema está 'saturado', congestionado ou 'gripado'.

dentre as variáveis de desempenho para medir o NS, tem-se a *capacidade* de espaço oferecido dividida pelo *volume* de veículos para circularem neste espaço. Ao ocorrer um desequilíbrio nesta equação, o NS passa a qualificar negativamente a fluidez, de maneira gradual até o NS = “F”.

Esta pesquisa se propõe a contribuir na análise do NS pelo viés da configuração da cidade e com isso, compreender a qualidade dos fluxos do sistema de maneira macro e/ou micro, local e/ou global. A literatura tradicional em transportes sempre interpretou o NS por uma ótica particular, fundamentada na economia dos transportes, no simples equilíbrio do sistema. Segundo Manheim (1989), conforme explicado na figura 40, o Volume de veículos V e o Nível de Serviço L são variáveis inversamente proporcionais.

Contudo, as especificações para o equilíbrio simples do sistema, (T.A) = f(V,L), requerem o conhecimento de T e A, respectivamente; as características físicas e operacionais do sistema (a malha, os tipos de transportes, os custos, etc) e as diversas atividades (tipo e localização de usos do solo). O conhecimento destas características implica em diversas funções de oferta (S) e de demanda (D) (equações 8 e 9).

Por sua vez, estas funções implicam em um padrão de fluxos de equilíbrio F_0, que compreende um volume V_0, e um custo de viagem ou nível de serviço L_0, todos descritos na figura 42.

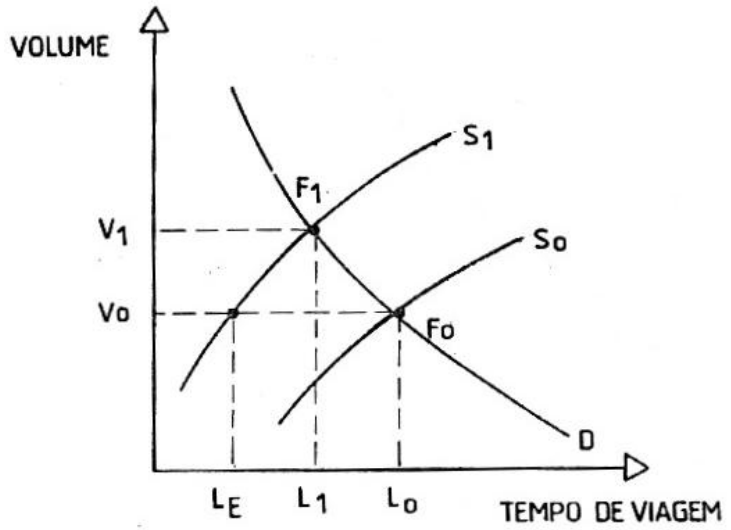


Figura 42. Esquema do melhoramento do sistema (F) entre as funções de oferta (S) e a demanda (D) para a relação Nível de serviço (L) *versus* Volume veicular (V).
Fonte: ARRUDA, J. B.(1989), adaptado de Manheim (1989)

Dada uma função de oferta S_0 de um sistema anterior, com um padrão de fluxos de equilíbrio correspondente; $F_0 = (V_0, L_0)$, adiciona-se um novo sistema melhorado S_1 com mudanças na geometria, topologia e operações (novas vias, novas opções de acessibilidade, sinalizações, conversões, etc[261]). Ao assumir que o volume de viagens existente V_0 também ocorrerá no sistema melhorado, tem-se um melhor *nível de serviço* L_E, ou seja, conseqüentemente, um menor *tempo de viagem* para V_0 na curva S_1.

Traduzindo, no melhoramento do sistema, mais vias são construídas para os movimentos, e com elas mais opções de acesso a novas centralidades (um novo bairro, loteamento, *shopping*, etc) originando um atualização operacional do tráfego, como novas sinalizações (semáforos, lombadas, etc) que juntos contribuem na agilidade e na fluidez dos veículos que usam o sistema. Entretanto, na prática, é errôneo assumir que o volume de tráfego será constante, pois se espera que este aumente com o nível de serviço, ou diminuição do tempo de viagem.

Na realidade, com o crescimento da cidade, a demanda D é acrescida de novas demandas D_1, D_2,... D_n. Este aumento traduz-se em elevação do número de veículos circulando no sistema[262]. Várias são as causas do incremento de D, por exemplo: como o sistema de transporte público em Fortaleza é deficiente e existem facilidades de juros menores, o antes usuário deste sistema adquire seu veículo e com isto aumenta a demanda. Outra explicação é que esta demanda também pode ser provocada por conta de novas intervenções urbanísticas no sistema, como o aumento da densidade de construção por condomínios residenciais e comerciais, como os centros comerciais atratores de viagens, (micro e macro Pólos Geradores de Viagens) ao longo das vias mais acessadas do sistema. Com estes eventos as viagens, antes a pé e por transporte coletivo público, passam a ser veiculares, mas foram causadas, segundo Manheim, originalmente por *ações exógenas*[263].

São típicas da cidade de Fortaleza, periodicamente, ações de melhoramentos da oferta de espaços de circulação para atender ao aumento da demanda veicular da cidade que cresce a taxas elevadas. Como em qualquer cidade brasileira, nota-se que existe vertiginoso aumento da frota de veículos. Contudo, nota-se que o controle

[261] Em tese, ações do *efeito quaternário* (figura 4).
[262] A cada ano, por conta da diminuição de juros no financiamento de veículos, pelo aumento da capacidade de consumo e da estabilidade da economia, a frota veicular tem aumentado consideravelmente.
[263] Estas intervenções, classificadas por Manheim como *ações exógenas*, são, na realidade de responsabilidade dos gestores do espaço de convivência, intra-quadras, nos lotes, região espacial tradicionalmente de domínio dos planejadores urbanos, urbanistas e arquitetos. Estas *ações exógenas* não são, portanto, de responsabilidade dos planejadores de transportes e de tráfego.

urbano da malha (oferta de espaços para circular) não acompanha este aumento da frota, fazendo com que sempre a demanda veicular (D) seja maior que a oferta de espaços de circulação (S). No Brasil, a situação do aumento da demanda da frota está intimamente ligada à cultura do transporte individual.

Dados da Associação Nacional de Transportes Públicos, a ANTP, disponíveis no relatório geral de mobilidade urbana do ano de 2005[264] apontam que a frota brasileira era composta intensamente por automóveis (16,2 milhões - auto) seguidos por motos (3,5 milhões – moto) e por fim os transportes coletivos (300 mil - ônibus). O mesmo trabalho revela que a composição e quantidade da frota total de veículos em circulação no Brasil, em milhões de veículos, uma frota de até 8,3 milhões de veículos (entre autos, motos e ônibus) nas cidades com mais de um milhão de habitantes, como em Fortaleza. Esta aproximação pode ser mais bem identificada por dados da evolução da frota do estado do Ceará e de Fortaleza (figura 43). Nota-se que nos anos 80, tinha-se 66,95% de veículos no estado contra 33,05% na capital, evoluindo em 2007[265] em **46,38%** para **Fortaleza** e 53,64% no Ceará. Apesar do aumento de veículos e da necessidade de estudos futuros de comparação, acredita-se que a malha viária da capital não aumentou na mesma proporção em relação ao incremento de 13,33% da frota.

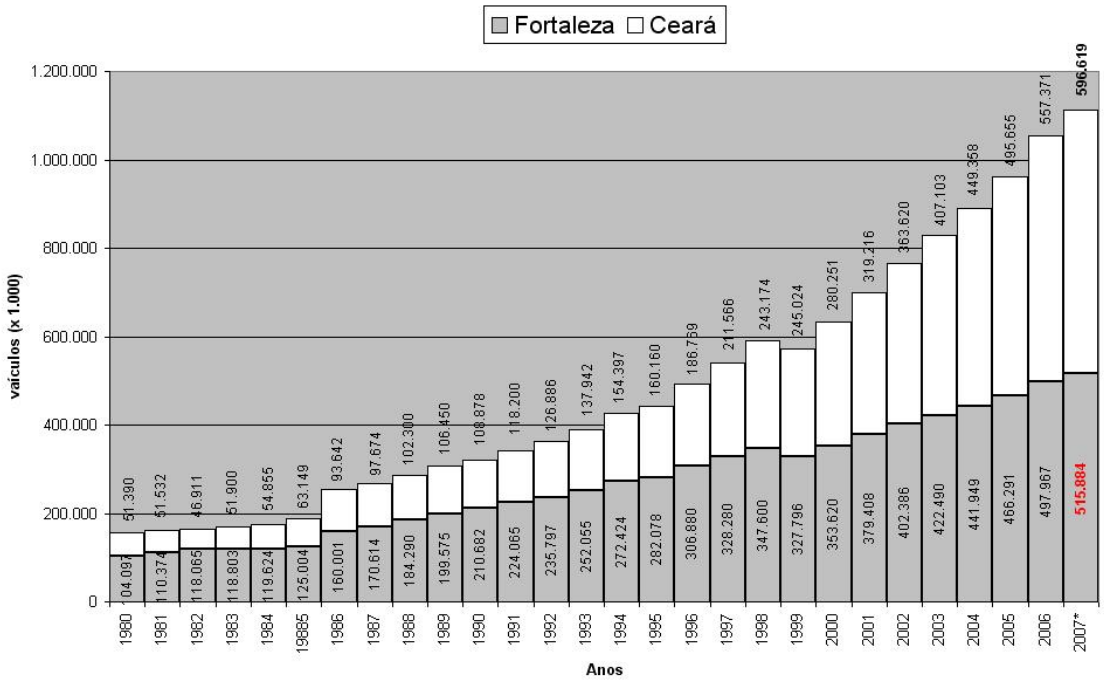


Figura 43. Gráfico da evolução da frota veicular: Estado do Ceará em relação a capital Fortaleza.
Fonte: Adaptado de DETRAN-CE.

[264] Obtidos no *site*: http://www.antp.org.br/SI/rlt_2005/it7_2005.aspx. Último acesso em 27/07/2007.
[265] Mês de julho.

A partir desta explanação torna-se obvio que este problema está distante de uma solução fácil. Contudo, faz-se necessário atenuar seus impactos, acompanhando o crescimento da frota e, ao mesmo tempo, utilizando metodologias compostas na previsão de movimentos veiculares. Ou seja, as curvas de aumento da demanda deveriam ser previstas com maior precisão e os aspectos operacionais de controle do tráfego poderiam também estar associados a outros, como, por exemplo, a configuração da malha.

3.4.1 Modelos de Planejamento no Setor de Transportes

Segundo TAAFFE (1996) *apud* Barros (2006), o Planejamento de Transportes é o processo de previsão de demandas de tráfego realizado a fim de melhorar as condições operacionais do sistema de transporte atual e futuro. Em revisão crítica, Barros afirma que em planejamento de transportes, as três principais categorias de modelos utilizados, segundo a classificação de TONI (2000), são os **modelos convencionais empíricos,** os **modelos comportamentais** e os **modelos atitudinais.**

Os **convencionais** são os mais utilizados em Transportes, e, como citado anteriormente são conhecidos como Modelo de Quatro Etapas (4E) ou Modelo Seqüencial[266]. Os **comportamentais** utilizam fatores de motivação dos usuários**,** trabalhando com a escolha das pessoas, e, os **atitudinais** procuram captar as reações dos usuários, ou seja, seus *efeitos,* não abordados pelos modelos anteriores. Além destes, para completar a lista acima, sugere-se a inserção dos **modelos integrados**, os quais utilizam composição com diversos modelos além dos descritos acima. Exemplo do composto uso do solo - transportes, oriundos de modelos de transportes, do uso do solo e da macroeconomia[267].

Por ser utilizado em Fortaleza e estar incluído na modelagem proposta ao estudo de caso[268], dentre os modelos citados, a presente pesquisa detalha sucintamente os procedimentos utilizados no Modelo de Quatro Etapas (4E). Em seguida dentro do modelo 4E, detalha-se especificamente a etapa de *Alocação de Viagens*, pois esta comporá com a Sintaxe Espacial uma nova proposta de modelagem.

---

[266] Também conhecidos como Modelo Clássico de Transporte ou UTMS (*Urban Transportation Model System*).

[267] Será objeto de comentário mas não de investigação profunda neste trabalho. Cita-se o exemplo do Modelo TRANUS, da Modelística (www.modelistica.com). Não será objeto de utilização neste trabalho, sendo investigado futuramente pelo autor.

[268] Apesar da utilização do modelo quatro etapas, a AMC, órgão de gestão de tráfego em Fortaleza, já planeja em estudos a migração futura para o modelo integrado TRANUS, de transportes e usos do solo.

3.4.2 Modelo Quatro Etapas (4E)

Segundo ORTÚZAR (2000), *apud* BARROS (2006), o modelo 4E teve concepção na década de 60. Em termos básicos, sua estrutura inicial vem sendo mantida, apesar de atualizações realizadas na especificação de seus diversos submodelos. Estes submodelos buscam uma solução única do complexo problema de equilíbrio entre oferta (viária) e demanda (fluxos) por diversos modos de transportes: pedestre, coletivo, carro, etc. Outra característica do 4E é a divisão da malha viária em Zonas de Tráfego (ZT´s) com áreas urbanas em setores conforme aspectos comuns.

As informações necessárias para a previsão do 4E são: (1) Socioeconômicas da população de cada zona da área estudada; (2) Atividades econômicas, incluindo empregos, áreas de comércio; e, (3) Atividade educacional e de lazer. Estas informações devem ser obtidas por pesquisas domiciliares do tipo 'origem-destino', OD´s, onde os entrevistados (pedestres, condutores, usuários do transporte público, etc) são indagados sobre as escolhas de seus destinos rotineiros de viagens nas últimas vinte e quatro horas[269].

As quatro etapas

Vários são os autores que detalham em maior ou menor foco aspectos matemáticos de cada etapa[270]. A pesquisa restringe-se ao aspecto conceitual do 4E, concentrando maior detalhamento na etapa de alocação.

O 4E divide-se em duas fases (figura 44). As três primeiras etapas – *geração, distribuição e divisão modal* – constituem a fase do *modelo de demanda*, finalizada com a previsão do número de viagens entre cada par de zonas por cada modo de transporte disponível em função dos custos de viagens interzonais. Passo seguinte, a partir dos dados obtidos, nestas etapas, realiza-se a última, a de *alocação*, que constitui a fase do *modelo de oferta*. A seguir, detalham-se as etapas constituintes do 4E com a excelente revisão feita por BARROS (2006).

[269] Outra forma de se obterem os dados é a análise do consumo de energia elétrica de cada local de domicílio e emprego, podendo-se estimar modelos que permitam prever o total de viagens geradas e atraídas entre cada par de zonas (de origem e de destino).
[270] Para maiores detalhamentos, sugere-se a leitura de OPPENHEIM (1995, p.11 - 16); Michael G. McNally, *In* HENSHER & BUTTON (2000, p.35 – 51); Peter O. Muller, *In* HANSON (1995, p. 65 – 69) e,

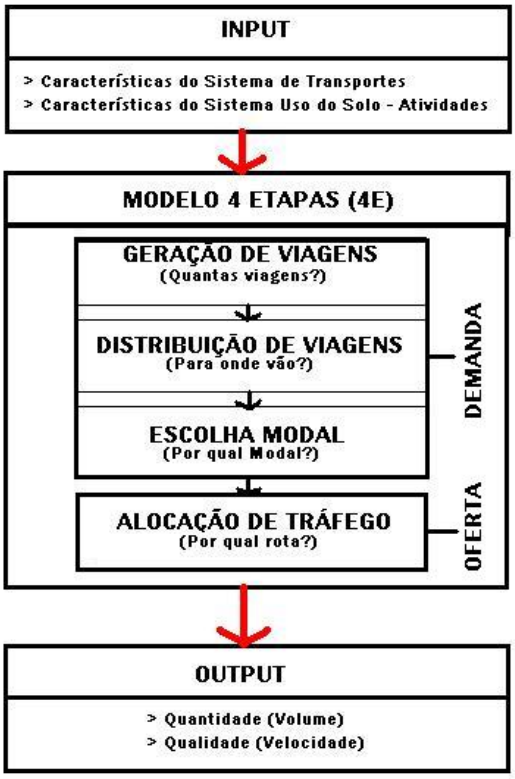


Figura 44. Modelo 4 Etapas.
Fonte: Adaptado de Eric Pas, em HANSON (1995, p.65).

Geração de Viagens

Esta etapa se caracteriza pela resposta a indagação: "quantas viagens" serão observadas? (figura 44). MELLO (1975)[271] define esta etapa como sendo "o número total de viagens produzidas de uma *origem* atraído para um *destino* de cada zona da área de estudo". Outra definição é a de PAS (1995), em que a geração de viagens está relacionada com a previsão do número de viagens produzidas e atraídas para cada ZT.

Segundo ORTÚZAR (2000), *apud* BARROS (2006) as viagens: quer sejam de pessoas ou de cargas, conceituam-se como sendo os movimentos realizados de uma origem a um destino. Estas viagens podem ser classificadas em duas categorias: as viagens *baseadas nos domicílios* (HB[272]) e as *não baseadas nos domicílios* (NHB[273]). As primeiras são as viagens que têm origem ou destino nas casas, como: *casa – estudo, estudo – casa, casa – comércio, comércio – casa, casa – lazer, lazer – casa* (figura 45a), e as últimas não são originadas nem destinadas aos domicílios (casa), melhor dizendo, são os deslocamentos entre outros locais, como exemplos: *trabalho – estudo, estudo – comércio, comércio – trabalho, trabalho – lazer* (figura 45b).

[271] BARROS (2006) *op cit.*
[272] *Home based trips*.
[273] *Non-Home based trips.*

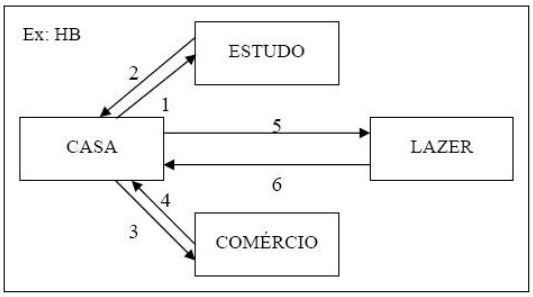


Figura 45a

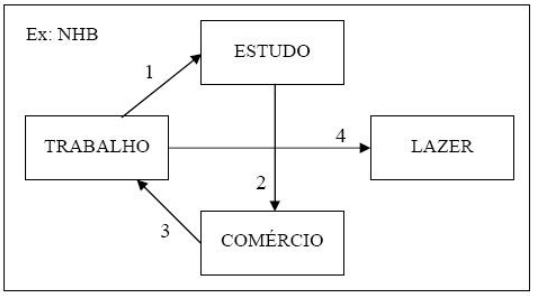


Figura 45b

Figura 45. Viagens por categorias. Fonte: Adaptado de BARROS (2006).

ORTÚZAR e WILLUMSEN (1990)[274], classificam as viagens segundo: (1) o motivo (trabalho, estudo, compras, lazer etc), e; (2) a hora do dia (*pico* – período de uma hora de duração de um dia, no qual a via é mais intensamente utilizada – e *fora do pico*) e (3) perfil do usuário (nível de renda, relação com o veículo – número de carros –, tamanho e estrutura da casa). VASCONCELLOS, E. A. (2001)[275], por sua vez, confirma as palavras de ORTÚZAR e WILLUMSEN (1990) ao dizer que "a mobilidade aumenta com a renda", levando em consideração a disponibilidade de transporte motorizado na residência, o nível educacional, a ocupação das pessoas, dentre outros.

BRUTON (1979)[276] descreve os fatores que influenciam na geração de viagens e os divide em **Uso do solo** (comercial, residencial, institucional etc), **Residências** (tipos de domicílio: permanente – residência ou transitório – hotéis; ocupação dos residentes - tipo de emprego do chefe da família) e; **Outros fatores** (valor do mercado imóvel, grau de urbanização da área).

MELLO, (1975)[277] assevera que a geração de viagens é influenciada pela (1) **Localização da ZT** em relação às áreas centrais*;* (2) pelos **Padrões de uso do solo***;* e; (3) pelas **Características socioeconômicas** da população.

ORTÚZAR (2000)[278] afirma que para estimação são necessários quatro grandes grupos para a geração de viagens; (1) a Produção de viagens de pessoas (PVP); (2) a Atração de viagens de pessoas (AVP); (3) a Produção de viagens de veículos de carga (PVC),e; (4) a Atração de viagens de veículos de carga (AVC).

Concordando com BARROS (2006) sobre o conceito de ORTÚZAR (2000), realmente verifica-se que as características socioeconômicas da população influenciam a PVP

[274] *Idem, ibidem,* p.5
[275] *Idem, ibidem,* p.5.
[276] *Idem, ibidem,* p.5.
[277] *Op cit* BARROS (2006, capítulo 2, p.5)
[278] *Idem, ibidem,* p. 5.

diretamente pelos fatores: *renda, número de veículos, tamanho da família, número de pessoas por família, composição da família, número de motoristas na família e acessibilidade* (tabela 11). Além da PVP, a AVP sofre influência também das características econômicas referente a empregos, tais como: *pessoas que trabalham em indústrias, comércios e em outros serviços*[279]. Portanto, na obtenção das OD´s, a modelagem destas viagens passa, necessariamente, pelo mapeamento destes fatores sociais e econômicos em *software* específico. Em Fortaleza, a PVP e a AVP são as únicas consideradas neste mapeamento na modelagem da geração de viagens.

Tabela 11. Viagens - Fatores de Influência. Fonte: BARROS (2006, p.7)

Grupos	Fatores de influência
PVP	Renda, número de veículos, tamanho da família, número de pessoas por família, composição da família (pai, mãe, filhos), número de motoristas na família e acessibilidade.
AVP	Pessoas que trabalham em serviços industriais, as que trabalham em serviços comerciais e as que trabalham em outros serviços.
PVC AVC	Número de empregados, número de vendas, área construída da empresa.

Distribuição de viagens

De acordo com a figura 44 a pergunta a ser feita na distribuição é: *para onde vão as viagens geradas?* Qual o destino destas viagens? Segundo Bruton (1979)[280]a distribuição de viagens, consiste na predição de quais serão os destinos das viagens após terem sido simuladas na etapa anterior. Esta predição é feita pela identificação das prováveis ZT´s de destino, de maneira a permitir ao analista a elaboração de uma matriz de viagens, nos vários períodos do dia (horário de pico, horário fora do pico etc.). As definições de outros autores confirmam a revisão de Barros (2006).

MacNaly (2000)[281] define que a distribuição de viagens é, basicamente, um modelo de escolha do destino no qual é gerada uma matriz de viagens T_{ij}, onde *i = origens* e *j = destinos*. Para Muller (1995)[282], uma variedade de modelos é utilizada na distribuição. O modelo mais aplicado é o modelo gravitacional[283] onde é condicionante para o cálculo de viagens (1) o número de viagens saindo das *origens* encontradas na etapa de geração; (2) a atratividade do *destino;* (3) as dificuldades ou impedâncias em viajar das *origens (i)* para os *destinos (j)* (ver a equação 12).

$$T_{ij} = f\,(O_i, A_j, d_{ij}) \qquad (12)$$

[279] A atração por veículos de carga, subdivididos em produção e atração, respectivamente, a PVC e a AVC, sofrem influência do número de empregados, do número de vendas e da área construída da empresa.
[280] *Idem, ibidem,* p.7.
[281] *In Handbook of Transport Modelling*. HENSHER & BUTTON (2000). *The four-step model.* Capítulo 3, p.46 – 47.
[282] MULLER, Peter O´(1995, Chapter 2, p. 67- 68).
[283] Um dos modelos 'sintéticos', advindo da lei gravitacional de Newton, da Física. (Vide *Oppenheim* 1995, p.13)

Onde:
T_{ij} = número de viagens distribuídas de *i* a *j*;
O_i = número de viagens originadas na zona *i (origem);*
A_j, = medida de atratividade da zona *j (destino);*
d_{ij} = medida de separação espacial entre as zonas *i* e *j (*entre *origens* e *destinos).*

As impedâncias descritas anteriormente estão relacionadas às restrições de movimento nas viagens, ocasionadas por fatores de tempo (demora no deslocamento) e custo (o quanto o usuário/condutor está disponível a investir naquelas viagens distribuídas). Às vezes, o cálculo desta impedância é, simultaneamente, a combinação de *tempo e* de *custos generalizados* e no modelo gravitacional dá-se o nome de *fator de fricção*.

O principal objetivo da etapa de distribuição de viagens é o de *identificar de que maneira as viagens estão distribuídas em uma determinada região urbana* que está subdividida em ZT´s. Geralmente, na prática, os órgãos de tráfego utilizam os setores censitários do IBGE como referência na criação das *zonas de tráfego*. Algumas vezes não há coincidência de traçados entre as zonas e os setores (figura 46), ou até entre zonas e bairros de cidades.

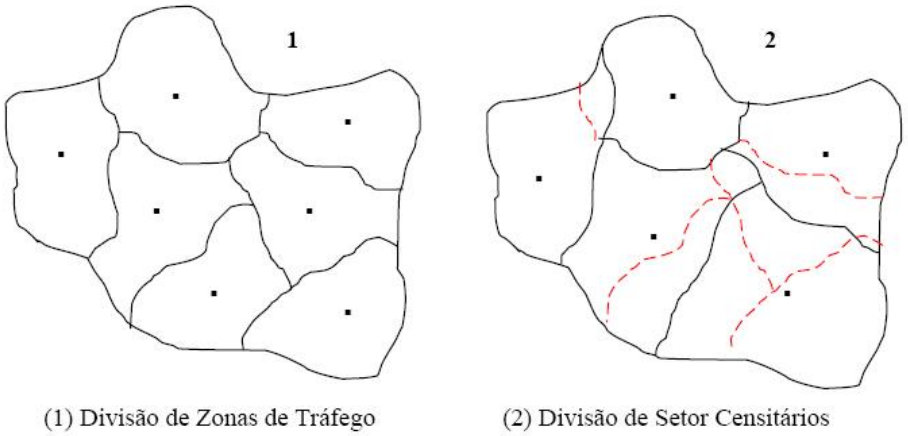


Figura 46. Esquema de divisões de zonas de Tráfego (ZT´s).
Fonte: BARROS (2006, Cap. 2, p.9)

Embora esta seja a prática na divisão das zonas, alguns estudiosos do tema como ORTÚZAR (2000) e TEIXEIRA (2003) *apud* BARROS (2006), asseveram que esta divisão de zonas deve seguir um critério de homogeneidade da renda e características sociais da população, do uso do solo, além de outros fatores[284]. Em Fortaleza, utiliza-se o Sistema de Informações Geográficas para Transportes, o SIG-T *TransCAD* da *Caliper Corporation*[285] para a as divisões das ZT´s.

[284] Estes critérios estão diretamente ligados à análise da demanda de transporte, porém a definição das zonas, muitas vezes, depende da facilidade ou não da obtenção dos dados em órgãos de administração pública.
[285] CALIPER (2007) Site da Caliper, distribuidora do *software* de SiG-T TransCAD: http://www.caliper.com/TCTravelDemand.htm#Trip%20Generation/Production

A AMC define estas ZT´s em função dos setores censitários do censo 2000 (anexo 6), porém agrupando algumas delas dentro dos limites de alguns bairros. O motivo desta classificação seguiu uma homogeneidade aproximada entre 16 e 17 ZT´s para Fortaleza, sem a grande região metropolitana. Esta caracterização contribui para a modelagem de fluxos pelos técnicos que consideram como *origem* a maior densidade de localização da população ou domicílios do censo 2000 (anexo 6) e como *destino* a maior densidade na localização de empregos (anexo 7).

Divisão modal

Esta é a terceira etapa de previsão de demanda do modelo 4E. De acordo com a figura 3.6, a pergunta a ser feita na divisão modal é: *por qual modo de transporte as viagens serão realizadas?* Uma vez que se saibam para onde as viagens distribuídas se destinarão, indaga-se qual o tipo de transporte (motorizado ou não-motorizado, público ou privado) a ser utilizado para o destino destas viagens.

Segundo MELLO (1975) *apud* BARROS (2006), a *repartição intermodal do tráfego* "é a alocação das viagens pelos diferentes meios de transporte". Assevera BARROS (2006) que este conceito está ultrapassado, visto que o processo sofreu muitas modificações e as etapas de alocação e divisão modal não mais se definem conjuntamente. BRUTON[286] (1979), referência da área, conceitua esta etapa como "a divisão proporcional de total de viagens realizadas pelas pessoas, entre diferentes modos de viagem".Outros pesquisadores reportam-se a diversos conceitos, mas convergem para uma única compreensão. MULLER[287] (1995) conceitua esta etapa como a predição do número de viagens, de cada origem para cada destino, onde irá utilizar um tipo específico de modo de transporte.

Os modelos mais utilizados nesta etapa são: *modelo de divisão modal* e *modelo de escolha modal*. O primeiro é utilizado em modelos agregados e o segundo em desagregados. Em relação a descrição das variáveis de ambos os modelos, espera-se que a distribuição das viagens por modo seja dependente das características do sistema de transportes (*T*) e das características dos usurários (*U*), expressa na equação (13):

$$P_{ijm} = f\,(T_{ij}, U_i) \qquad (13)$$

Onde:

[286] *Op. cit* BARROS (2006), cap. 2, p. 10.
[287] MULLER, Peter O´(1995, Chapter 2, p. 67- 69).

P_{ijm} = proporção de usuários do sistema de uma origem *i* a um destino *j*;
U_i = características dos usuários do sistema de uma origem;
T_{ij} = características de performance das opções modais (ex.:velocidade, custo *i* a *j*).

Portanto, como pode ser observado na equação (13), o modelo de escolha modal requer o conhecimento sobre o *comportamento de viagens* dos usuários do sistema. Especificamente, requer o conhecimento para realizar uma melhor predição da probabilidade que um usuário *n* utilizará um modal *m* como uma função das características individuais, (ex.: automóvel, renda familiar, etc) e, dos atributos das alternativas modais em realizar aquela viagem. (equação 8). Dentre os modelos de escolha modal mais utilizados tem-se o *modelo logit multinomial* (MLM), descrito pela fórmula da equação 14:

$$P_{ijm} = \frac{e^{f(x_m, s_n)}}{\sum_{k=1}^{k} e^{f(x_m, s_n)}} \qquad (14)$$

Onde:

P_{ijm} = proporção de usuários do sistema de uma origem *i* a um destino *j*;

X_m = descrição dos atributos do modal *m*;

$f(x_m, s_n)$ = função *utilidade* (ou de *atratividade*) de um modo *m* (com atributos x_m) para um usuário *n* (com características s_n).

BARROS (2006, cap. 2, p.11), revisou que os principais atributos x_m e s_n pesquisados para a divisão modal são classificados em três categorias: (1) as **Características do próprio usuário,** com informações sociais e de viagens regulares, como por exemplo: se possui ou não licença de motorista; estado civil, casal com ou sem filhos etc; renda; decisões de destinos, como ir ao trabalho, levar as crianças à escola; número de veículos por família, etc; (2) as **Características da viagem**, por Propósito da viagem (trabalho, estudo, lazer etc), e Período do dia (pico, fora do pico), e; (3) as **Características dos modos de transporte**; com a análise dos *fatores quantitativos* (tempo relativo de viagem, custo de estacionamento, custos monetários etc, e *fatores qualitativos* (conforto, regularidade, segurança etc).

Após processamento, o 'modelo logit' responde com a probabilidade de um dado usuário '*n'* em escolher um modal '*m'* para uma viagem particular. Esta viagem é função da utilidade do modal '*m'* para o usuário '*n'*, relativo à utilidade de outros modais disponíveis ao mesmo usuário '*n'* para esta viagem. Em termos históricos, apesar de relativos avanços no uso do MLM nos anos '70, sua utilização tem sido aplicada a viagens de trabalho, com uma prática em dados desagregados de escolha modal (MULLER, 1995, p.68). Para esta pesquisa, detectou-se que Fortaleza utiliza o

logit na divisão modal apenas nas viagens de *casa* para o *trabalho* em probabilidades para o transporte *privado* e *público*.

3.4.3 Alocação de tráfego

Também conhecida como alocação de viagens ou escolha de rotas, a *alocação* de tráfego é a última etapa do modelo de demanda do 4E (figura 44). O objetivo desta fase é a previsão dos fluxos nas rotas ofertadas pela malha em análise. Segundo Mello (1975) *apud* BARROS (2006, cap.2, p. 12), a *alocação* "tem por finalidade *estabelecer os volumes de tráfego* que utilizarem os diferentes *trechos da rede*".

A relação entre os *volumes de tráfego* e os *trechos da malha* é interpretada neste processo apenas como relações entre *aspectos da oferta* – as vias – e da demanda de transportes – viagens de veículos. Em termos de processamento computacional, o modelo 'aloca' as viagens de veículos (automóveis individuais e transporte coletivo público) entre os diversos pares 'origem-destino' para os sistemas de vias pré-determinado[288], podendo desconsiderar o sistema de vias locais mediante o tamanho da rede. O processo computacional da alocação utiliza algoritmos matemáticos que calculam e alocam os movimentos por trecho (*link* de quadra) segundo determinado critério. A este critério dá-se o nome de *método de alocação*. Segundo Ortúzar e Willumsen (1990) *apud* BARROS (2006, cap.2, p. 12), a alocação baseia-se na resposta a dois critérios:

(i) A restrição da capacidade [operacional][289] está incluída na alocação?

(ii) Os efeitos estocásticos estão incluídos?

No critério (i): *restrições de capacidade estão* incluídas todas as dificuldades operacionais que o condutor do veículo enfrenta ao se deslocar. Por exemplo: "quero me dirigir por esta via com fluxo mais livre, porém não acho uma boa idéia utilizá-la, pois no momento ela está congestionada!" Em termos técnicos, diz-se que a via está saturada, situação em que o volume de veículos é superior a capacidade de circulação ofertada pela via.

No critério (ii): *efeitos* estocásticos, o percurso, embora congestionado ou não, o motorista decide em função de algum critério pessoal de escolha (custo de

[288] No caso de Fortaleza, Ceará, somente as vias do sistema expresso, arterial e coletor da malha oficial municipal (aproximadamente 940 quadras).
[289] Relativa a quantidade de veículos por hora no pico. Difere da restrição de capacidade configuracional, que, no caso deste trabalho, é a oferta de espaço de circulação viária.

combustível, tempo, etc)[290]. Outro exemplo: “escolho ir por esta via, muito embora meu caminho se torne mais distante, pois a via que eu deveria utilizar está, neste momento, com fluxo mais lento, devido a congestionamentos de pico”.

Para LOPES FILHO (2003), são duas as situações: a) os usuários têm diferentes percepções da melhor rota; e, b) o congestionamento e as restrições de capacidade limitam o número de viagens dentro de uma mesma rota. O primeiro fator está relacionado aos *modelos estocásticos* enquanto o segundo: aos *modelos de equilíbrio*. A partir do cruzamento das situações consideradas têm-se a classificação dos métodos de alocação em função de suas impedâncias. Apresenta-se a seguir uma adaptação das perguntas e respostas que o analista de tráfego deve assumir para decidir qual método a ser testado no processo de alocação em *software* SIG-T (tabelas 12, 13 e 14).

Tabela 12. Classificação dos métodos de alocação - algoritmos.
Fonte: Ortúzar e Willumsen (1994) *apud* LOPES FILHO (2003) – adaptada.

		Efeitos estocásticos são incluídos?	
		Não	Sim
A restrição de capacidade é incluída?	Não	Tudo-ou-nada (*all or nothing*)	Estocástico puro *Burrell*
			Estocástico puro *Dial*
	Sim	Equilíbrio de Wardrop	Equilíbrio Estocástico do Usuário

Tabela 13. Classificação dos métodos de alocação – critérios (motorista e saturação).
Fonte: O autor, adaptado de LOPES FILHO (2003)

		O motorista decide por mais de um critério?	
		Não	Sim
A saturação interfere na decisão?	(Não) Sem saturação do(s) trecho(s)	Menor caminho	Menor custo *absoluto*
			Menor custo *proporcional*
	(Sim) Com saturação do(s) trecho(s)	Equilíbrio com base no Sistema	Equilíbrio com base no Usuário

Tabela 14. Classificação dos métodos de alocação – perguntas e respostas para análise.
Fonte: O autor

		Motorista, você decide por mais de um critério?	
		Não,...	Sim,...
Motorista, a saturação interfere na sua decisão?	Não,..o congestionamento não interfere na minha decisão	...escolho a menor distância	..vou gastar o mesmo neste trecho e aquele
			..vou gastar mais neste trecho que aquele
	Sim,..o congestionamento interfere na minha decisão...	... e o sistema me influencia na escolha do menor caminho	...mas o sistema não me influencia na escolha, eu decido

A seguir são descritos isoladamente cada um dos métodos, destacando aquele utilizado em Fortaleza.

[290] Diferentemente das restrições de capacidade, os efeitos estocásticos enfatizam a variabilidade da percepção dos custos pelo motorista e a composição de distâncias que possam ser minimizadas (distância, tempo de viagem, custos generalizados).

Métodos Estocásticos sem Restrições de Capacidade

Tudo ou nada

O princípio básico, no método de equilíbrio do usuário, é que o motorista desconhece as diversas opções de rota. O tipo 'tudo ou nada' (*All-or-nothing*) é o mais simples e também o mais utilizado e conhecido como o algoritmo do caminho mínimo[291]. Este caminho representa o menor caminho temporal alocado entre cada dois pares (origem – destino) de centróides de ZT´s da malha viária (figura 47). Uma característica deste método é que quando os volumes veiculares e seus tempos de viagens aumentam, os resultados da alocação tornam-se mais passíveis de erros[292]. O Motorista escolhe a rota 'AB' pela menor distância[293].

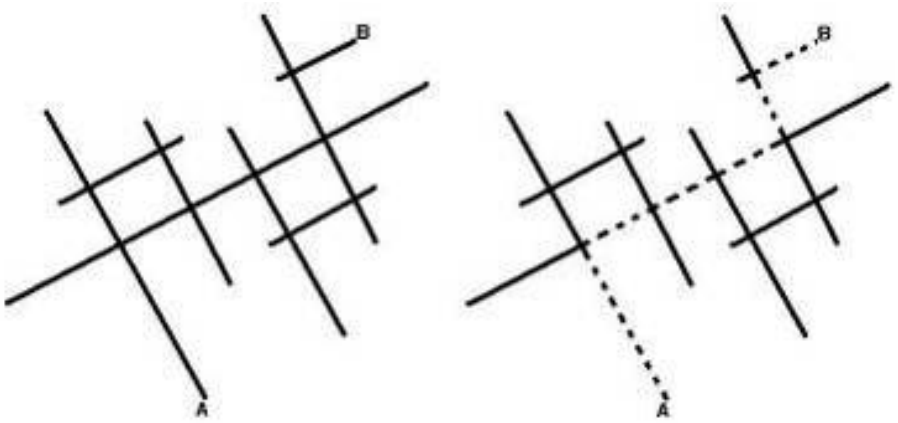


Figura 47. Algoritmo 'tudo ou nada', sem nenhum efeito estocástico incluído. A menor distância é a ideal. Fonte: o autor.

Diferentemente do método 'tudo ou nada', os métodos estocásticos consideram a alocação das viagens para duas ou mais possíveis rotas em uma proporção que dependerá de outros critérios específicos[294] que não o caminho mínimo (figura 48). Observe na figura que o motorista escolherá a rota 'AB', ao centro, sem evitar trechos de tráfego mais lento, podendo utilizar mais de uma opção de rota.

[291] Criado por Moore, é o mais utilizado pelos planejadores de tráfego (ver Moore & Dijkstra , 1957-1959). Ver FERREIRA, R (2002). Sistema de Informação de Trânsito utilizando Teoria dos Grafos de Floyd-Warshall, Moore e Dijkstra. 2002. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Informática) - Universidade Católica do Salvador. Orientador: Grinaldo Lopes de Oliveira.

[292] Segundo Batista, J. F. (2002), o 'tudo ou nada' é o mais simples para a escolha da alocação de rota porque assume-se que não há congestionamento, isto é, todos os usuários consideram os mesmos atributos para as escolhas das rotas e os percebem e pesam da mesma maneira. Por isso, os custos nos links são fixos, levando a que nenhum usuário escolha rotas menos atrativas.

[293] O 'tudo ou nada' é mais indicado para malhas mais simples, no início de sua implantação, onde não existam restrições de conversão, exista pouco ou nenhum controle semaforizado e de topografia geralmente plana e onde não haja restrição de capacidade.

[294] Custo de deslocamento (quanto será gasto em combustível), o tempo de viagem (o atraso nos trechos semaforizados), o nível de fluidez do tráfego (existência ou não de congestionamentos) ou outros fatores.

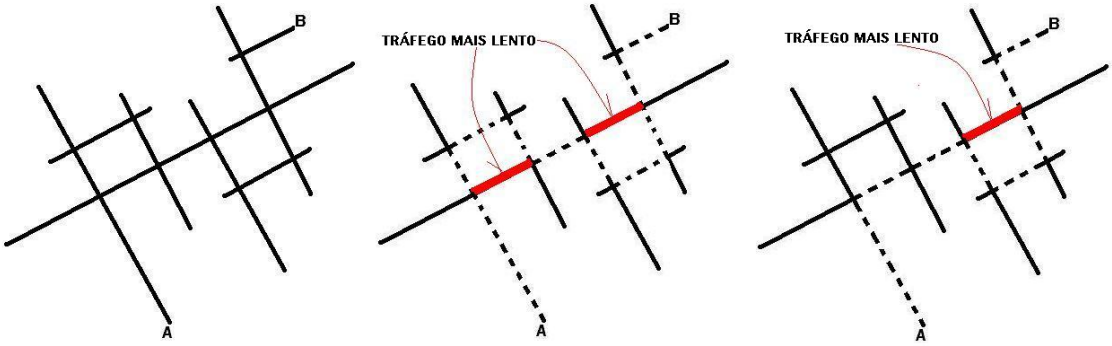


Figura 48. Algoritmo com efeito estocástico em duas rotas escolhidas.
Em vermelho os trechos com tráfego mais lento. Fonte: o autor.

Estocástico puro de Dial e Burrell[295]

Segundo BATISTA (2002), diferentemente do método de alocação 'tudo ou nada', os métodos estocásticos procuram distribuir as viagens de cada par O/D entre as rotas distintas disponíveis aos usuários. Neste sentido, ORTÚZAR e WILLUMSEN (1990) *apud* BATISTA (2002), apontam que vários métodos de alocação já foram propostos de forma a incorporar os aspectos estocásticos relativos à escolha das rotas. Para esta escolha, dois desses métodos têm mais larga aceitação: os *baseados em simulação* e os *métodos proporcionais*.

Nos *Métodos Estocásticos Baseados em Simulação* a técnica mais utilizada é a do Algoritmo de BURELL (1968), quando a distribuição dos dados observados é uniforme. Embora o uso deste algoritmo seja rápido em tempo de processamento, sua resposta não é muito realística[296]. Neste método o motorista pondera sua escolha por tempo, custo e outro(s) fator(es), compondo o custo final do percurso de maneira interdependente e desconsiderando o fator congestionamento (figura 49).

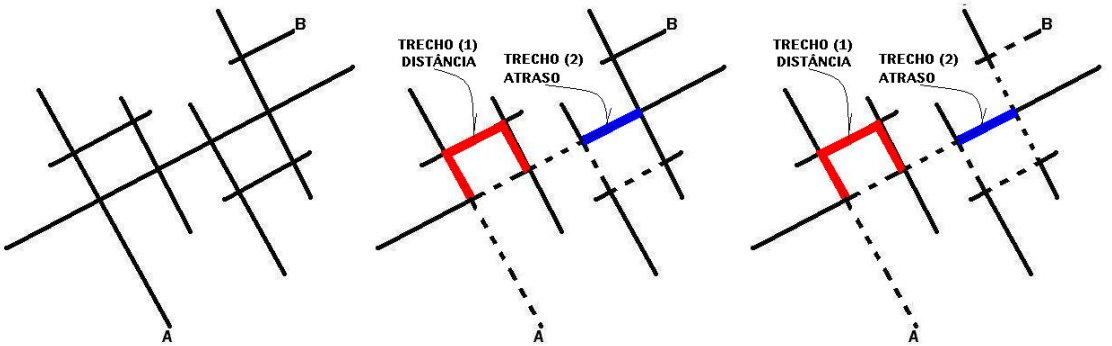


Figura 49. Algoritmo com efeito estocástico de Burell.
Composição de custos de tempo e combustível em uma rota escolhida.
Em vermelho os trechos com: (1) distância maior; e (2) tráfego mais lento
Fonte: o autor.

[295] Burrel, J. E. (1968);
[296] Outros algoritmos assumem a distribuição normal, que é considerada na prática como mais eficiente; porém, torna o processo lento em termos computacionais.

Segundo ORTÚZAR e WILLUMSEN (1990) *apud* BATISTA (2002), os *Métodos Estocásticos Proporcionais* são baseados em algoritmos de carregamento (a quantidade de veículos na hora pico por trecho) que distribuem as viagens chegando a um 'nó'[297] entre todos os nós possíveis de saída. Nesta categoria, destaca-se o Método de DIAL (1971), que aloca rotas proporcionalmente à sua impedância, com base em uma formulação de cálculo de probabilidade do tipo *logit.* È o método mais sofisticado em termos computacionais, em que o *software* simula a probabilidade de deslocamento e decide em função dos trechos menos congestionados, em um processo contínuo, da origem ao destino.

Métodos Estocásticos <u>com</u> Restrições de Capacidade

Equilíbrio do Usuário

O princípio básico, no método de equilíbrio do usuário, é que o motorista conhece as diversas opções de rota, em função de diversos critérios, e escolherá determinada rota em função de um dos critérios por ele definido. CALIPER (1996) *apud* LOPES FILHO (2003) afirma que esse processo iterativo procura alcançar uma solução convergente, na qual nenhum usuário (motorista) pode melhorar seu tempo de viagem trocando rotas.

Neste tipo de alocação, o motorista ignora os efeitos estocásticos e se concentra na restrição de capacidade da via como um gerador de uma expansão de viagens em uma rede, conforme relatam ORTÚZAR e WILLUMSEN (1994). Ou seja, as iterações influenciam na escolhas do motorista e o congestionamento dos trechos interfere na sua decisão, porém este terá somente um critério de escolha, o menor caminho *versus* a capacidade da via.

Como afirma LOPES FILHO (2003), 'esses modelos normalmente tentam, com diferentes níveis de sucesso, aproximar condições de equilíbrio[298], conhecido como o primeiro *Princípio de Wardrop*. Neste princípio todos os motoristas *percebem os custos da mesma maneira sob condições de equilíbrio de tráfego numa rede congestionada,* de maneira que todas as rotas utilizadas entre um par: '*origem – destino' tenha* custos *iguais e mínimos*, enquanto *as rotas que não são usadas tenham custos superiores*.

[297] Neste trabalho, 'Nó' ou encontro de vias, ou esquina, são a mesma coisa.
[298] WARDROP (1952) *Op cit* ORTÚZAR e WILLUMSEN (1994).

Equilíbrio Estocástico do Usuário

Este critério é o utilizado em Fortaleza pelos engenheiros de tráfego (analistas).
Neste segundo caso, o sistema não influencia o motorista (usuário) na escolha de seus critérios que poderão ser diversos: tempo, distância, custo, etc. Contudo, o motorista é quem define qual deles usar, mesmo conhecendo a malha como um todo. Ele poderá, por exemplo, saber que determinada rota é melhor para ele em termos de custo, mas mesmo assim ele escolhe outra, com distância maior, apesar de gastar mais combustível, porque esta rota será 'mais fluida' para seu movimento. Portanto, o analista, que simula as ações do motorista, deve também conhecer a malha e atribuir aos trechos certa probabilidade de escolha das rotas. Assim, o fluxo em cada rota será igual ao fluxo total do par O/D vezes a probabilidade de escolha da rota (figura 50).

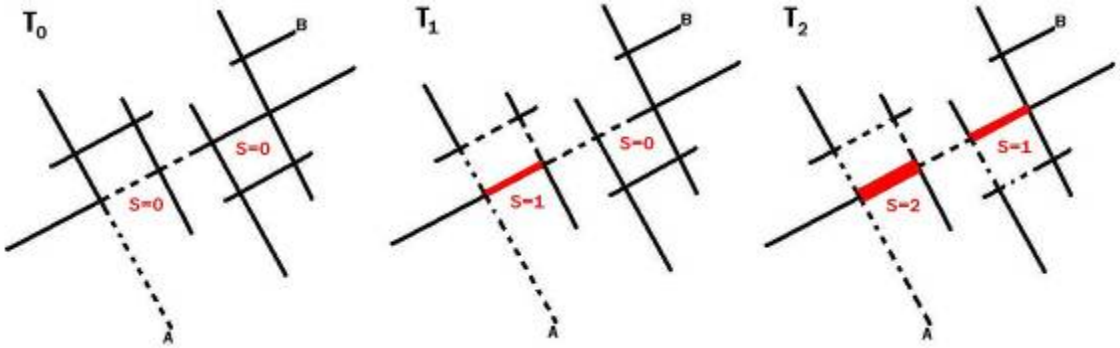


Figura 50. Equilíbrio Estocástico do Usuário (SUE[299]) com efeito estocástico de congestionamento.
Em vermelho os trechos nos tempos (T) e saturação (S) de 0 a 2.
Fonte: o autor.

3.4.4 Alocação em Fortaleza

Descrição do Método

Como dito anteriormente, o método de Equilíbrio Estocástico do Usuário, ou conhecido popularmente por SUE, é utilizado em Fortaleza por motivos óbvios. Os analistas de tráfego da cidade assumem que conhecem toda a malha e sabem, em termos proporcionais, quais trechos serão os mais congestionados (a variável S da figura 42). Este refino é realizado antes mesmo do processo de alocação ser feito.

Na prática, o analista pré-define em um *software SIG-T* os trechos com maior ou menor *capacidade* de absorção do tráfego em cada trecho. Esta variável é definida em função de observações em campo por dados obtidos em medições manuais (contadores) associados a contagens em tempo real pelo sistema CTA-For.

[299] Do inglês, *Stochastic User Equilibrium*. Ver CALIPER (1996).

Ou seja, cabe aos analistas pré-estabelecerem uma *hierarquia* dos fluxos em função de sua *capacidade* por trecho ponderada por *volumes* estimados durante o processo de *alocação SUE*.

A questão é: este método de definição de hierarquia é o mais indicado? Uma medição manual é suficiente para definí-la? O uso de um sistema de medição em tempo real cobre toda a cidade para obtenção desta hierarquia? Como está Fortaleza em questão da *saturação* medida pela razão: frota e o espaço de circulação? Este trabalho apresenta a SE como uma metodologia complementar a utilizada na cidade para definição da hierarquia e dos pesos de *capacidade* utilizados na alocação. Para confirmar esta sugestão, as respostas às indagações anteriores seguem por partes.

Saturação e a razão: frota e o espaço de circulação

Se comparada a outras capitais nordestinas e de outros países desenvolvidos, a realidade de Fortaleza, como capital de estado é bem diferente em termos de organização de sua malha[300] e movimentos. Estes movimentos leiam-se, de veículos, são incrementados pela *Taxa de Motorização* a qual é acompanhada mundialmente por instituições como a OECD/IRTAD[301]. No Brasil, a taxa de motorização é observada por instituições relativas a mobilidade e segurança viária (tabela 15).

Tabela 15. Taxa de Motorização: Brasil *versus* Outros Países
Fontes: Brasil: Anuário estatístico DENATRAN 2004.
Outros paises: IRTAD, banco de dados da OCDE[302]

Pais	Ano	População (milhões)	Frota (milhões)	Veículos /100 habitantes
Brasil	2004	182	39	21
USA	2005	296	245	83
Japão	2005	127	83	65
França	2005	61	37	61
Reino Unido	2005	58	33	57

Dados mais recentes do Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito – RENAEST (tabela 16), revelam que Fortaleza está, respectivamente, na nona e quarta posição em relação ao total da frota (AUTO) e no percentual de veículos no estado do Ceará (%UF) (tabelas 16 e 17). Contudo, se considerarmos que os dados de eixos viários e comprimentos viários foram pouco alterados ao longo dos anos, ao calcular a razão entre o total da frota (AUTO) dividido pelo total de espaços de circulação (qtde eixos axiais), eleva-se a classificação da cidade para a **quinta posição**, na média com quase 54 veíc./via (tabela 18).

[300] Para o estudo da malha recomenda-se a leitura do estudo de caracterização da *urbis brasiliae*, MEDEIROS (2006) em que classifica diversas cidades em função dos padrões de organização sintática.
[301] International Road Traffic and Accident Database (IRTAD). Site: http://cemt.org/IRTAD/IRTADPUBLIC/index.htm , e OCDE - Organisation for Economic Co-operation and Development. Site: http://www.oecd.org/home/ .acessados em 18/10/07, as 15:32.
[302] Idem.

Tabela 16. Ranking das cidades brasileiras segundo sua frota (AUTO).

Fonte: RENAEST/MC[303].

NUM	UF	MUNICÍPIO	TOT_UF	AUTO	%UF
1	SP	SAO PAULO	18353876	5890106	32,09%
2	RJ	RIO DE JANEIRO	3984462	1865821	46,83%
3	PR	CURITIBA	4576904	1145806	25,03%
4	MG	BELO HORIZONTE	6033110	1138764	18,88%
5	DF	BRASILIA	1096293	1083020	98,79%
6	GO	GOIANIA	2066179	759530	36,76%
7	RS	PORTO ALEGRE	834251	648755	77,76%
8	SP	CAMPINAS	18353876	616918	3,36%
9	CE	FORTALEZA	1381769	601679	43,54%
10	BA	SALVADOR	1890313	560512	29,65%

Tabela 17. Ranking das cidades brasileiras por (%UF).
Fonte: Adaptada do RENAEST/MC[304].

NUM	UF	MUNICÍPIO	TOT_UF	AUTO	%UF
5	DF	BRASILIA	1096293	1083020	98,79%
7	RS	PORTO ALEGRE	834251	648755	77,76%
2	RJ	RIO DE JANEIRO	3984462	1865821	46,83%
9	CE	FORTALEZA	1381769	601679	43,54%
6	GO	GOIANIA	2066179	759530	36,76%
1	SP	SAO PAULO	18353876	5890106	32,09%
10	BA	SALVADOR	1890313	560512	29,65%
3	PR	CURITIBA	4576904	1145806	25,03%
4	MG	BELO HORIZONTE	6033110	1138764	18,88%
8	SP	CAMPINAS	18353876	616918	3,36%

Tabela 18. Ranking das cidades brasileiras na relação (auto/eixo).
Fonte: Adaptada do RENAEST/MC[305] e MEDEIROS (2006).

NUM	UF	MUNICÍPIO	TOT/UF	AUTO	%UF	qtde eixos	auto/eixo	Length (km)	auto/km
2	RJ	RIO DE JANEIRO	3984462	1865821	46,83%	15890	117,42	7215,42	258,59
1	SP	SAO PAULO	18353876	5890106	32,09%	79740	73,87	17760	331,65
7	RS	PORTO ALEGRE	834251	648755	77,76%	11062	58,65	7910,55	82,01
5	DF	BRASILIA	1096293	1083020	98,79%	19889	54,45	6176,33	175,35
9	CE	FORTALEZA	1381769	601679	43,54%	11291	53,29	4476,92	134,40
6	GO	GOIANIA	2066179	759530	36,76%	20166	37,66	6565,06	115,69
10	BA	SALVADOR	1890313	560512	29,65%	45349	12,36	5614,04	99,84
4	MG	BELO HORIZONTE	6033110	1138764	18,88%				
3	PR	CURITIBA	4576904	1145806	25,03%				
8	SP	CAMPINAS	18353876	616918	3,36%				

A situação fica ainda mais séria ao classificarmos as cidades na relação: quantidade de veículos (AUTO) movimentando-se por quilômetro de via (length/km) em que a cidade de Fortaleza posiciona-se no **quarto lugar**, ou seja, quase 135 veículos circulando por quilômetro de via, o que é significativo nacionalmente (tabela 19).

[303] Dados da Frota do Brasil do RENAEST (Março de 2009), obtido no Ministério das Cidades. Último acesso em 24/06/09, as 16:23. Site: http://www.denatran.gov.br/frota.htm
[304] *Idem.*
[305] *Idem*

Tabela 19. Ranking das cidades brasileiras na relação (auto/km).
Fonte: Adaptada do RENAEST/MC[306] e MEDEIROS (2006).

NUM	UF	MUNICÍPIO	TOT/UF	AUTO	%UF	qtde eixos	auto/eixo	Length (km)	auto/km
1	SP	SAO PAULO	18353876	5890106	32,09%	79740	73,87	17760	331,65
2	RJ	RIO DE JANEIRO	3984462	1865821	46,83%	15890	117,42	7215,42	258,59
5	DF	BRASILIA	1096293	1083020	98,79%	19889	54,45	6176,33	175,35
9	CE	FORTALEZA	1381769	601679	43,54%	11291	53,29	4476,92	134,40
6	GO	GOIANIA	2066179	759530	36,76%	20166	37,66	6565,06	115,69
10	BA	SALVADOR	1890313	560512	29,65%	45349	12,36	5614,04	99,84
7	RS	PORTO ALEGRE	834251	648755	77,76%	11062	58,65	7910,55	82,01
4	MG	BELO HORIZONTE	6033110	1138764	18,88%				
3	PR	CURITIBA	4576904	1145806	25,03%				
8	SP	CAMPINAS	18353876	616918	3,36%				

Com esta nova variável Fortaleza situa-se em termos de ocupação do espaço de circulação como a quarta capital do país. Também, em termos de sua morfologia, a cidade representa um arranjo espacial de sua malha que a torna significativa no cenário nacional (ver trabalho de MEDEIROS, 2006).

Com este breve relato, vê-se que a noção da *taxa de motorização*, quando ponderada pelo *espaço para circular* identifica a cidade de Fortaleza como um exemplo significativo e em crescimento. Este critério não é utilizado atualmente como estratificação de cidades para políticas públicas, algo que a SE pode contribuir.

O CTAFOR

Como dito anteriormente, o sistema CTAFOR[307] (Controle de Tráfego em Área de Fortaleza) tem a responsabilidade de gerenciar os semáforos da cidade de Fortaleza. Além desta tarefa, o CTAFOR, órgão vinculado a AMC[308] e criado em 2000, disponibiliza estatísticas e medições dos fluxos em tempo real de parte da malha de Fortaleza.



Figura 51. Painel de controle do CTA-FOR.
Fonte: CTA-FOR[309] (2007).

[306] *Idem*
[307] Site: http://www.amc.fortaleza.ce.gov.br/modules/wfchannel/index.php?pagenum=24
[308] Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e de Cidadania de Fortaleza;
[309] Site: http://www.amc.fortaleza.ce.gov.br/modules/wfchannel/index.php?pagenum=24

Um dos módulos do CTA-For, chamado de subsistema semafórico SCOOT[310] (*Split Cycle Offset Optimisation Technique*), um dos mais conhecidos mundialmente[311], é responsável pelo controle centralizado de 200 semáforos em tempo real na cidade, sendo a grande maioria pertencente à região mais adensada: a da grande Aldeota.

A partir de 2003, o CTAFOR expandiu suas atividades, ficando responsável não apenas pelo gerenciamento dos semáforos de *tempo real*, mas por todos os demais semáforos de *tempo fixo* da cidade.

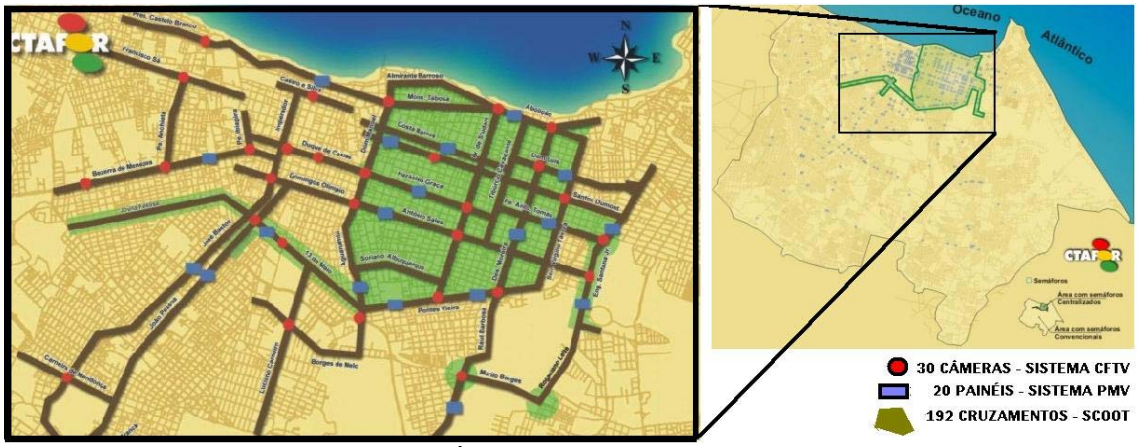


Figura 52. Áreas e subsistemas do CTA-For.
Fonte: CTA-FOR (2007).

Na prática, os semáforos de *tempo real*, ditos 'inteligentes', seguem um modo adaptativo, exigindo uma troca contínua de dados do tráfego[312] entre os cruzamentos semafóricos (controlador de tráfego[313]) e o computador central (central de tráfego).

Embora exista a intenção de expansão, este sistema não cobre toda a cidade. Contudo, os dados obtidos são utilizados na modelagem em toda a malha, viabilizando a calibração da alocação do modelo 4E. Além disto, estes dados alocados auxiliam no mapeamento da hierarquia viária ajudando os analistas em um processo cíclico de ajuste.

[310] Idem. Em português: Técnica de Otimização de Partição de Verde, Ciclo e Defasagem. Fonte CTA-For. Este sistema é um dos mais utilizados no mundo com exemplos pioneiros em Fortaleza e São Paulo e, na América latina, na cidade de Santiago, Chile.
[311] Além do sistema SCOOT, existem os sistemas: ITACA, SCATS, UTOPIA, etc. http://www.scoot-utc.com/GoogleMap.php?menu=GoogleMap
[312] Essa troca de dados se dá por meio de linhas privadas (LPs) e ocorre da seguinte forma: detectores de demanda (laços indutivos), existentes no pavimento das vias do cruzamento que coletam dados do tráfego e enviam-nos a um computador central responsável pelo gerenciamento do fluxo de informações. Uma vez repassados para o computador central, esses dados são processados pelo modelo de tráfego do sistema SCOOT que define a operação ótima para cada cruzamento, escolhendo os tempos de verde, instantes de mudança dos estágios, entre outras características de operação. Essas informações são, em seguida, enviadas de volta ao controlador do cruzamento semafórico, que executa a ação. A facilidade destas medições é dada pela obtenção de séries históricas diárias dos fluxos de tráfego nestes pontos.
[313] Controlador de tráfego: equipamento responsável por comandar os tempos do semáforo.

Calibração

Como dito anteriormente, o processo de alocação utiliza parte dos dados obtidos pelo sistema CTAFOR e os expande por meio da alocação SUE para toda a cidade. Neste processo, recorre-se a uma medida de ajuste cíclico fino denominado *calibração.* Esta calibração é feita por meio da definição iterativa de seus *parâmetros* de processamento inseridos na fórmula BPR[314] (equação 15).

$$Tc = Tf \ X \ (1 + \alpha \ X \ [V/C]^{\beta}) \qquad (15)$$

Onde:

Tc = Tempo de viagem no congestionamento;
Tf = tempo de viagem em velocidade de fluxo livre;
V = Volume alocado no link;
C = Capacidade do link;
α e β = coeficientes de volume e atraso.

Validação

Conclui-se que todo o sistema está *validado* para ser utilizado na prática de controle da mobilidade da cidade Ao se obter um valor de correlação aceitável entre os dados calibrados e processados com os volumes reais observados no sistema SCOOT do CATFOR.

Para este trabalho de doutoramento, estes dados foram devidamente calibrados e validados por VIANA *et al* (2007) e apresentados em CAVALCANTE *et al* (2007). Os autores testaram diversas alocações de tráfego para a cidade (tabela 20): 'com' e 'sem' restrição de capacidade, em modelos estocásticos e/ou não-estocásticos[315].

Ao final, obteve-se o melhor modelo validado para o método SUE com coeficiente de correlação de quase 70% de veracidade (R^2=0,695), com os parâmetros de calibração Alfa = 0,95 e Beta = 9,00 da função BPR (tabela 20).

Tabela 20. Alocação SUE em Fortaleza.
Correlação entre o volume modelado e o observado.
Fonte: VIANA *et al* (2007)

Modelos calibrados	Parâmetros de calibração		Coeficiente de Correlação
	Alfa	Beta	
Equilíbrio Estocástico do Usuário	0.95	9.00	0.695
Sistema de Equilíbrio Ótimo	1.00	9.00	0.683
Equilíbrio do Usuário	0.88	9.80	0.681

[314] Obtida em: *Traffic Assignment Manual*, BPR (1964).
[315] Como estes procedimentos fizeram parte da etapa de elaboração da metodologia proposta, estão melhor detalhadas no capítulo 4. Contudo, recomenda-se a leitura de VIANA *et al* (2007) e CAVALCANTE *et. al* (2007);

Ao final, a base validada e georefenciada em ambiente SIG-T (figura 53), está em constante processo de ajuste e vem sendo usada no planejamento e gestão do tráfego em Fortaleza[316].

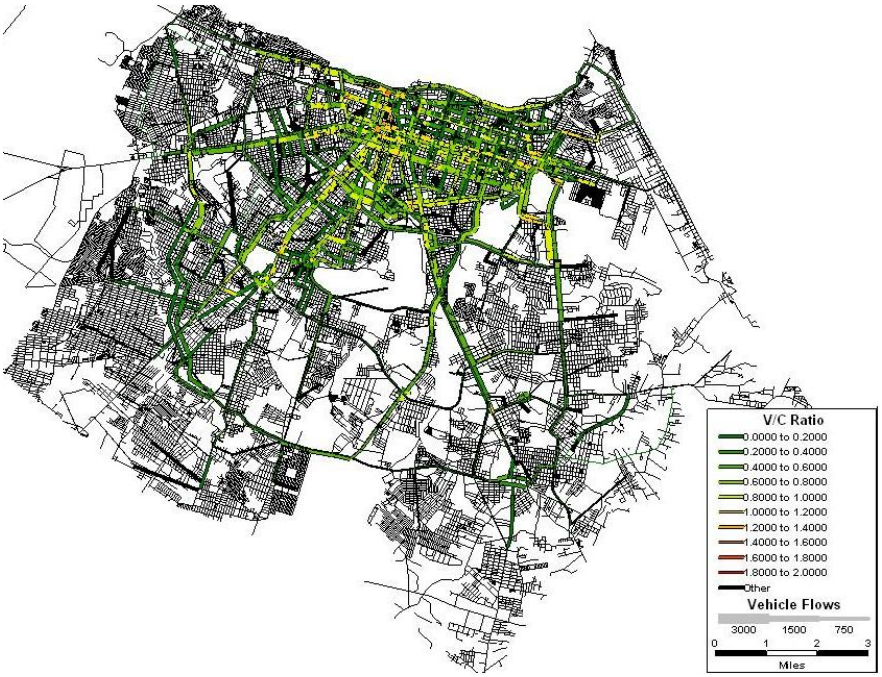


Figura 53. Base SHAPE para Saturação (Volume/Capacidade) na alocação SUE.
Fonte: VIANA *et al* (2007).

Críticas

O método de alocação do 4E vem sofrendo críticas sobre suas limitações desde sua criação. Esta pesquisa divide estas críticas em dois grupos: as de cunho geral, com foco na sua estrutura e, as de cunho específico, com foco em sua aplicação em Fortaleza na etapa de *alocação*.

Segundo OPPENHEIM (1995) *apud* LOPES FILHO (2003), de uma forma geral, o modelo 4E tem falhas 'porque sua estrutura é seqüencial, e sua análise por cada nível é tratada separadamente e independentemente das outras, com o produto de cada etapa sendo passado para o próximo nível'[317]. Na análise de ORTÚZAR & WILLUMSEM (1994) *apud* LOPES FILHO (2003) a seqüência do 4E pode ter sua ordem alterada, o que indica que sua aplicação não é universal a depender da localidade, do modal, e das características das viagens (sazonalidade, por exemplo).

316 Atualmente esta base adota diversos nomes: SHAPE,LOGRAD ou SUE_VOC. Todas encontradas neste trabalho são referentes à mesma informação.
317 "Assim, possíveis erros ocasionados nos primeiros passos podem ser simplesmente replicados nas etapas subseqüentes'.

Outra crítica do modelo 4E é mais conceitual e técnica em termos de sua aplicabilidade do processo de planejamento dos transportes, BRUTON (1979) *apud* BARROS (2006):

> 'O 4E não apresenta uma abordagem compreensiva, que incorpore "fatores econômicos e populacionais, uso do solo, valores sociais e comunitários"', enquanto que do ponto de vista técnico 'apresenta problemas associados à "previsão de tráfego e planejamento da rede e muito pouca atenção às necessidades de transportes da comunidade como um todo"'.

Como pode ser observado na literatura, o uso do 4E não considera devidamente as nuances do uso do solo, muito menos as ações implícitas do *efeito primário* da configuração das cidades.

TONI (2000) *apud* BARROS (2006) afirma que o 4E 'falha' porque o seu processo de planejamento é bastante oneroso e consome muito tempo, além de requerer uma administração cuidadosa e uma equipe de profissionais altamente especializados para uma massiva coleta e manipulação de dados. Caso existam falhas no planejamento de pesquisa, isto influencia nos custos das O-D´s (BRUTON, 1979 *apud* BARROS, 2006). Em termos gerais, VASCONCELLOS, E. A. (2000) (ver tabela 21) resume e *classifica as limitações* do 4E nos níveis: técnico, estratégico, político e ideológico.

Tabela 21. Críticas ao modelo 4E. Fonte: VASCONCELLOS, E. A. (2000)[318]

Técnico	• Ausência de abordagem compreensiva;
	• Não há um enfoque interdisciplinar;
	• A demanda não apresenta uma explicação comportamental unificadora;
	• As premissas surgem de outras áreas (e não do transporte);
	• Os impactos sociais e ambientais são ignorados;
	• Há inúmeras fontes de erro nos dados utilizados;
	• Os dados de viagem apresentam somente um ponto no tempo;
	• Os erros podem se propagar sem conseqüências perceptíveis;
	• Pressupostos sobre condições de mercado e utilidade do consumidor são discutíveis;
	• A seqüência das etapas do modelo pode não retratar a realidade;
	• A geração de viagens não permite que o transporte existente afete a demanda;
	• A distribuição não considera processos complexos de decisão do usuário;
	• A atribuição de viagens é baseada apenas no tempo de percurso;
	• Há dificuldade na estimação do tráfego desviado e gerado.
Estratégico	• O processo de modelagem reproduz as condições atuais no futuro.
	• Pouca atenção é dada ao financiamento e ao apoio na implementação.
Político	• Exíguas possibilidades de participação da comunidade.
	• O processo é desenvolvido em uma arena fechada;
	• Os modelos são usados para garantir um suporte "científico" a decisões políticas já tomadas.
Ideológico	• Geração de premissas em países desenvolvidos;
	• Aparente "neutralidade" e interesse voltados a "todos";
	• Estímulo ao uso do automóvel.

Especificamente, existem críticas em relação aos tipos de métodos de alocação. Observa-se que a lógica de sua escolha deve ser feita por uma analista de transportes que realmente conheça a malha e o comportamento dos motoristas. Some-se a esta

[318] Barros (2006, cap. 2, p.16) *op cit.*

restrição, a escolha única de um tipo de método de alocação para o processamento dos dados das O-D´s. Para esta pesquisa, na prática, acredita-se que esta escolha deveria ser feita de maneira composta.

Como na etapa de alocação o analista/motorista simula este processo de escolha e atribui *capacidades* por rota, acredita-se que este tem limitações próprias ao domínio completo das influências sobre suas decisões, tais como: a) dos tipos de opções de modos de transportes; b) de desvios de rotas por Pólo Gerador de Viagens; c) da capacidade de domínio espacial da cidade, seus padrões de movimentos influenciados pela configuração da malha; d) dos trechos que estarão mais congestionados e que influenciam na escolha modal, e; e) dos custos na composição modal-custo (tempo, distância, passagens).

Portanto, acredita-se que não se deva utilizar somente um tipo de critério para simular os deslocamentos, mas sim, a composição entre *critérios de alocação* associados a vários *aspectos* relativos à atratividade e configuração urbana (sintaxe espacial). Do exposto, conclui-se que, em termos da realidade de Fortaleza:

(1) A composição entre *aspectos* citados e *métodos* de alocação não está contemplada no modelo 4E uma vez que seus algoritmos não dispõem desta possibilidade de serem conjugados para cada rota.
(2) O uso do 4E e mais especificamente, da etapa de *alocação* tem suas limitações de validade para 'escala da malha', e 'o horário' que sejam aplicados;
(3) Não é possível adotar somente mais de um critério calibrado e validado como ideal para avaliar, em 100% casos, nas alocações possíveis em uma malha.
(4) Não é sensato realizar esta alocação sem considerar a influência dos atratores de tráfego (os Pólos Geradores de Viagens, PGV´s) e do nível de compreensão dos padrões de movimento da malha por parte do analista. Isto é, no mínimo, desconsiderar suas contribuições;

Formas de superação

Como sugestão investigativa, em função da literatura, das limitações e potencialidades, adotou-se a hipótese neste trabalho, da possibilidade de inclusão de outras variáveis que possam melhor caracterizar a *alocação* e, conseqüentemente a identificação de *congestionamentos*, agregando:

- A configuração urbana via Sintaxe Espacial.
- A influência dos Atratores (ou PGV´s)

Pesquisas com outros objetivos, mas que agregam a este trabalho, têm surgido, tanto no uso da Sintaxe Espacial quanto da consideração dos Atratores. Como visto anteriormente, exemplos recentes nos estudos de alocação macroscópica nos trabalhos de BARROS (2006) e BARROS *et al* (2005), apresentam similitudes entre a alocação em modelos tradicionais do UTMS-4E e da Sintaxe Espacial.

Em relação à segunda, em investigações mais atuais, que consideram como variáveis de insumo para a alocação UTMS-4E e dos tipos de ocupação do uso do solo (Atratores), caso do Modelo Integrado de De la Barra (DE LA BARRA, 1989; 2009). Discorre-se a seguir apenas sobre a primeira vertente.

UTMS-4E e a Sintaxe Espacial

Tradicionalmente, em arquitetura, a modelagem é compreendida apenas como a representação de espaços internos (edifício) ou externos (cidade). Para a área de tráfego, modelagem é a representação do comportamento dos fluxos viários. Embora sejam vistos diferentemente, ambos lidam com espaço e o comportamento dos fluxos.

Diferentemente da arquitetura dos espaços externos, para o tráfego, estes comportamentos servem de base para prever impactos e hierarquias de movimentos por seus padrões. Ao final a detecção destes padrões possibilita um adequado planejamento de estruturas viárias, bem como de cidades, a partir de *simulações*[319].

Ou seja, na *simulação* tenta-se imitar uma situação real, replicando-o em um determinado *sistema*, a partir da utilização de modelos. Técnicas computacionais de processamento dentro dos modelos reúnem diversos algoritmos que tentam analisar e ordenar (de maneira agregada ou desagregada) diversos dados deste *sistema*[320]. Para compreender esta simulação do real recorre-se ao diagrama de LAW e KELTON (2000, *apud* BARROS, 2006) representado na figura 54.

[319] A palavra “simulação” deriva do latim “*simulatus*” que significa “imitar” (Portugal, 2005).
[320] Segundo Portugal (2005) *op cit* Barros (2006), “procura-se replicar em um computador a seqüência de eventos hipotéticos do sistema estudado ao longo do tempo, tratando-se as entidades que percorrem o modelo de forma agregada ou individualizada”.

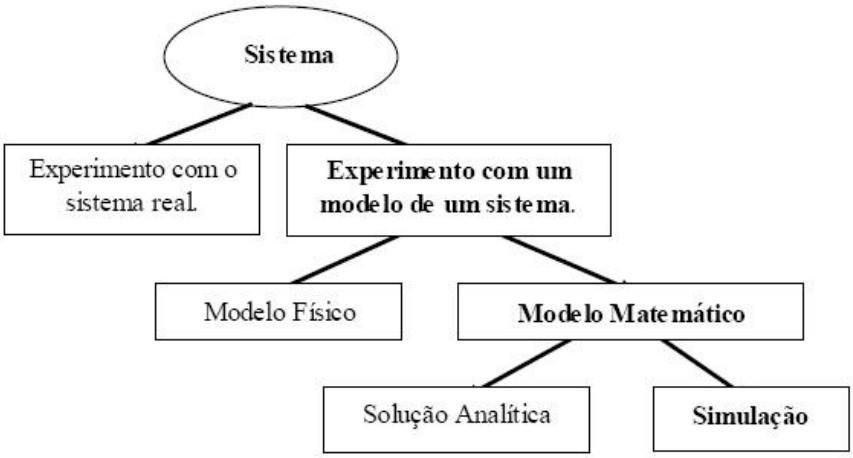


Figura 54. Diagrama de abordagem de um sistema.
Fonte: adaptado de Law e Kelton (2000) *apud* BARROS (2006, cap. 3, p. 2).

BARROS (2006) caracteriza e diferencia os tipos de abordagem do sistema para o espaço de circulação urbano em experimentos reais e modelados. A definição do melhor modelo dependerá do que se quer analisar, se o ambiente ou as relações dentro deste ambiente. Por isso, os modelos se subdividem em (1) Modelo físico[321] e (2) Modelos matemáticos[322].

Neste trabalho, a modelagem é *matemática* e a solução dos problemas a serem analisados será analítica *versus* simulação envolvendo soluções e interpretações que requerem cálculos matemáticos mais complexos[323]. È o caso dos *Modelos de alocação tradicionais*[324], como o 4E explanado anteriormente, como *modelos de sistema* (simulam a vida real), de representação matemática, cujo intuito é o de se obter uma solução próxima da realidade, denominada de *simulação*.

Como visto anteriormente, o processo de alocação responde segundo dados de entrada, de pesquisas O-D, simulando os fluxos de movimento nos *dados de saída* (figura 55). Este processamento de *entrada* e *saída* segue uma determinada *escala*, a depender do tamanho da malha analisada e também das características específicas de cada análise, suas variáveis principais e o nível de precisão desejada.

[321] Reprodução física de um sistema real que pode se apresentar na escala real, reduzida ou aumentada.
[322] Representações de sistemas a partir de relações lógicas e quantitativas que são manipuláveis e modificáveis de forma a se perceber como o sistema reage e como reagiria caso a suposição fosse válida.
[323] Este trabalho sugere uma integração entre a modelagem analítica e a de simulação, na tentativa de atingir sua complementaridade, agilizando as análises de congestionamentos.
[324] LAW e KELTON (2000) *apud* BARROS;

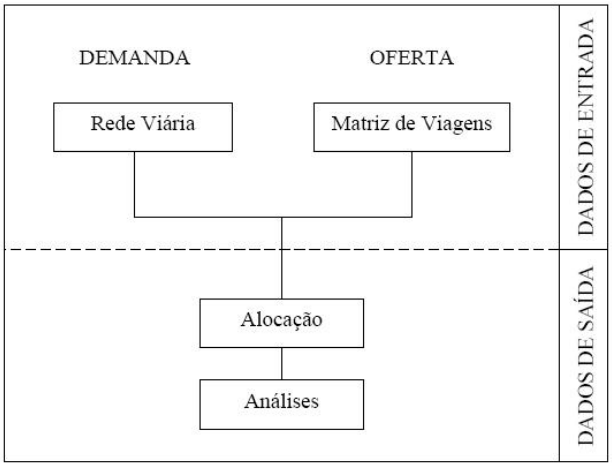


Figura 55. Estrutura Geral do Modelo de Alocação
Fonte: VAN VLIET (2004), *apud* BARROS (2006)[325].

Como descrito no capítulo 1, com outros fins de estudo, adapta-se a subdivisão da análise dos fluxos[326], em três níveis de agregação do modelo caracterizada por SILVA (2001) *apud* BARROS (2006), como: *Macroscópica*, *Mesoscópica* ou *Microscópica*. Na abordagem *Macroscópica* descreve-se o comportamento do tráfego de maneira altamente agregada e baseada na teoria dos fluidos, por meio das Leis da Hidrodinâmica[327].

Na abordagem *Microscópica* descreve-se o comportamento do tráfego de forma desagregada e complexa necessitando de um volume maior de dados. Estes modelos estão baseados em: (1) *modelos de perseguição*[328]; (2) *Modelos* do tipo *'Collision Avoidance*", e; (3) o *Modelo de Gipps*. de forma geral.

Por fim, a abordagem *Mesoscópica*, representa um nível intermediário entre as duas abordagens, e trabalha os pelotões de veículos (certo número de veículos em movimento, alinhados na via) que são compostos em função da operação semafórica (Silva, 2001). Segundo Portugal (2005) *apud* BARROS (2006): "Os modelos *mesoscópicos* são normalmente utilizados em redes semafóricas e procuram explicar a deformação destes pelotões ao longo do tempo e do espaço com base na Teoria da Dispersão de Fluxos de Tráfego[329]".

[325] BARROS (2006), cap. 2, p. 4.
[326] Item 'Teoria de Análise de Fluxos', apostila elaborada para a disciplina "Engenharia de Tráfego", optativa do curso de graduação em Engenharia Civil da UnB: http://www.unb.br/ft/enc/pagdisc/engtraf/slides/Intro-TeoriaFluxo.ppt (último acesso: 30/06/2009, às 14:06); Para leitura mais detalhada, recomenda-se: Mannering, Fred L. (2008). Principles of Highway Engineering & Traffic Analysis (4th Ed.). 400p;
[327] SILVA (2001, p. 3,) comenta: "A análise macroscópica das correntes de tráfego ininterrupto permite ao engenheiro projetista uma melhor compreensão das limitações de capacidade dos sistemas viários e a avaliação de conseqüências de ocorrências que provoquem pontos de estrangulamento nos mesmos".
[328] Para compreender estes modelos recomenda-se a leitura de SILVA (2001), p. 21 – 25.
[329] Segundo SILVA (2001), o primeiro estudo sobre a dispersão de pelotões de veículos coube ao pesquisador Robertson (1969), que para tal realizou um exaustivo levantamento de dados na área urbana de Manchester (Inglaterra), como relata Moreira (1985). A formulação matemática desenvolvida por Robertson foi incorporada ao

Dentre estes níveis de agregação em que o tráfego pode ser representado, utiliza-se nesta pesquisa o *software* TransCAD (TCW), que é um programa de Sistemas de Informações Geográficas (SIG)[330]. Dentro do TCW, utiliza-se intensamente o seu Módulo de Aplicações alocação de viagens em abordagens *macro, micro* e *mesoscópica.* Neste módulo, em Fortaleza, a AMC trabalha essencialmente com rotinas de Planejamento de Transportes e Modelagem de Viagens (macro), cujas etapas do 4E[331] estão incluídas.

Modelos Configuracionais

Segundo BARROS (2006), os *Modelos Configuracionais* são aqueles que representam a configuração dos espaços, tanto na escala do edifício como na escala da cidade. Em relação a escala de cidades, trabalha-se com: *Planos de Massa Construída*, as *Maquetes Detalhadas* e a *Sintaxe Espacial.*
O primeiro corresponde a planos volumétricos que permitem verificar, por exemplo, em que medida a estrutura de um determinado edifício interfere nos aspectos ambientais da cidade (disposição no sítio urbano, posicionamento de aberturas etc), ou no padrão estético do local (índices de gabaritos). No segundo, podendo ser do tipo: eletrônicas ou não, é simulado o comportamento das estruturas construídas no espaço urbano, e; o terceiro, a *Sintaxe Espacial,* torna viável a identificação, a partir da forma de distribuição das vias, de locais potenciais aos deslocamentos na escala da cidade.

A motivação do envolvimento da *Sintaxe* Espacial, já apresentada no capítulo 2, reside na superação das limitações expostas anteriormente. Para tanto, pretende-se testá-la como ferramenta de análise da configuração do espaço, da maneira como esta interfere, ao mesmo tempo, nas relações sociais de uso do solo e na circulação viária de Fortaleza, considerando posição, hierarquia e conexões da malha[332] da cidade.

Neste processo de superação destas limitações estão agregadas a SE a participação dos *atratores,* ou atividades que atraem viagens, conhecidos pela literatura de transportes por Pólos Geradores. A modelagem matemática-computacional dos PGV´s passa necessariamente pela compreensão de seu conceito, classificação e contexto na realidade de Fortaleza, que é detalhada a seguir.

---

modelo computacional de simulação TRANSYT (TRAffic Network StudY Tool), destinado a simular o comportamento do tráfego numa rede semaforizada e otimizar os planos semafóricos que a operam.
[330] Também conhecidos como GIS, *Geographic Information Systems*, do inglês.
[331] Além destas etapas, são adicionadas outras rotinas: (1) Atração (*Trip Attraction models*);(2) Métodos de Balanceamento de Viagens (*Trip Balancing methods*);(3) Ferramentas de Estimação de Viagens PA e OD (*P-A to O-D and Time of Day tools*), e;(4) Alocação de Rodovias (*Advanced Highway Assignment*).
[332] Adaptado da afirmação de MEDEIROS (2002) *op cit* BARROS (2006);

3.5 Influência dos Pólos Geradores / Atratores

Inicialmente, retomam-se os conceitos de *efeitos* ocasionados pelos três principais atores que, segundo a hipótese investigativa pré-estabelecida, influenciam os movimentos em espaços de circulação, são eles: a malha em si (sua configuração), os próprios movimentos (de pessoas, veículos) e os atratores de viagens (ou PGV´s), (figura 4).

Neste processo, foram revisados até este momento os dois primeiros atores: no capítulo 2 a malha viária, tendo como base a teoria da Sintaxe Espacial, e, neste capítulo, a modelagem de movimentos veiculares, com base nos princípios de transportes e na teoria de modelos tradicionais UTMS-4E. Por fim, inicia-se neste instante a explanação sobre o último integrante da hipótese de investigação, os Atratores[333] ou Pólos Geradores, como são conhecidos no universo acadêmico de transportes.

3.5.1 Conceito de Pólos Geradores

O conceito de pólos geradores evoluiu ao longo das pesquisas acadêmicas. Segundo a Rede Ibero - Americana de Estudos em Pólos Geradores de Viagens, (REDEPGV) (ver tabela 22), os pólos geradores são:

Tabela 22. Conceito de Pólos Geradores
Fonte: Adaptado da REDEPGV[334]

Fonte	Conceitos
CET-SP (1983)	Empreendimentos de grande porte que atraem ou produzem grande número de viagens, causando reflexos negativos na circulação em seu entorno imediato, podendo prejudicar a acessibilidade de toda uma região ou agravar condições de segurança de veículos e pedestres. Edificações ou instalações que exercem grande atratividade sobre a população, mediante a oferta de bens ou serviços, gerando elevado número de viagens, com substanciais interferências no tráfego do entorno e a necessidade de grandes espaços para estacionamento ou carga e descarga.
DENATRAN (2001)	Empreendimentos de grande porte que atraem ou produzem grande número de viagens, causando reflexos negativos na circulação viária em seu entorno imediato e, em alguns casos, prejudicando a acessibilidade da região, além de agravar as condições de segurança de veículos e pedestres.
Portugal e Goldner (2003)	Locais ou instalações de distintas naturezas que desenvolvem atividades de porte e escala capazes de produzir um contingente significativo de viagens.

Em um conceito mais antigo, os Pólos Geradores de Tráfego – PGT´s, se diferenciam dos Pólos geradores de Viagens – PGV´s, em função da qualificação da viagem, ou seja, importa 'de onde' e 'para onde' o fluxo veicular se desloca. É importante reconhecer que aspectos sociais (renda, escolaridade, idade, local de moradia e trabalho) influenciam a viagem e não somente sua quantificação.

Trabalho recente de KNEIB (2004) revisa os conceitos de PGT´s expostos na tabela 22, que têm foco em aspectos operacionais dos empreendimentos e de seus impactos em curto prazo. Assevera KNEIB (2004) ao ocasionarem grandes conseqüências, em médio e longo prazo os PGT´s passam a ser denominados PGV´s, pois sua

[333] Outros autores adeptos da morfologia, como HOLANDA (2002) os conceituam como 'magnetos'.
[334] Site da REDEPGV: http://redpgv.coppe.ufrj.br//index.php (último acesso em 17/11/2007, as 14:57).

implantação, [mesmo em situações de controle], trazem consigo efeitos danosos à estrutura urbana como um todo.

Concordando com o conceito de KNEIB (2004) 'é importante que os PGVs tenham sua concepção ampliada, considerando os potenciais impactos nos sistemas viários e de transportes (congestionamentos, acidentes), [bem como] no desenvolvimento socioeconômico e na qualidade de vida da população'.

O corrente descontrole na implantação dos PGV´s tem originado condições desfavoráveis para a implementação de melhores métodos de gerenciamento da demanda. Esta falha, caso fosse corrigida, concorreria para a promoção de uma mobilidade mais sustentável.

Em função desta visão, conceitos ainda mais recentes incluem os PGV´s também como *centralidades urbanas*, elevando sua escala, do edifício isolado, para um conjunto urbano de edificações, geradoras de viagens[335].

Tal conceito revela uma maior aproximação, em termos de impactos por escala, dos PGV´s sobre a cidade e aproxima-se da visão dos urbanistas que entendem os impactos não apenas em aspectos operacionais, localizados, mas de âmbito global, a depender do tamanho da cidade.

Em revisão conceitual recente, tanto em termos metodológicos, no uso dos SIG´s[336], quanto em termos teórico-conceituais[337], observa-se uma nova visão dos ***efeitos*** que os PGV´s ocasionam no seu entorno: imediato (vias da área de influência imediata), quadras (área de transição) e bairros (linhas isócronas).

KNEIB & SILVA (2005) revisam, com base na Teoria da Ecologia Social Urbana[338] e Teoria dos Fatores Locacionais[339], e agregam um novo conceito sobre Empreendimentos Geradores de Viagens (EGV´s), além do novo conceito dos CGV´s, ou Centros Geradores de Viagens[340], diferenciando dos tradicionais PGT´s e PGv´s (ver figura 56 e anexo 8).

---

[335] KNEIB & SILVA (2005);
[336] KNEIB *et al*, 2005;
[337] KNEIB & SILVA, 2005
[338] Iniciada na Escola de Chicago de Sociologia Urbana, entre 1917 e 1940. Sustentam KNEIB & SILVA (2005, p.5) nos estudos desenvolvidos por Clark (1985), evoluídos posteriormente por Hoyt (teoria dos setores), Harris e Ullman (teoria dos núcleos múltiplos);
[339] *Idem*, p. 5. Baseados nos estudos de Ferrari (1979) evoluídos do trabalho de Mota (1968) em que ' .. forças de atração ou repulsão que contribuem para determinar a localização mais econômica das atividades produtivas ou para concentrar ou dispersar a atividade dentro do espaço físico-territorial´.
[340] Assemelham-se às centralidades-*função* e *lugar* de Cartaxo Filho (2004);



Figura 56. Características atribuídas à área de influência com a implantação do Centro Gerador de Viagens, CGV. Fonte: KNEIB & SILVA (2005).

Os autores verificaram com a contribuição conceitual e metodológica que a implantação de um EGV atribui características de *centralidade* à sua área de influência imediata (cor cinza claro, na figura 56).

Embora o presente trabalho concorra para este conceito, difere-se dos autores em termos metodológicos, pois utiliza o uso dos solo, seus EGV´s e PGV´s obtidos por pesquisas de campo em sua área de estudo[341] como variáveis explicativas dos congestionamentos[342].

> Portanto, tomando como base esta premissa, detalha-se a seguir, a caracterização dos impactos causados pelos PGV´s, seguido por sua classificação.

3.5.2 Impactos de PGV´s

De acordo com PORTUGAL & GOLDNER (2003, p. 19), os impactos dos PGV´s podem ser: *espaciais, temporais* e *setoriais*. Segundo os autores, estes impactos resultam do relacionamento entre porte e localização do PGV, bem como, da interação entre a demanda de viagens e o tráfego veicular produzido pelo próprio pólo na oferta de suas instalações internas (acessos) e externas (infra-estruturas viária e de transportes).

Para os autores, tais impactos devem ser previstos antes da implantação física dos PGV´s e é de incumbência de cada órgão de gestão municipal (transportes e usos do solo) dispor de dispositivos ou métodos de controle,[343] na elaboração de Estudos de Impacto de Vizinhança, os EIV´s, que avaliem os PGV´s por seu porte e localização.

[341] Que fique claro ao leitor que não é intenção deste trabalho detalhar a área de influência dos PGv´s, EGv´s ou CGv´s, muito embora seja objeto de pesquisa paralela, em co-orientações de alunos de graduação e mestrado.
[342] Como detalhado no capítulo 4, da metodologia proposta, e capítulo 5 aplicação ao estudo de caso.
[343] De acordo com o Estatuto da Cidade no: Estudo de Impacto de Vizinhança - EIV (ARTS 36 a 38). Lei do Estatuto da Cidade: 10.257, de 10/07/2001

3.5.3 Classificação de PGV´s.

> Assim como o conceito, a classificação dos PGV´s é diferenciada no Brasil, a depender da cidade. Com base na amostra das quatro maiores capitais classificadas na tabela 19 pelo índice *auto/km*, apresenta-se a classificação de São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília e Fortaleza.

Para a CET-SP *apud* KNEIB (2004) os PGV´s podem ser classificados de acordo com o seu *tipo* e *magnitude*, em função da intensidade dos seus prováveis impactos, podendo ser (1) *Micropolos*: para impactos isolados e pequenos, mas que quando agrupados podem se tornar bastante significativos[344], e; (2) *Macropolos*: construção individualizada, cujos impactos causados são maiores e expressivos, merecendo, conseqüentemente, uma atenção especial.

Além desta classificação, os PGv´s também podem ser ordenados segundo a quantidade de fluxos veiculares que por ele são originados[345].

Para a cidade do **Rio de janeiro**, ainda carece uma classificação devida. No entanto, de acordo com a Lei Complementar nº16, de 04/06/1992[346], em seu Capítulo III, Da Política de Transportes, Seção III, artigo 173, já fixa que as *atividades geradoras de tráfego* serão analisadas e monitoradas quanto aos impactos sobre o sistema viário. Além disso, no seu parágrafo segundo (§ 2º) que "*As atividades geradoras de tráfego* existentes serão analisadas pelos órgãos municipais de transportes e de urbanismo...".

Mais adiante, em projeto de lei complementar (N.º 31/2001)[347], em atendimento ao artigo 173 (ver tabela 23), subdividiram-se os impactos sobre o sistema viário e meio ambiente. Nota-se, por enquanto, uma preocupação e evolução da legislação sobre os PGV´s e as incumbências sobre quem deve analisá-los.

Para a cidade de **Brasília**, encontra-se um enquadramento que está incluído no documento do DENATRAN (2001), com aplicação em todo o Distrito Federal (Anexo

---

[344] Seguindo o raciocínio conceitual exposto na tabela 22, a aglomeração de PGV´s, de micro e macropólos podem originar, a depender de sua proximidade, novos CGV´s. Ainda estão por ser investigadas as propriedades de viagens para atratores do tipo micro e macro PGV´s alinhados, como no caso de Fortaleza.

[345] (1) *Baixo* (menos que 500 viagens veiculares na hora de pico); *(2) moderado* (de 500 a 1000 viagens na hora de pico) e; (3) *alto* (mais de 1000 viagens na hora de pico). Os anexos 9 e 10 apresentam exemplos de enquadramentos de PGT´s adotados em Brasília e Fortaleza.

[346] que "dispõe sobre a Política Urbana do Município, institui o Plano Diretor Decenal da Cidade do Rio de Janeiro, e dá outras providências". Anexo 8.5. Acesso: http://cmrj3.cmrj.gov.br/spldocs/plc/2001/plc0031_2001_004488.pdf (em 19/11/07, as 11:29)

[347] PROJETO DE LEI COMPLEMENTAR, (Mensagem n.º 88/2001), "...e estabelece os parâmetros para a sua ocupação, em atendimento ao Plano Diretor Decenal da Cidade do Rio de Janeiro..". Onde apresenta o Anexo 8.5: Quadro de caracterização das situações de impacto dos usos e atividades nas Áreas 1, 2, 4, 5 e 6 e respectivas áreas remanescentes do Decreto n.º 5.648, de 1985. (ver SPL - Sistema do Processamento Legislativo. Tramitação do Projeto de Lei Complementar n.º 31/2001). Site acessado em 19/11/07, as 11:33 : http://cmrj3.cmrj.gov.br/ofc/scripts/tramitproj.asp?tipo=Lei Complementar&numero=31&ano=2001

9). No entanto, observou-se nesta classificação um critério em função do *porte* e do *número de vagas* (relação área total de construção por vaga)[348].

Para Brasília, os PGV´s estão mais próximos ao conceito de CGV´s de KNEIB (2004) e são denominados por Pólos Multifuncionais (PM´s), não existindo uma classificação por atividade pois são compreendidos como subcentralidades que reúnem múltiplos equipamentos concentradores de oferta simultânea de atividades e de transportes com papel de núcleo polarizador em áreas pré-definidas pelo PDOT no DF[349] (PDOT, 2007).

Em **Fortaleza**, o conceito e o enquadramento são de referência aos PGT´s, ou seja, a visão dos gestores ainda é do impacto imediato, em curto prazo, apenas na circulação e na malha viária de seu entorno. Recente estudo sobre a diferença entre legislações municipais referentes a Pólos Geradores de Tráfego foram feitas por GIFONI (2006)[350].

Verifica-se em Fortaleza uma classificação dos PGT´s segundo o seu enquadramento na Lei 7.987 de Uso e Ocupação do Solo (PMF, 1997), que ordena os empreendimentos denominados como Projetos Especiais, de acordo com grupos e subgrupos de atividades, descritas no anexo 10.

De um modo geral, as atividades incluídas nesta classificação atendem plenamente o espectro de possibilidades de PGT´s na cidade. Contudo, não contemplaram alguns usos associados, que, em tese para este trabalho, contribuem para a saturação viária e congestionamentos. Por exemplo, em um mesmo trecho de via, encontram-se juntos, três ou quatro *micropólos* geradores de tráfego, ou MicroPGT´s (ver figura 56).

Embora exista variação na classificação de PGT´s no Brasil, existem critérios de classificação já consolidados e que podem ser comparados com os de Fortaleza. Ao realizar um resumo comparativo de legislações de sete capitais brasileiras (Recife, Salvador, Goiânia, Belo Horizonte, São Paulo, Campinas, Curitiba) GIFONI (2006) detectou que diversos *fatores versus impactos* (curto, médio e longo prazo) são utilizados como parâmetro de classificação, tais como: Hierarquia Viária, Zoneamento,

[348] Atualmente, o Governo do Distrito Federal, por intermédio das subprefeituras do DF, vem atualizando a revisão de seu Plano Diretor de Ordenamento Territorial, o PDOT, que inclui revisão desta classificação em função de diferentes escalas dos PGV´s (ver PDOT, 2007).
[349] Catetinho, Ceilândia, Grande Colorado, Metropolitana, Planaltina, Samambaia, São Sebastião, Sul e do Torto.
[350] Este estudo relata a experiência legal sobre PGT´s em Fortaleza, e apresenta a sua classificação que foi adotada nas etapas de pesquisa de campo.

Número de vagas de estacionamento, Nível de Incomodidade, Natureza das atividades, Área Edificada e Área Construída.

Ao comparar estes critérios entre si vêem-se que sua utilização está diretamente relacionada *à visão que os criadores tinham sobre os impactos que os empreendimentos causavam na época*. A população, por sua vez leiga no assunto, não conhece tais parâmetros para avaliar corretamente os impactos, ficando a cargo dos gestores (arquitetos/urbanistas e engenheiros de tráfego) e legisladores (vereadores) como responsáveis pelo trâmite técnico/político.

Em adição ao trabalho de GIFONI (2006), percebe-se que um destes critérios que é pouco usado, o da *hierarquia viária*, possui falhas na sua aplicação, uma vez que a cidade se desenvolve rapidamente, e as mudanças de traçado influenciam na modelagem do rearranjo dos fluxos.

Além disso, esta modelagem deveria verificar se as vias adicionais são ou não compatíveis com a realidade local, dificultando a análise e predição dos impactos na circulação e no sistema viário no entorno dos PGT´s[351], algo que não acontece na prática atualmente, muito menos em Fortaleza, consistindo em uma limitação a ser superada.

Nota-se na literatura uma carência de parâmetros mais dinâmicos de análise associados a um melhor controle do uso do solo, e, ao mesmo tempo, que considerem os *efeitos* da malha nos movimentos, captados pela sintaxe espacial.

Partindo desta concepção, realiza-se uma comparação (tabela 23) dos diversos *critérios de classificação* versus as *visões de impactos* que estes critérios estão predispostos a cobrir. Estes impactos, por sua vez, estão divididos em Prazo e *Efeito*, sendo este último subdividido em: *secundário* e *terciário*[352], como foram postulados na primeira hipótese (figura 4).

[351] Este trabalho investiga a possibilidade da associação entre a modelagem configuracional e a tradicional na perspectiva de adicionar novas técnicas de modelagem que possam se aproximar mais da realidade.

[352] Para rever os efeitos, retornar á introdução deste trabalho, figura 4. na hipótese sugerida, os efeitos secundário e terciário ocorrem após a instalação dos PGT´s (ou PGV´s), já o quaternário alteraria a malha em si, com novas vias.

Tabela 23 Quadro comparativo de critérios antigos e atuais na classificação e impactos para análises de PGT´s. Fonte: Adaptada de GIFONI, (2006).

Cidade	Data da Lei	Critério de Classificação	Impacto		Quem elabora o estudo?	Quem analisa o estudo?	Preocupação com a Acessibilidade Global?
			Prazo	*Efeito*			
Curitiba	1968	• Area Construída	Curto	Secundário	Empreendedor	Órgão ambíental	Não
		• Zoneamento	Longo	Terciário			
São Paulo	1987	• Vagas	Curto	Secundário	Órgão de trânsíto	Órgão de trânsíto	Nâo
Campinas	1982	• Ativídades	Curto	Secundário	Empreendedor	Órgão ambiental	Não
		• Área Construída	Curto	Secundário			
		• Zoneamento	longo	terciário			
Recife	1984	• Ativídades	Curto	Secundário	Órgão ambíental	Órgão ambiental	Não
		• Incomodidade	Curto	Secundário			
		• Zoneamento	Longo	Terciário			
Goiânía	1994	• Ativídades	Curto	secundário	Empreendedor	Órgâo de trânsito	Sim
		• Area Edífícada	Curto	secundário			
Belo Horizonte	1996	• Hierarquia • Zoneamento	Curto, Médio e Longo	Secundário e terciário	Empreendedor	Órgão ambiental e de trânsito	Não
Salvador	1997	• Hierarquia • Incomodidade	Curto, médio e longo	Secundário e terciário	Empreendedor	Órgão ambiental	Nâo
Fortaleza	1996	• Ativídades • Área Construída	Curto	Terciário	Empreendedor	Órgâo de trânsíto	Não

Vê-se que, com exceção de São Paulo e Recife, todas as cidades da amostra delegam ao Empreendedor a responsabilidade de elaborar seu estudo de impacto dos PGT´s. Em Fortaleza, a AMC oferece em seu site, um manual para elaboração de RIST de PGT, que analisa este relatório utilizando critérios puramente localizados e operacionais, de efeito terciário e de curto prazo, baseado unicamente em função do tipo, porte do PGT (sua área construída total) e da contagem de volumes de tráfego e classificatória de tipos de transporte (moto,ônibus, carro) nas vias de seu entorno.

Nota-se que a acessibilidade ao pólo e mobilidade nas suas imediações não está sendo devidamente considerada na análise de impactos (efeitos). Esta situação sugere uma mudança de postura de arquitetos e gestores (engenheiros de tráfego), pois aqueles que elaboram os projetos de PGT´s ainda não assimilaram as metodologias específicas de análises sistêmica e de curto, médio e longo prazo dos impactos.

Por sua vez, os gestores (engenheiros de tráfego, em sua maioria), estão desconectados das questões do uso do solo e mais afeitos a uma visão não-sistêmica,

centrando esforços nos efeitos (os congestionamentos) e não nas causas (o uso do solo, o desenho da malha).

Os profissionais envolvidos apenas direcionam-se a resolver problemas imediatos de impacto[353]. Esta deficiência de análise dos PGT´s caracteriza também mais uma limitação da metodologia atual de análise dos congestionamentos. Fica a pergunta: na realidade, em relação aos *efeitos* ou *impactos* de longo prazo, embora existam diversos critérios (uso do solo, número de faixas de tráfego, linhas de ônibus, etc) qual o critério utilizado, em termos específicos, na localização de PGT´s?

3.5.4 Metodologias de Localização de PGV´s.

De acordo com a tabela 23, viu-se que, na prática, delega-se aos empreendedores a responsabilidade de elaborar relatórios de impactos. A literatura demonstra que a visão de localização dos pólos atratores está mais relacionada ao investimento do empreendimento, de cunho mercadológico, privado. Esta postura difere dos órgãos de gestão que assumem uma visão coletiva de preocupação com os impactos na cidade.

Segundo PORTUGAL & GOLDNER (2003, p. 50 - 55) que revisaram metodologias de localização dos PGT´s em cidades brasileiras, detectaram esta prática mercadológica baseada na macroeconomia[354], inexistindo na literatura estudos que envolvam a visão do gestor, muito menos com aspecto configuracional.

A revisão de HUNT (1997) *apud* PORTUGAL & GOLDNER (2003, p. 60), mostra que o empreendedor adota critérios puramente comerciais na localização de seus empreendimentos que envolvem a *facilidade de clientes no acesso ao PGT pelo sistema viário*, a *renda da população* e a *natureza das atividades* próximas (concorrentes ou não) (tabela 24).

[353] Locais de acesso, embarque e desembarque, vagas de estacionamento, etc.
[354] Segundo Portugal e Goldner (2003) as teorias locacionais foram iniciadas por estudos logísticos, inicialmente desenvolvidas por economistas e geógrafos como: Johann Von Thünen (1875), Alfred Weber (1909), T. Palander (1935), August Losh (1940), Edgar Hoover (1957), Melvin Greenhut (1955) e Walter Isard (1960). Estudos mais recentes entendem que o uso do solo e os transportes têm de ser tratados de forma articulada no que diz respeito á localização de atividades (PGT´s) e que a ausência desta tem contribuído para declínio de centros urbanos.

Tabela 24. Pesos dos fatores e incumbências por citações /autor.
Fonte: Adaptada de Hunt (1997).

Fatores e Incumbências intervenientes		Número de referências citando o tema
Referentes aos transportes (quem avalia o PGT)	Condições de estacionamento para clientes	3
	Proximidade de ponto de ônibus	1
	Segurança do tráfego	2
	Acessibilidade de entregas	1
	Acessibilidade de clientes	6
	Categoria da via e volume de trafego	2
Características locais da loja (quem projeta o PGT)	Espaço (área)	6
	Extensão da fachada	6
	Espaço para expansão	2
	Tipo de edificação em que a loja esta localizada	1
	Natureza da área que contem a loja	1
	Renda e custos da propriedade, incluindo taxas	6
Características de operação da loja (quem opera o PGT)	Tipo/qualidade/variedade de mercadoria	2
	Características dos empregados	5
	Tempo de existência da loja no local	1
	Consertos e custos gerais	3
Considerações de Mercado (quem 'loca' o PGT)	Atributos sócioeconomicos da população	7
	Natureza dos concorrentes próximos	6
	Natureza das outras lojas próximas (não-concorrentes)	7
	Localização relativa a área central da cidade (CBD)	3

Como pode ser observado, em relação ao critério *transportes*, o 'peso' é demasiado grande para o item *acessibilidade*, que deve ser direta, ficando a *segurança* em penúltimo lugar, perdendo para os *estacionamentos*. Na visão do empreendedor, fica a cargo do *analista de tráfego* a responsabilidade de resolver o problema da acessibilidade.

Por outro lado, nota-se um peso também elevado para o item *espaço*, ou seja, interessa ao empreendedor que sua loja seja ampla e ocupe bastante espaço e fachadas. Não obstante, o responsável por isso é o *arquiteto* que projeta o edifício. No item seguinte, estão as características operacionais do empreendimento, as quais, agregando-se a todas as citadas anteriormente, perdem para o item '*Considerações de Mercado*' no fator '*atributos socioeconômicos da população'*.

Em paralelo a esta revisão, acredita-se também que, em Fortaleza, é mais importante ao empreendedor que 'grupos de lojas' (*tennant mix*) dentro dos PGT´s estejam bem próximas (peso '7) dos seus concorrentes, preferencialmente em uma área extensa e de impacto visual (espaço e fachadas, ambos peso '6'), e que a acessibilidade ao empreendimento seja alta, importando menos (peso '3') as vagas de estacionamento em si e, menos ainda a segurança de tráfego de seus clientes (peso '1').

3.5.5 Implantação de PGV´s em Fortaleza.

Concluindo-se a revisão conceitual e metodológica dos *atores* que hipoteticamente interferem nos *movimentos* veiculares em Fortaleza: a malha viária (configuração), a operação de tráfego (movimentos) e os PGV´s (atratores), demonstra-se, a seguir, como ocorre a implantação de PGV´s na cidade.

Nota-se, principalmente em vias de grande fluxo e em repetidas situações, uma forte relação de proximidade entre PGT´s, tanto do tipo *micro* como *macropólos*, a qual é muito intensa na cidade, em área de grande movimentação de tráfego e de concentração de atividades[355] (figura 57).



Figura 57. Praça Portugal, exemplo de proximidade entre Micro e Macro PGT´s em Fortaleza.
Fonte: O autor, Base SIG-T/SS da Metodologia, Capítulo 4.

A figura apresenta o exemplo da Praça Portugal, que pode ser classificada como um EGV[356] de grande concentração de fluxos (pedestres, veículos, etc). Os edifícios em seu entorno agrupam simultaneamente Micro (outras cores) e Macro PGT´s (cor azul claro) em uma situação recorrente na cidade, principalmente em áreas de *congestionamentos*.

[355] Esta área, denominada na metodologia de Área Crítica, ou AC, e foi objeto de passo metodológico proposto detalhada no artigo de CAVALCANTE *et. al* (2007).
[356] Ou como define Cartaxo Filho (2004) uma subcentralidade de Fortaleza, aqui definida por 'Centro da Minoria'.

Os Macro PGT´s, segundo a Lei de Uso e Ocupação do Solo da Fortaleza, Centros de Comercio e Serviços Múltiplos (CSM´s), na cor azul clara, agregam em sua área de influencia grupos de atividades que a ele orbitam e que alteram os fluxos nas proximidades, originando congestionamentos. Este tipo de 'visão dos impactos dos usos' entre si não é captada pelo órgão de gestão do uso do solo[357].

Estes usos, na maioria, encontram-se localizados na mesma via que tangencia os Macro PGT´s, ficando os outros usos, das vias em paralelo, por exemplo, os residenciais: uni e multifamiliares, localizados nas quadras mais distantes, caracterizando uma área de influência secundária que na maioria originam movimentos de viagens aos PGv´s *atratores* realizadas 'a pé'[358]. Além destes usos 'orbitais', outros usos, como o tipo Misto e Residencial Multifamiliares (RM´s e MIS´s no anexo 10) agregam-se também a estes fluxos uma vez que compõem os PGT´s que demandam grande número de viagens na hora de pico do sistema viário.

A vivência e observação desta repetição no posicionamento e influência destas atividades atratoras nos movimentos é mais evidente em determinados períodos do ano e do dia, como datas comemorativas. A constatação de pessoas tentando acessar os PGT´s durante o dia na disputa de espaço para estacionamento concorre com moradores dos condomínios que encontram dificuldades também para entrar ou sair de suas residências. É interessante notar que este fenômeno ocorre em centralidades menores de bairros mais afastados, porém os micropólos estão alinhados em uma mesma via, diferente das aglomerações da figura 56.

Neste trabalho, acredita-se que estas duas formas de posicionamento destas atividades atratoras acirram localmente o fenômeno de congestionamento que sofre também influência global da configuração da malha, constituindo-se em mais um erro de gestão a ser superado. Na prática, as pessoas percebem este problema, porém o gestor desconhece uma metodologia que agrupe estas influências, algo que este trabalho se propõe a contribuir no capítulo seguinte.

[357] Na figura 57, como por exemplo, os usos SE, SS, CV, CAD (cores respectivas: branca, vermelha e amarela), próximos aos PGV´s do tipo CSM (micro e macro PGT´s na cor azul).
[358] Polígonos da figura 57, representados na cor branca, sem rótulos de identificação;

CAPÍTULO 4

CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA PROPOSTA

Revisada a literatura sobre a modelagem configuracional (*efeito primário)* e de tráfego (*efeitos secundário* ao *quaternário*), além dos conceitos e estudos sobre *atratores* (Pólos Geradores), apresenta-se a seguir a metodologia proposta para detecção da parcela contributiva da *configuração* da malha viária e dos *atratores* na ocorrência de *congestionamentos* na cidade de Fortaleza. Espera-se que esta metodologia, no bojo de uma aplicação universal, possa ser replicada na obtenção de soluções dos mesmos problemas em outras cidades brasileiras, resguardadas as especificidades de coleta e atualização de seus dados.

Metodologia

Para melhor compreensão do leitor, resume-se a metodologia proposta na figura 58. Em seguida, são feitas explanações detalhadas por item, com comentários para cada etapa/fase (figura 58).

4.1 ETAPA 01. Uso e Ocupação *versus* Sintaxe da Malha

Resumo cronológico por Plano de Urbanização na identificação dos principais eventos sociais, econômicos e culturais que formaram a sociedade fortalezense. Nesta etapa são detalhados os planos, ordenamentos e representações gráficas da malha da cidade, realizando uma análise paralela entre o *espaço de circulação* e a *ocupação social* que definiu a malha atual. Esta etapa visa analisar a expansão da cidade de Fortaleza contrapondo duas abordagens, uma *histórica-ocupacional*, e outra, a *sintática-morfológica*. Na primeira é realizada uma revisão dos aspectos históricos formadores da estrutura social da cidade. A segunda, utilizando a teoria, métodos e técnicas da Sintaxe Espacial (Cavalcante e Jales, 2008), compara-se a evolução social com a evolução espacial da cidade.

Dada a revisão da SE no segundo capítulo, sabe-se que sua teoria e métodos tentam responder basicamente a duas questões: (1) o desenho do espaço viário de Fortaleza originou conseqüências para o padrão de *acessibilidade global* a ele relacionado? e; (2) o uso do espaço de circulação também sofre conseqüências da ocupação social (atividades e atratores), [por exemplo] na sua *acessibilidade local* ?

Nesta 'via de mão-dupla' a presente **etapa** contribui para a primeira pergunta com base exclusiva na análise da própria malha urbana, sem a necessidade excessiva de dados que contextualizem momentos históricos. O motivo do uso deste método é de

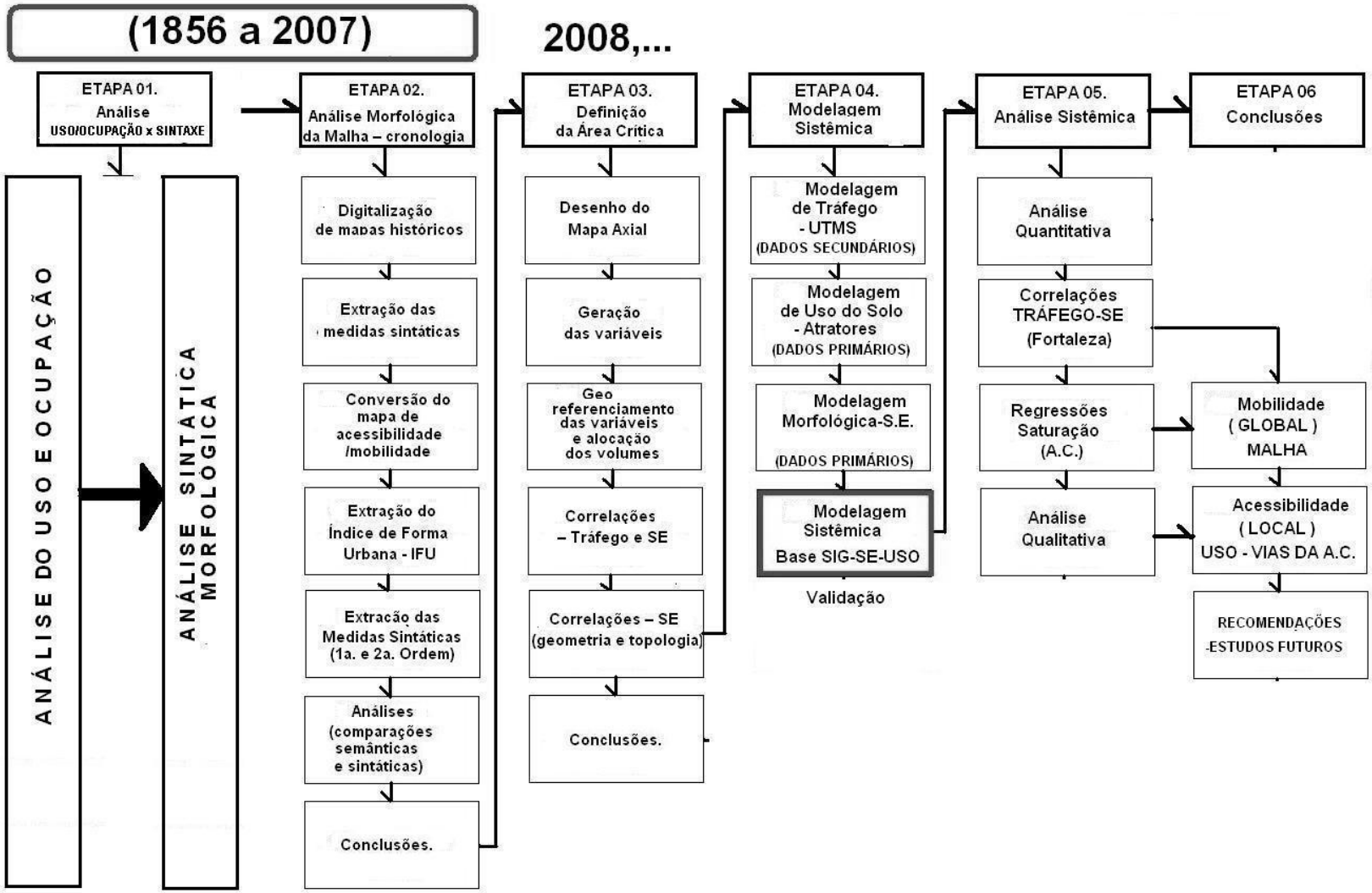


Figura 58. Metodologia proposta – Resumo

contribuir para as metodologias tradicionais[359] de caracterização da evolução urbana de cidades, as quais seguem, às vezes, processos simples, apenas com o uso de representações gráficas: fotos, mapas iconográficos, cartas náuticas antigas, superposição de levantamentos em meio físico (pranchas em papel 'manteiga' ou 'vegetal') ou em meios complexos: uso de geotecnologias, mapeamentos por satélite, mapas termais, etc.

Apesar de válidas, tais representações seguem às vezes, apenas uma abordagem de aspectos físicos baseada em levantamentos diversos: mapas antigos (quando existem), projeções cilíndricas, ou cônicas (perspectivas com ou sem precisão), fotos antigas, etc. Além destas representações *espaciais*, tais reconstituições agregam informações socioeconômicas *a-espaciais*[360] que, a depender do município e recursos, não são compiladas em um sistema de informações geográficas, por exemplo: entrevistas a testemunhas de época, levantamentos de historiadores (registros de tombamento, documentos, relatos de patrimônio histórico), etc.

Nesta etapa, analisa-se a evolução urbana da cidade de Fortaleza e tem-se por objetivo identificar centralidades e processos econômicos e sociais que formaram a cidade no que ela é hoje, identificando as principais centralidades e eixos formadores de sua configuração. Aplica-se a técnica da axialidade da SE aos mapas antigos da cidade, que remontam o século XIX, desde o primeiro registro cadastral da cidade, de 1856 aos dias atuais[361]. etc.

4.2 ETAPA 02. Análise Morfológica da Malha – cronologia

4.2.1 Digitalização de mapas históricos (via 'scanerização' e vetorização)

Nesta etapa, de cunho prático, são desenhados mapas axiais sobre mapas históricos oficiais (cópias dos originais) de propostas de ordenamento viário de diversos planos diretores de Fortaleza, revisados na etapa anterior, desde 1856 até os dias atuais. Neste processo são utilizados três métodos de elaboração:

4.2.1.1 Desenho das linhas axiais (1856 a 2007)

- Método 1 - Desenho Manual (sobre o mapa digitalizado);
- Método 2 - Desenho automático[362] (*Depthmap*);

[359] Tradicionalmente, sabe-se que a análise de expansão urbana das cidades é feita por uma abordagem historicista baseada na coleta de mapas antigos associado à catalogação de atividades por meios pouco acessíveis como: jornais de época, notas radiofônicas, registros cartoriais,etc.
[360] Neste caso, significa todas as informações não espaciais, aspectos sociais, econômicos, culturais, etc.
[361] Como observado nas fontes, diversos mapas foram retirados do mapa axial de Fortaleza (CAVALCANTE & JALES, 2008), em virtude de suas fontes históricas não serem confiáveis em termos de resolução e visibilidade nas fontes de documentos históricos.
[362] Exposto no capítulo 2, *minimal set lines!*

- Método 3 - Superposição axial[363].

4.2.2 Extração das medidas sintáticas (via *Mindwalk* e *Depthmap*)

Uma vez elaborados estes mapas, deles são extraídas as medidas sintáticas de primeira e de segunda ordem (vide capitulo 2), para: Linhas Axiais, Linhas de Continuidade e Análise Angular de Segmentos;

4.2.3 Conversão do mapa de acessibilidade/mobilidade (TransCAD)

Nesta etapa, tanto os mapas vetoriais quanto as tabelas de medidas sintáticas são exportadas para o ambiente SIG-T do TrasCAD, para análises por operações booleanas SIG, identificando classes de *acessibilidade global* e *local* nos mapas antigos.

4.2.4 Extração do Índice de Forma Urbana - IFU (via sistema CAD)

Em paralelo aos dados sintáticos, são extraídas variáveis geométricas (raios, comprimentos, diâmetros) dos mapas históricos em ambiente CADD[364] e em seguida elaborado por mapa o Índice de Forma Urbana – IFU (NOGUEIRA, 2005). Como resultados são obtidos importantes conclusões comparativas entre as características morfológicas destes mapas e os planos urbanísticos comentados na etapa anterior.

Em função desta comparação, é detectada a mudança ou permanência de eixos de expansão da cidade, ou seja, do ponto de vista morfológico, respostas que expliquem/confirmem a movimentação de pessoas e veículos e a definição das principais vias e centralidades que permanecem como mais acessadas.

4.2.5 Correlações (*DepthMap*, Excel)

De posse destas vias realiza-se uma análise de distribuição de freqüências das variáveis obtidas, apresentando-as segundo flutuações por cada plano urbanístico, em gráfico de linhas evolutivas, seguindo aspectos: *geométrico* (IFU) e *topológico* (SE).

4.2.6 Análises

Com os gráficos, identifica-se o deslocamento da centralidade da cidade em função das medidas sintáticas encontradas nos mapas da cronologia. Em termos de expansão física, compara-se o deslocamento da expansão social com a ocupação de centralidades[365], regiões e bairros que foram se consolidando para a realidade atual da cidade.

---

[363] Resultantes da 'subtração' de mapas axiais de toda a malha, elaborados em (CAVALCANTE *et al,* 2007), 'menos' as áreas de contorno da evolução cronológica urbana de Fortaleza no trabalho de CAVALCANTE (2002);

[364] Computer Aided Design and Drafting, no *software Autocad Map 2000;*

[365] EGV´s explicitados no capítulo 3.

4.2.7 Conclusões.

Identificam-se os principais eixos (vias) a serem considerados na etapa mais adiante de seleção amostral da Área Crítica de *congestionamentos* (AC) e as principais vias (arteriais e coletoras) a serem consideradas nas etapas posteriores de análise de correlação e regressão.

4.3 ETAPA 03. Definição da Área Crítica (2008)

4.3.1 Desenho do Mapa Axial

Objetivo: Elaborar o mapa axial de toda a cidade de Fortaleza (2008)
Resultado: Mapa axial para processamento e extração das medidas sintáticas.

Elabora-se o mapa axial da cidade com a utilização da base de logradouros da malha viária de Fortaleza em formato CAD. A referida base é dividida em *quadrículas* de um quilômetro quadrado ($1km^2$) e o desenho das linhas axiais deve ser construído analisando-se cada uma delas, seguindo adaptações[366] da metodologia de (MEDEIROS, 2004).

4.3.2 Geração das variáveis

Objetivo: Gerar medidas sintáticas, calibragem, validação da AC
Resultado: Validação gráfica da AC

Uma vez finalizado o desenho do mapa axial no CAD, parte-se para a fase de geração de variáveis sintáticas utilizando *softwares* de análise da SE: *Mindwalk* e *Depthmap*. Para tanto, converte-se o mapa axial desenhado na fase anterior, de uma extensão '.dwg' para '.dxf'. A extensão '.dxf' (*Drawing Exchange File*) permite a relação entre os arquivos de programas CAD e SE. Este último é aceito no *software* sintático *Mindwalk* 1.0 que permite o retorno de erros de representação e o posterior ajuste no desenho inicial em ambiente CAD das linhas com erro, com um processo cíclico, até que elas estejam devidamente corretas.

Passo seguinte, submete-se novamente o arquivo '.dxf' inserido no *software Mindwalk* ao processamento das variáveis ou medidas sintáticas de *primeira* e de *segunda ordem*, obtidas em função dos algoritmos matemáticos internos ao programa. Além das medidas adicionais propostas, agrega-se as secundárias definidas por Medeiros (2004)[367] e Turner (2005: 2007)[368]. Dentre as principais variáveis a serem geradas nesta fase, estão:

[366] Aplicam-se as regras seguidas por Medeiros com adaptações sugeridas por Holanda (2002). O desenho considera o sentido de "mão dupla", sendo suas vias por sentido representadas por uma linha em cada sentido (unindo os 'retornos'). As linhas devem ser desenhadas 'dentro' do espaço de circulação veicular, descartando aqueles onde somente possam circular pessoas e marcando as superposições verticais (viadutos) com círculos.
[367] Linhas de Continuidade – LC´s;

- Integração Global (G*lobal Integration*)
- Integração Local (*Local Integration*), para um número de conversões (mudanças de direção) conhecidas como 'Raios': 3, 4, 5... até 20 e médio (Raio-Raio)
- Conectividade (*Conectivity*)
- Controle (*Control*)
- Profundidade (*Depth*), e;
- Escolha (*Fast Choice*)

Além destas, são avaliadas as propostas por Medeiros (2004):

- Sinuosidade (*Sinuosity*);
- Comprimento da linha axial (*Length*).

Passo seguinte gera-se as *linhas de continuidade* por diversas margens de aproximação, adotando-se ângulos mínimos que variam entre 5 e 60 graus. Como método de se testar somente algumas margens de aproximação[369]**,** é definida uma distância plausível para a escala veicular (são testadas: 5, 10 e 15 metros).

Obtidas as variáveis após a criação das LC´s, exportam-se os dados do *Mindwalk* para uma planilha Excel[370]. Seguindo a mesma metodologia de Medeiros (2004), testa-se a ***correlação*** entre os valores de *integração* e o *length* com o intuito de identificar, em termos sintáticos, que mapa sintático seria o representativo da AC[371].

4.3.3 Georeferenciamento das variáveis e alocação dos volumes

Objetivo: Compor a Base SIG-SE para validação da AC
Resultado: Modelagem da AC em Ambiente SIG-SE

Após a escolha do melhor mapa de correlação '*length x medidas sintáticas'*, segue-se com a fase de georeferenciamento deste no SIG-T TransCAD. Nesta fase, unem-se o melhor mapa axial processado ao mapa de tráfego[372] ao de contagem volumétrica nos *links* de tráfego (linhas entre quadras) observados *on-line* pelo órgão oficial de gestão urbana, a AMC – CTAFor[373].

O objetivo desta junção de mapas é o registro em uma mesma plataforma computacional de dois tipos de 'visões de movimentos', uma *operacional* e outra

---

[368] As RCL´s e a Análise Angular de Segmentos – ASA;
[369] Conceito descrito no capítulo 2.
[370] O *software Mindwalk* permite a exportação da tabela de medidas sintáticas em formato.TXT ou via cópia simples (Crtl+c > Crtl+v) para uma extensão .XLS, lida no Excel. O cuidado com a conversão das casas decimais dos valores sintáticos de pontos em vírgulas deve ser observado, bem como a notação em potenciação,caso contrário, problemas nas correlações podem resultar em dados incorretos.
[371] As análises e resultados estão disponíveis no trabalho do autor em parceria com os técnicos da AMC, em Cavalcante *et al* (2007);
[372] Em duas amostras: 1) Volumes absolutos (ou reais), e; 2) Volumes estimados.
[373] Processo devidamente explicado no capítulo 3.

topológica. Duas modelagens distintas em uma só, possibilitando sua comparação e investigação de propriedades que por ventura possam conter. O processo de georeferenciamento segue os moldes de referências geográficas adotados pela equipe de gestão de mapas da AMC[374].

Esta é a etapa mais trabalhosa da metodologia, pois as informações existentes constam de mapas de fontes e escalas geodésicas distintas, sendo de difícil manipulação. Tomar-se-á como base, o mapa de quadras (ou logradouros.dwg) cedido pela Prefeitura de Fortaleza, requerendo ajustes de escala tanto em ambiente CAD como em SIG para que as variáveis *geométricas* e *topológicas* possam estar superpostas por trecho viário[375]. Vencida esta etapa, as variáveis resultantes da junção de matrizes de tráfego e sintáticas são exportadas para o *software* Excel.

4.3.4 Correlações – Tráfego e SE

Objetivo: Testar correlações entre as medidas sintáticas e de tráfego para validação das simulações obtidas mediante a SE;
Resultado: Mapas com as melhores correlações sintáticas e de tráfego da AC em vias mais congestionadas.

Tabuladas as variáveis de tráfego e sintáticas, são testadas correlações diversas entre as variáveis de tráfego e sintáticas. Os 'mapas e atributos' são posteriormente escolhidos em função de análises: *visual* e *estatística* da área contorno de definição da AC. A variável sintática *integração* das LC´s de Medeiros (2004), apresentada no segundo capítulo, é testada nas correlações:

1) Integração e VMD;
2) Integração e capacidade;
3) Integração e horário de pico, e;
4) Integração e a relação Volume/Capacidade.

Os resultados gráficos deverão apresentar similaridades entre a modelagem das LC´s e a Alocação-4E, confirmando qualitativamente uma área crítica de congestionamentos. Caso os resultados das correlações sejam positivos, segue-se para a etapa 4, Modelagem Sistêmica. Caso os resultados não sejam satisfatórios, segue-se para a o item 4.3.5.

4.3.5 Correlações – SE (geometria e topologia)

Objetivo: Testar correlações 'entre' as medidas sintáticas para validação da AC
Resultado: Validação morfológica da AC

[374] Costumeiramente, os técnicos adotam uma referência de sistema de coordenadas do tipo UTM-24, *Universal Transverse Mercator*, de longitudes 42W e 36W (42 oeste e 36 oeste) e o Elipsóide GRS 1980 ou WGS 1984.
[375] Caso necessário, utiliza-se suporte de programação *open-GL* em linguagem C$^{++\ do}$ *software* GVsig.

Caso a etapa anterior não obtenha bons resultados, parte-se para outra estratégia. Com o processamento do mapa axial total (em torno de 11.000 linhas axiais), são selecionadas as linhas axiais, processadas de maneira cumulativa, por faixas de cores de linhas. Neste processo, são aplicadas técnicas de seleção vetorial em ambiente CAD, por camada e faixa de cor. Este processo é aplicado em dois mapas sintáticos, um no *Depthmap 6.08* e outro no *Mindwalk 1.0,* para os raios (número de conversões): R3 a R20 e Rn (onde *n* = número de linhas axiais do mapa).

Depois de obtidas as medidas sintáticas em re-processamentos por faixa de cor, executam-se os mesmos procedimentos de MEDEIROS, L. F. de (2004) para encontrar as melhores correlações entre os comprimentos (*lenghts*) das linhas acumuladas e os melhores valores (por raio) nas variáveis: *integração*[376]*, entropia*[377]*, profundidade média (Mean Depth), choice*[378]*,* e contagens de 'nós' (*node count)*.

Como resultado final, caracteriza-se com o melhor valor de correlação as *medidas sintáticas* e os valores dos *comprimentos* das linhas axiais, caracterizando em termos morfológicos, uma Área Crítica sintática de ocorrência de *congestionamentos*. Esta análise associada a distribuição de freqüência das correlações cumulativas por camadas de cores[379] apontará a região mais 'densa' ou 'propensa a movimentos' veiculares da cidade, validando a AC.

4.4 ETAPA 04. Modelagem Sistêmica

4.4.1 Modelagem de Tráfego - UTMS

Objetivo: Elaborar uma base de dados SIG de Tráfego.
Resultado: BASE SIG de tráfego com alocação modelada.

Obter junto a AMC uma base alocada e calibrada por diferentes métodos de calibração (Tudo ou nada, Estocástico, Equilíbrio do Usuário, Equilíbrio do Usuário Estocástico, Sintético, etc.). Esta *alocação* resulta, em um novo mapa que utiliza os dados de VMD de bases anteriores do CTAFor (1997, 2003), na época com até 960 pontos de contagem[380] em cruzamentos semaforizados e os expande para toda a malha, representando 7% do volume total de movimentos veiculares em Fortaleza[381].

[376] HH, P-value e Tek. (ver Medeiros, 2004);
[377] Simples e relativisada. (*idem*);
[378] Simples e normalizada.(*idem);*
[379] Valores de integração, R3 a R20 e Rn, (cores: 10,20,..70);
[380] Cada 'ponto' corresponde a uma faixa por 'aproximação'. Dá-se o nome de aproximação a cada acesso veicular ao semáforo, cujo fluxo é interrompido no momento da luz vermelha. Assim existem cruzamentos com quatro aproximações, sendo que cada uma pode ter de duas a *n* faixas. Cada faixa conta como um 'ponto de contagem'.
[381] Segundo informações dos técnicos da AMC.

Esta nova alocação-4E foi feita nos estudos de Viana *et al* (2007), os quais apresentam a melhor correlação entre os Volumes Observados (os 960 interseções) e os Alocados (simulados por método de calibração na REDE MODE). Após processamentos, o melhor modelo alocado será aquele que resultar em melhores parâmetros de ajuste (α e β) da fórmula BPR[382], embutidos dentro do *software* TransCAD,

A realização da modelagem requisita informações *operacionais* das vias envolvidas na modelagem 'REDE MODE'[383], que viabilizam a simulação e alocação (utilizando o *software TransCAD*) dos fluxos e suas variáveis. Após processamento, são obtidos na Etapa de Alocação de Tráfego: (1) Fluxo estimado de veículos (fluxos em veículos/hora pico manhã); (2) Volume/Capacidade[384]; (3) Tempo de Viagem estimado (em minutos); e (4) Velocidade média estimada (km/h)[385];

4.4.2 Modelagem de Uso do Solo - Atratores

> Objetivo: Elaborar uma base de dados SIG de Uso do Solo
> Resultado: BASE SIG de usos/atratores com atributos pesquisados

Até o presente passo, são propostas informações de dados secundários de tráfego e primários de sintaxe, sendo este último obtido de menor custo de tempo. Deste ponto em diante agrega-se como nova variável explicativa sobre os *congestionamentos*, principalmente, em sua nuance sociológica[386], a existência, vivência, localização, quantidade e qualidade de *atividades atratoras* de movimentos, o USO DO SOLO e os seus Pólos Geradores. Para tanto, realiza-se um levantamento *in loco* de todo o uso do solo somente para as vias do sistema hierárquico oficial, nas vias expressas, arteriais (1 e 2) e coletoras, captando os atributos a serem considerados para as etapas subseqüentes da pesquisa. São eles:

1. Localização
2. Qualidade – tipo, uso e subgrupo de uso (atividade: PGV ou não)
3. Quantidade – densidade por via
4. Número de pavimentos – densidade por uso

---

[382] (BPR,1964). O cálculo e aplicação da fórmula BPR são detalhadamente expostos no capítulo terceiro deste trabalho. Em resumo, os coeficientes alfa e beta definem o 'grau' de volume veicular e atrasos dentro da rede de simulação (REDE MODE).

[383] Nome dado a Rede de Modelagem (REDE_MODE) composta apenas pelas vias oficiais da estrutura viária de Fortaleza (vias arteriais e coletoras); Estas informações estão listadas no Anexos 12 e 20.

[384] Também conhecida como 'saturação', uma medida que se aproxima das taxas de *integração global* da sintaxe espacial;

[385] Apenas para o conhecimento do leitor, esta fase da Sub-etapa 2.6 não será desenvolvida pelo autor desta pesquisa e sim pela equipe de apoio da AMC, muito embora todo o processamento seja acompanhado detalhadamente com o intuito de comparar os algoritmos da UTMS e os configuracionais da SE.

[386] Na medida em que são retratados os aspectos sociais e as práticas sociais de ocupação e vivências dos espaços públicos e privados na cidade e na AC;

5. Transtornos (acessibilidade ao lote, congestionamentos em frente ao lote, convivência no lote)
6. Quantidade e posicionamento de veículos no lote
7. Quantidade e posicionamento de veículos na via (em frente ao lote)

Com vistas a realizar uma pesquisa piloto, seguida de uma pesquisa final[387], estima-se a aplicação de aproximadamente 70 vias com média de 300 lotes por via[388]. Passo seguinte, tais registros são convertidos em ambiente SIG, por operações internas disponíveis no *software TransCAD*. Realizada a pesquisa piloto, identificam-se as deficiências do formulário, corrigindo-as em termos de identificação dos seus atributos e aceleração do tempo de coleta em campo. Estima-se a execução de 70 vias de uma sub-amostra da Área Crítica (AC) da cidade de Fortaleza.

Para efeito de maior fidelidade na obtenção dos dados sugere-se que os pesquisadores captem os atributos (itens 1 a 7), em horário de pico semanal (quarta quinta, ou sexta-feira), entre as 08:00 e 12:00, sem o enfrentamento de intempéries que prejudiquem o trabalho.

Sobre o item 5, *transtornos esperam-se* identificar, em escala veicular, com outros atributos: a *Quantidade e posicionamento de veículos no lote* e a *Quantidade e posicionamento de veículos na via* (em frente ao lote), a densidade de convivência dos condutores (motoristas) nos lotes, podendo confrontar, em nível *macroscópico e mesoscópico,* estes dados com os dados sintáticos da SE.

4.4.3 Modelagem Morfológica - SE

A elaboração da base de dados da configuração passa necessariamente pela extração de suas variáveis a partir da construção de mapas sintáticos mais significativos de *acessibilidade* (local e global). Neste processo, toma-se como referencial a construção simultânea de mapas sintáticos de toda a cidade de Fortaleza, e, em seguida, extraem-se aqueles que melhor representarem a AC, em função das metodologias revisadas no segundo capítulo: o Mapa de Axialidade (Hillier & Hanson, 2001), as Linhas de Continuidade (LC´s) de Medeiros (2004) e a Análise Angular de Segmentos, ou ASA, de Alasdair Turner (Turner, 2005:2007). Para tanto, este processo é realizado em três situações:

[387] Conta-se com o apoio operacional de pesquisadores de campo da AMC, em que uma parte é de alunos da UFC onde o autor desta pesquisa leciona e, outra parte também, coincidentemente, funcionários do órgão de gestão do tráfego local.
[388] A levar em consideração os 7 (sete) atributos por lote, descritos acima, a soma final resultaria em: 70 x 300 x 7 registros, ou seja: 147.000 registros manuais e tabulados.

Situação 1) Extraindo-se o mapa da nova AC (2.050 linhas) do Mapa Axial Total
Situação 2) Extraindo-se o mapa da nova AC (2.050 linhas) das LC´s (35,5)
Situação 3) Extraindo-se o mapa da AC via Mapa de Segmentos ASA (114.493 segmentos)

Passo final, em função dos resultados, opta-se pelo melhor método para a etapa 4.4.4.

4.4.4 Modelagem Sistêmica – Base SIG-SE-USO

Objetivo: Elaborar uma base sistêmica composta de dados
Resultado: BASE SIG-SE-USO

De posse das variáveis das três áreas envolvidas no estudo: as da Sintaxe Espacial (morfologia), as de Tráfego (operação) e, as de Uso do Solo (ocupação), segue-se para uma Modelagem Sistêmica que investigue o comportamento da *saturação* na malha da cidade, em vias de maior fluxo veicular.

4.4.4.1 União (junção) das bases SHAPE, ASA e USO.

Para tanto, será elaborada uma base de dados geográfica SIG-SE-USO, em ambiente de Sistema de Informações Geográfica – SIG, agregando as informações na seqüência:

1) SIG-SE para definição da Área Crítica de Congestionamentos (AC), onde são detectados os maiores volumes de tráfego da AMC e de fluxos potenciais da SE;
2) SIG-SE-USO, na AC, para as vias mais congestionadas do sistema oficial (vias expressas, arteriais e coletoras) de todas as atividades urbanas existentes nestas vias que deverão incluir os principais usos *atratores* de transtornos, identificados na pesquisa de campo exposta no item anterior.
3) SIG-SE-USO e Dados Sócio Econômicos na AC (setores censitários, IDH).

Estima-se que a composição destas bases seja um processo longo e demorado, cuja composição da BASE SIG-SE-USO envolve modernas técnicas[389] de SIG associadas a outras de CAD e programação em C++.

4.5 ETAPA 05. Análise Sistêmica da Malha (2008)

4.5.1 Análise Quantitativa

Objetivo: Análise das variáveis da BASE SIG-SE-USO
Resultado: Identificação de relações lineares ou não lineares

Consiste na realização de análises estatísticas, testes de correlação, de distribuição e estudos regressivos das variáveis envolvidas que viabilizem a identificação de suas possíveis relações lineares ou não-lineares. Segundo as hipóteses, estima-se que

[389] Estas técnicas/sub-etapas são descritas a seguir e serão mais bem relatadas por ocasião de sua aplicação, no capítulo 5.

estas *relações*[390] sejam *explicativas* do fenômeno dos congestionamentos e pertinentes a uma área crítica de *saturação.* Esta área crítica está restrita ao primeiro anel viário de Fortaleza, como caracterizado pela figura 59.

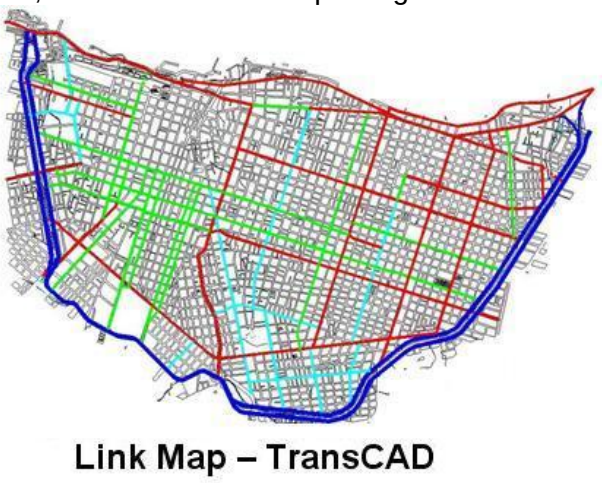


Figura 59. Área Crítica esperada - Vias oficiais (expressas, arteriais e coletoras).
Fonte: Adaptado de CAVALCANTE *et al* (2007).

O processo de modelagem, em ambiente SIG-SE-USO, destas *relações* passa pela identificação de todas as variáveis importantes que as definem. Como premissa, adota-se algumas mais evidentes: (1) Tráfego: Capacidade por sentido (AB/BA); a Velocidade Média por Sentido e a relação Volume/Capacidade (V/C – Saturação). (2) Uso: Área Total Construída por lote e a Localização de atratores de viagens, os PGV´s. Somem-se a estas, àquelas propriedades inerentes à malha viária, anteriormente captadas pelas medidas sintáticas da SE. Para obter e caracterizar estas relações parte-se para as análises de correlação e regressão.

4.5.1.1 Correlações - TRÁFEGO-SE (Fortaleza)

Os testes de correlação são feitos para duas amostras. A *AMOSTRA-01* utiliza VMDs[391] de fluxos observados nos anos de 1991, 1997, 2000, 2001 e 2003[392]. A *AMOSTRA-02* utiliza fluxos estimados da *saturação* pelo processo de alocação-4E[393] SUE (variáveis do anexo 12).

Na *AMOSTRA*-01 testam-se as *relações* entre os dados de tráfego observados em campo com as medidas sintáticas (anexo 11). Caso os resultados sejam positivos, serão adicionados os dados de uso do solo nas 68 ruas do sistema de arteriais e coletoras, para realizar nova correlação e regressões.

---

[390] A configuração da malha e o seu *efeito primário* e, a localização, porte e distribuição das atividades atratoras de tráfego, ou seja, o seu *efeito terciário*.
[391] Volumes Médios Diários;
[392] Gentilmente cedidos pela AMC, obtidos nos 960 pontos de contagem nas interseções viárias da cidade.
[393] Processo, algoritmo e resultados já expostos no capítulo 3.

Caso os resultados não sejam satisfatórios, redimensiona-se o uso de medidas sintáticas de um mapa maior, o da cidade inteira (*AMOSTRA-02*).

4.5.1.2 Regressões - Equação de Saturação (congestionamento - AC)

Assumindo o uso de uma AMOSTRA-02, estas terão como subproduto uma equação de *saturação* (2) de cunho *explicativo*[394]:

$$V\ f\ [\ K + a(VAR_PGV) + b(VAR_SE) + c(VAR_TRÁFEGO) + D\ ] \qquad (16)$$

Onde:

V	= taxa de movimento, traduzida por diversas variáveis de fluxos: (VMD, V/C[395], VMD_pico, etc.);
K	= constante;
a, b, c	= coeficientes estimados
VAR_PGV	= quantidade/qualidade de micro e macro PGV´s na área considerada ;
VAR_SE	= variáveis de SE referentes à malha viária (suas propriedades intrínsecas: AXIAL, LC ou ASA);
VAR_TRÁFEGO	= variáveis de tráfego ($V/C_{AB\text{-}BA}$, $VFL_{AB\text{-}BA}$, $TIME_{AB\text{-}BA}$, etc);
D	= variável *dummy* de calibração (Área Construída[396], PGV[397], Transtornos[398])

Passo seguinte realiza-se uma análise de distribuição de freqüências das ***Variáveis de Saturação***: (1) *Variáveis de tráfego (fluidez);* (2) *Variáveis sintáticas (co-presença veicular),* e; (3) *Variáveis de atratores (PGV´s)*. Esta análise objetiva 'dissecar' as propriedades de cada variável, identificando *relações* de causalidade entre si, favorecendo a identificação das categorias *funcionais* na ***AMOSTRA-1*** e ***AMOSTRA-2.*** Finaliza-se com as principais Conclusões – Quantitativas nas escalas: (1) Macroscópica; (2) Mesoscópica, e; (3) Microscópica:

4.5.2 Análise Qualitativa

Objetivo: Análise morfológica da BASE SIG-SE-USO
Resultado: Análise da categoria funcional e aspectos socioespaciais da cidade

Reúne-se a análise quantitativa anterior sobre a acessibilidade global da malha enquanto Categoria FUNCIONAL. Discorre-se sobre os principais resultados encontrados neste quesito, avaliando o aspecto de *acessibilidade* para toda a cidade, percebendo em que condições os movimentos 'sofrem' o efeito da malha.

[394] Pré-definida pelo autor em parceria com a AMC. Publicada em Cavalcante *et al* (2007); Não há intenção de elaborar uma equação preditiva pois devido a variabilidade dos dados, cada via teria uma equação representativa, o que não é intuito deste trabalho apresentar.
[395] Acredita-se que a relação Volume dividido pela Capacidade (V/C) ou conhecida como *saturação* seja a mais representativa dos *congestionamentos.* No entanto, as outras variáveis também serão testadas.
[396] Área total resultante da multiplicação da área projetada no SIG-T versus o número de pavimentos obtidos em campo. Caso seja necessário, será utilizada como variável de *seleção de PGV´s*.
[397] Caso seja PGV, o valor é '1', caso não é '0'.
[398] Caso tenha TRANSTORNOS, o valor é '1', caso não é '0'.

Em adição ao aspecto funcional, avalia-se: (1) a relação da organização social com a distribuição da ocupação espacial da cidade, traduzida por seu *espaço de circulação*; (2) Os padrões de movimentos veiculares em função da acessibilidade viária enquanto causa dos congestionamentos, e; (3) Avaliação do uso do solo e *atratores* enquanto participantes no fenômeno dos congestionamentos.

ETAPA 06. Conclusões

Conclusão do trabalho com as principais contribuições distribuídas em**: Teóricas, Metodológicas** e **Técnicas.** Além destas relatam-se as principais contribuições para a Cidade de Fortaleza. São listadas as contribuições da pesquisa para a Arquitetura e Urbanismo, para a Engenharia de Transportes, tanto no aspecto profissional quanto acadêmico. Finaliza-se com as críticas à situação sintática da AC e da cidade de Fortaleza, apresentando os principais problemas de **Acessibilidade Global** da Malha e **Local** das Vias da AC, sugerindo 'flancos' investigativos para pesquisas futuras.

CAPÍTULO 5

CAPÍTULO 5 – ESTUDO DE CASO

O principal intuito deste capítulo é de confrontar, por intermédio da Sintaxe Espacial, as vivências em planejamento (urbano e viário) com a morfologia da cidade, e comprovar a influência de sua configuração na ocorrência de congestionamentos[399].

Neste processo, são realizadas duas abordagens metodológicas: uma *qualitativa* e outra *quantitativa*, segundo duas evoluções de Fortaleza: a *histórica-socioespacial* e a *sintática.* No lado *histórico*, apresenta-se a evolução a cidade, com forte enfoque na *forma-espaço* de circulação (as vias), comparando-as aos eventos sociais e práticas de urbanistas de época, desde a formação da cidade até os dias atuais. Com isto são identificadas semelhanças relevantes para a realidade de 2008, como a identificação de planos e propostas de ordenamento urbano-viário que foram determinantes na configuração atual de Fortaleza.

Por fim, realiza-se uma análise estatística que envolve aspectos funcionais e sociais, buscando quantificar a contribuição da morfologia quanto ao nível de relações lineares e/ou não lineares sobre o fenômeno dos *congestionamentos.*

5.1 ETAPA 01. Uso e Ocupação *versus* Sintaxe - cronologia

O Planejamento Viário em Fortaleza

Recente trabalho de leitura *histórica* e *urbanística* sobre a gestão de planejamento em Fortaleza, com base em registros históricos, entrevistas e outros, foi realizado por MUNIZ (2006). De acordo com a autora, a análise da pesquisa documental que foi desenvolvida verificou-se que a evolução do planejamento urbano de Fortaleza ocorreu basicamente em três fases[400], sendo a primeira delas correspondente à elaboração das plantas cartográficas dos anos de 1818, 1859, 1863, 1875 e 1888 com indicações de futuras expansões urbanas. A segunda fase dessa evolução deu-se com a elaboração dos planos propositivos dos anos de 1933, 1947 e 1963. A terceira fase sucedeu com os planos de ordenamento dos anos de 1972, 1975/1979 e 1992.
A leitura apresentada a seguir destaca um ponto de vista específico, o da evolução da *forma-espaço* de circulação, no seu planejamento viário. Contudo, segue-se o critério evolutivo do planejamento urbano delineado por Muniz, facilitando o aspecto comparativo posterior às etapas práticas de análise *sintático-morfológica* feitas neste capítulo.

Segundo SALES (1996, p.25), o núcleo inicial da cidade da Fortaleza teve sua origem às margens do Riacho Pajeú, junto à fortaleza de Shoonenborch, erguida pelo Holandês Matias Beck[401]. Somente no século XIX, Antonio José da Silva Paulet, Coronel de Engenheiros, proveniente da corte de D. João VI (1808), foi o primeiro a

[399] O presente capítulo não pretende ser somente um mero instrumento de registro de épocas de práticas do urbanismo e planejamento, muito menos um resumo histórico de eventos sociais.
[400] A primeira delas, segundo Muniz (2006), teve cunho representativo, não propositivo, de identificação dos espaços ocupados e de circulação. A segunda fase, caracteriza-se pela intenção propositiva, mas feita por profissionais contratados de outras realidades, que, ao rigor desta análise morfológica, originou um cisma entre planejadores urbanos e de transportes. A terceira fase, de cunho propositivo-tecnocrático (1972-1992), teve uma abordagem meramente territorial desconectada da participação do povo. A última, em andamento (2002-2008), a revisão do Plano Diretor, denominada PDPD, Plano Diretor Partipativo-Democrático, contou e conta efetivamente com a participação da população. Contudo, este trabalho defende a co-participação, de amplo espectro que envolva aspectos configuracionais e não territoriais como possa parecer para o planejamento tradicional. Democrático e participativo sim, mas com o apoio no viés científico que justifique e valide as propostas urbanas.
[401] Deste ponto inicial até a elevação do povoado à categoria de Vila de Fortaleza de Nossa Senhora da Assunção, passaram-se longos anos, culminando em 13 de abril de 1726.

instituir o traçado ‘xadrez’ para a cidade, na tentativa de disciplinamento das moradias da época, até então, assevera Sales, ditas ‘espontâneas’. Este ordenamento obedeceu a duas etapas, a primeira do lado oeste do Riacho Pajeú e a outra do lado leste.

Depois deste primeiro esboço, outro, com finalidade específica de retratar a ocupação da época, foi a do Padre Manoel do Rego Medeiros, datado de 1856. Na verdade, este foi um dos primeiros registros de ordenamento viário da anterior Vila de Fortaleza, pois define as primeiras vias de pedestres e de tração animal da época (figura 60) e que compreendem até hoje (ano de 2008) a configuração inicial do sítio de 1726.

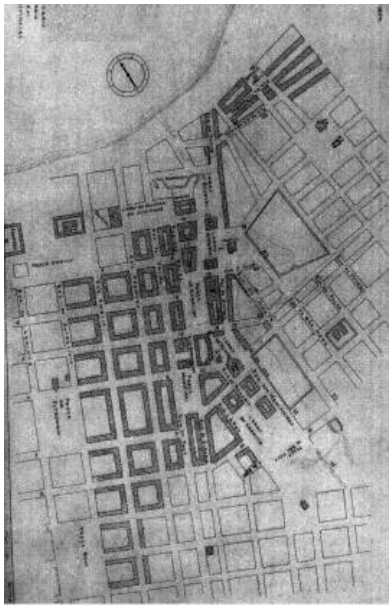


Figura 60. Planta da Cidade de Fortaleza de 1856 por Padre Manoel do Rego Medeiros.
Fonte: Museu do Ceará (2006)

Se tomarmos a classificação de Kostof (1999)[402], observa-se que embora Fortaleza seja representada por diversas ‘*cidades’* em um mesmo espaço, sua formação e expansão viária, de certa maneira, seguiu inicialmente um desenho orgânico, o de 1859 (figura 61)[403].

5.1.1 Plantas de Adolfo Herbster – 1859, 1875 e 1888.

Em um segundo levantamento, denominado *Planta Topográfica da Cidade de Fortaleza e Subúrbios* (figura 62), datada de 1875 foi esboçado um zoneamento e supostas áreas de expansão. Em seu terceiro registro, datado de 1888, uma grande

402 Segundo Kostof (1999), as cidades se dividiam em “padrões” específicos, e estes foram analisados através dos tempos. Segundo sua visão, os tipos de cidades dividiam-se em: *padrões orgânicos (cidade-‘orgânica’), a cidade-grade (ou o tabuleiro de xadrez); a cidade-diagramada* (na forma geométrica ou circular radial); a *cidade dos grandes espaços (cidade-barroca)*, e, a *cidade do horizonte urbano dos arranha-céus* (cidade-*skyline*).

403 Este registro, realizado por Adolfo Herbster, então Engenheiro da Província do Ceará, também arquiteto da Câmara Municipal, foi feito com equipamentos topográficos mais precisos e por isso refletem mais similaridade com o traçado atual.

semelhança entre o tipo de concepção viária da época do *great manner* (*cidade-barroca*) para a cidade de Fortaleza, com a criação de grandes perspectivas em seu *boulevards* das avenidas Dom Manuel, do Imperador e Duque de Caxias, existentes até hoje (figuras 62 e 63).

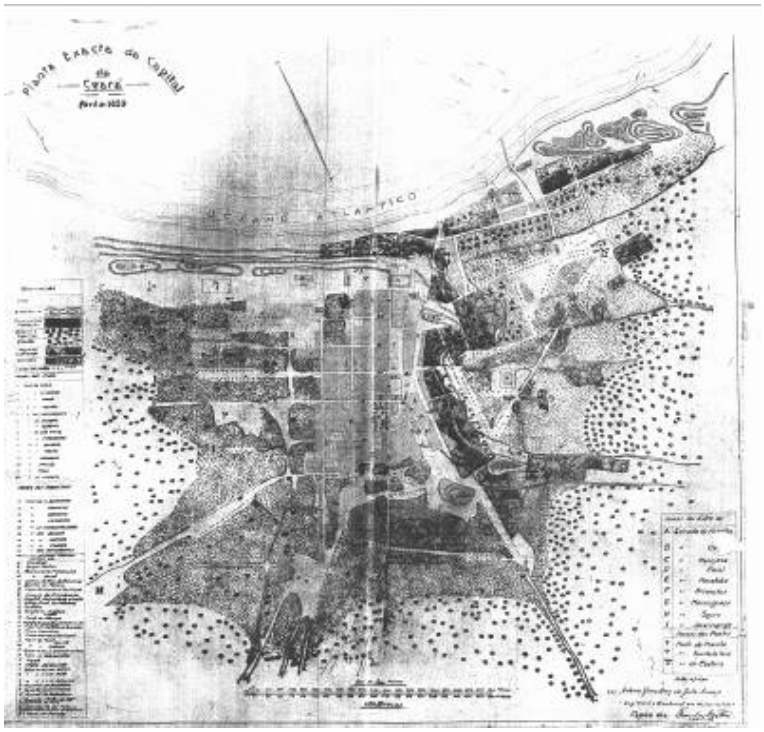


Figura 61. Planta Exata da Capital do Ceará, ano 1859, cópia de João Gonçalves da Justa Araújo de 1930. Fonte: Museu do Ceará (2006).



Figura 62. Planta da Cidade de Fortaleza e Subúrbios por Adolfo Herbster, Arquiteto da Câmara Municipal, ano 1875, com seus *boulevards*: Avenida do Imperador (cor vermelha), Avenida Duque de Caxias (cor azul) e Avenida Dom Manuel (cor vermelha).
Fonte: adaptada do Museu do Ceará (2006).

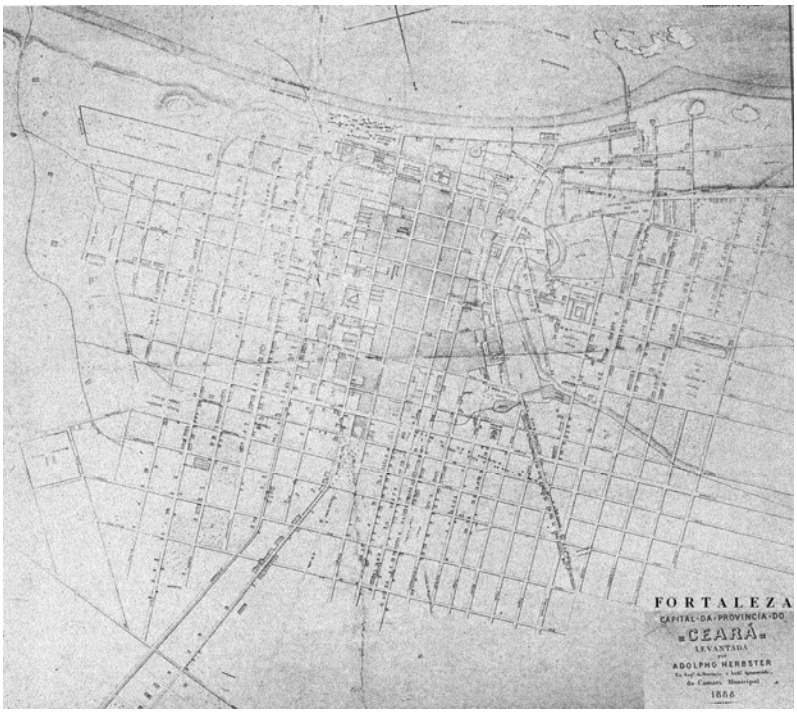


Figura 63. Planta da Cidade de Fortaleza Capital da Província do Ceará, por Adolfo Herbster, Arquiteto da Câmara Municipal, ano 1888. Fonte: adaptada do Museu do Ceará (2006).

Esta última já registrava com maior fidelidade, as estradas de entrada e saída para o interior, para as localidades de Messejana e Arrouches (atuais bairros de Messejana e Parangaba) e Caucaia (atual município confinante ao lado oeste). Observa Sales (1996, p.31) que Saboya Ribeiro sucessor de Herbster, já identificava a influência do urbanismo de Haussmann, o reformador de Paris, na proposta de trabalho do colega arquiteto: "o principal erro de Adolfo Herbster foi não ter promovido a articulação entre o plano em xadrez e as radiais de acesso à cidade" [404].

5.1.2 Planta de Raimundo Girão - 1932

Em 1931 e 1932, o então administrador municipal, Coronel Tibúrcio Cavalcante designou Raimundo Girão, o qual elaborou a *Planta Cadastral da Cidade de Fortaleza*, onde se pode constatar um avanço da malha urbana, de maneira desordenada, para além dos limites estipulados pelo anterior estudo de Herbster (figura 64). A constituição do limite oeste da suposta AC estava sendo delimitada nesta época (segregação da via férrea)[405].

[404] Como será atestado mais adiante, verifica-se atualmente o 'preço' pago por esta falha de articulação: os congestionamentos em encontros da malha xadrez e radial, detectados em vias sintaticamente definidoras dos movimentos do *efeito primário*.

[405] Percebem-se na figura 64 três acessos ou permeabilidades: a Av. Francisco Sá (acima), a Av.Bezerra de Menezes (sudoeste) e a Av. Joao Pessoa (ao sul).

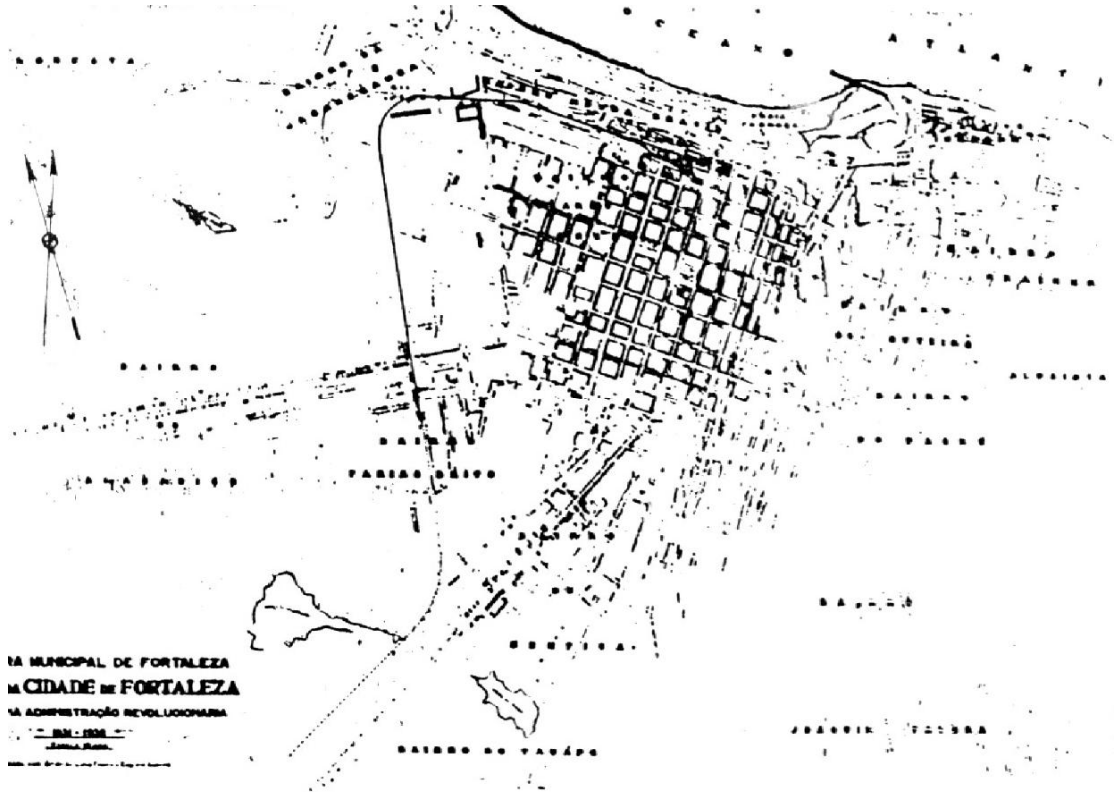


Figura 64. Planta Cadastral de Fortaleza – 1931/1932.
Fonte: Adaptado de Sales (1996, p.32).

5.1.3 Proposta de Nestor de Figueiredo - 1933

Sucessor de Tibúrcio, Raimundo Girão assume a prefeitura em 1933 e designa o então urbanista Nestor de Figueiredo para elaborar um Plano de Remodelação de Fortaleza (figura 65), a exemplo dos planos de Recife e João Pessoa[406]. José Albio Sales (Sales, 1996) verificou em OUTTES (1991, p.105) algumas similaridades de concepções urbanísticas de Alfred Agache para o Recife e o trabalho de Nestor de Figueiredo em Fortaleza como, por exemplo, as avenidas em 'Y', o tipo de zoneamento e o estabelecimento de conjuntos urbanos de edifícios monumentais, formando grandes perspectivas.

Dentre outras propostas, Figueiredo sugeriu (Girão, 1943 *apud* Sales, 1996) um primeiro 'esboço' de zoneamento: (1) residencial separado das demais atividades, (2) Bairros – jardim, no perímetro urbano; (3) Bairros – negócios, com zonas de comércio atacadista e varejista; (4) Bairro industrial; (5) Zona universitária e hospitalar; (6) Reservas de áreas verdes ('reserva de ar'), e; (7) Localização de edifícios públicos. Por ter sido considerada uma proposta 'suntuária', o Anteprojeto de Remodelação e Extensão da Cidade de Fortaleza foi rejeitado pelo Conselho Consultivo da Prefeitura

[406] Nota-se uma sensível proximidade de desenho viário entre as três cidades nordestinas, notadamente as suas avenidas à beira-mar além do tipo e tamanho das quadras urbanas.

de Fortaleza[407]. Concordando com Girão (1979, p.81) *apud* Sales (1996, p.35), um fato lamentável para a cidade, visto que, na época, a sua parte periférica estava "constituída quase toda por terrenos baldios ou de construção 'sem valor apreciável'". Na época poderiam ser reservas urbanas para áreas de lazer e renovação do ar da atmosfera, e hoje, caso tivessem sido preservadas, seriam 'faixas' verdes de expansão ou 'cinturões' de grandes avenidas.

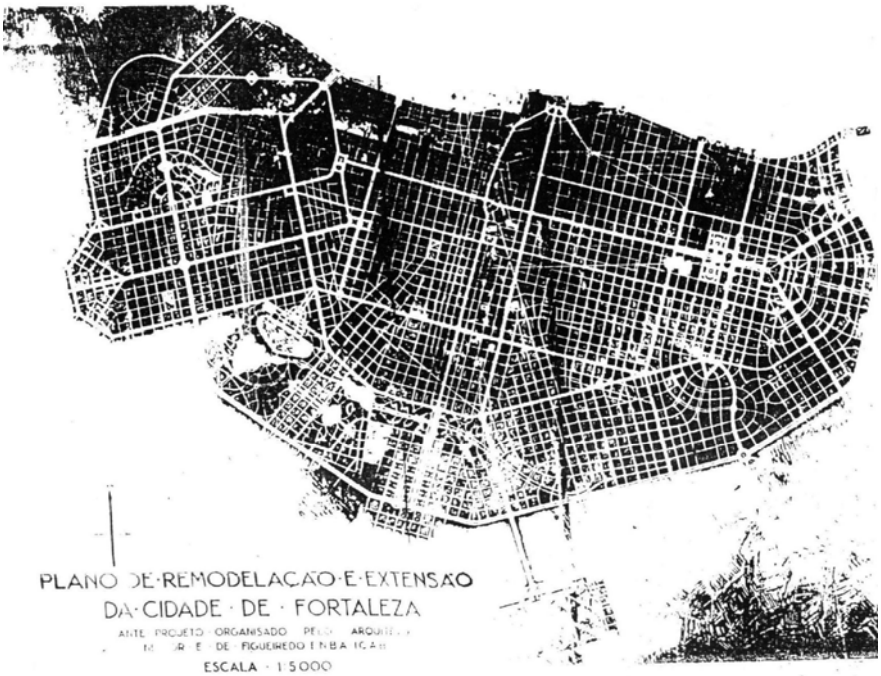


Figura 65. Plano de Remodelação e Extensão da Cidade de Fortaleza – 1933, de Nestor de Figueiredo.
Fonte: Adaptado de Sales (1996, p.34).

Este desenho é algo próximo ao Plano de Nestor de Figueiredo, com sua proposta de Remodelação, que também se baseava na construção democrática, com a participação da comunidade e de técnicos (Sales, 1996, p.97). Ação próxima da realidade do Plano Diretor Participativo de Fortaleza atual[408].

Na época, assim como hoje, "havia setores da sociedade interessados no processo de modernização da cidade, através da implantação de uma nova estrutura urbana, por outro lado, os setores proprietários de imóveis urbanos, nas áreas centrais e adjacentes, resistiam às mudanças, encontrando apoio no direito de propriedade individual do solo urbano" (Sales, 1996, p.97).

[407] Segundo Sales (1996, p. 97) por acatar a argumentação de Júlio Rodrigues, em 07 de julho de 1933, membro do então Conselho Consultivo do Município.
[408] Em tramitação na câmara de vereadores da cidade (PDP-FOR 2008).

5.1.4 Proposta de Saboya Ribeiro - 1948

Na seqüência, surge o plano do urbanista Saboya Ribeiro, em 1945, cujo trabalho de diagnóstico dos problemas da cidade o levaram a apresentar em 1947, ao então Prefeito Clovis de Alencar Matos o Plano Diretor de Remodelação e Extensão da Cidade de Fortaleza[409]. Ribeiro foi o primeiro que contemplou um detalhamento mais apurado da primeira hierarquia viária para a cidade, por *tipos de ruas e avenidas*. Além disto, sua proposta trazia um *Plano Geral*, composto pela nomenclatura de 36 bairros, sistemas de transportes, de avenidas e de espaços livres[410].

O plano previa um limite populacional de 495.664 habitantes em 36 bairros e a construção de grandes avenidas que tentavam compatibilizar o desenho da cidade tradicional com uma proposta radial-perimetral (que existe até hoje com os 'anéis viários'). Ao mesmo tempo, sugeria a construção de avenidas que acompanhavam as margens dos córregos da cidade, como as avenidas: Aguanambi e Eduardo Girão (avenida do canal)[411].

Outras importantes contribuições em termos de configuração viária foram: 1) a construção da Avenida do Mucuripe, entre o Porto e a Zona Central (atual centro antigo comercial); 2) a construção da estação terminal das estradas de ferro no bairro Otávio Bonfim (lado oeste atual); 3) o alargamento da Avenida Bezerra de Menezes (via intensamente congestionada atualmente[412]). A proposta de Ribeiro, apresentada em 1947 e detalhada em 1948, contemplava as vias: radiais, perimetrais, transversais e diagonais (figuras 66 e 67). As *radiais* (verdes) atravessariam a cidade de Norte a Sul ou de Leste a Oeste, passando pelo centro (atual centro antigo). As *sub-radiais* sairiam dos bairros, mas sem alcançar a zona central. A união de ambas as vias seria feito por **Circuitos**:

1) **Comercial** (vermelhas): ao redor do centro antigo, limitado pelas avenidas Gal Sampaio, Duque de Caxias, Conde Deu e Sena Madureira;
2) **Irradiação** (azuis): Avenida do Imperador, Domingos Olímpio e Dom Manuel;
3) **Intermédio** (amarelas): Avenidas Filomeno Gomes, 13 de Maio e Pontes Vieira;

---

[409] Segundo Sales (1996, p.37), composta por 41 pranchas. Com uma população estimada entre 1872 e 1945 de 161.500 habitantes, com a previsão de crescimento para 400.000 munícipes até 1995, número bem inferior ao encontrado neste ano. De acordo com o Anuário Estatístico do Ceará 1994/1995, a população total de Fortaleza, recenseada em 1991, era de 1.671.907 pessoas e a densidade demográfica era de 4.975,9 habitantes por Km2 com taxa de crescimento anual de 3,1% (Fonte: http://www.geocities.com/thetropics/5470/historico.html - 22/04/2008).

[410] A proposta descrevia em detalhes os *tipos de cruzamentos e concordâncias de alinhamento*, a *composição de quadras residenciais* e a *fixação dos pátios dos edifícios*.

[411] Segundo Sales (1996, p.39) uma explícita influência de Camillo Sitte (principalmente) e Raymond Unwin, no aproveitamento dos talvegues dos rios para os esgotos primários e o contraste com os traçados regulares (vias retas tradicionais).

[412] Mesmo com seu alargamento, sua 'caixa viária' atual ainda é insuficiente. Em janeiro de 2008, a Prefeitura Municipal assinou contrato licitatório com empresas que construirão faixas exclusivas de ônibus na Avenida Bezerra de Menezes, compondo com outros cinco grandes eixos viários o projeto TRANSFOR, mais uma 'cirurgia' da configuração, ou para esta pesquisa, um *efeito quaternário'* na malha. (http://www.amc.fortaleza.ce.gov.br/modules/news/article.php?storyid=2358. Último acesso em 22/04/2008,as 11:14);

4) **Exterior** (marrom claro): parte do Intermédio, delimitando as fronteiras leste e oeste da cidade, e;
5) **Rurais** (marrom claro): limites periféricos da cidade (atualmente estes circuitos confundem-se com os 'anéis viários' da lei de 1979).

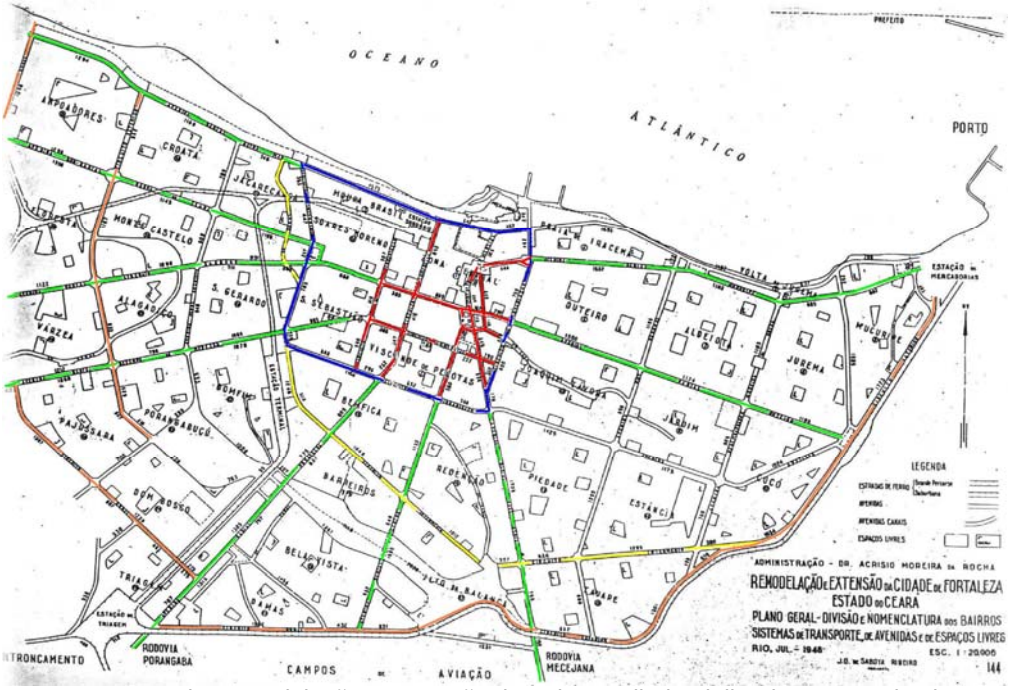


Figura 66. Proposta de Remodelação e Extensão de Saboya Ribeiro, julho de 1948 – Circuitos. Fonte: Adaptado de Sales (1996, p.46).

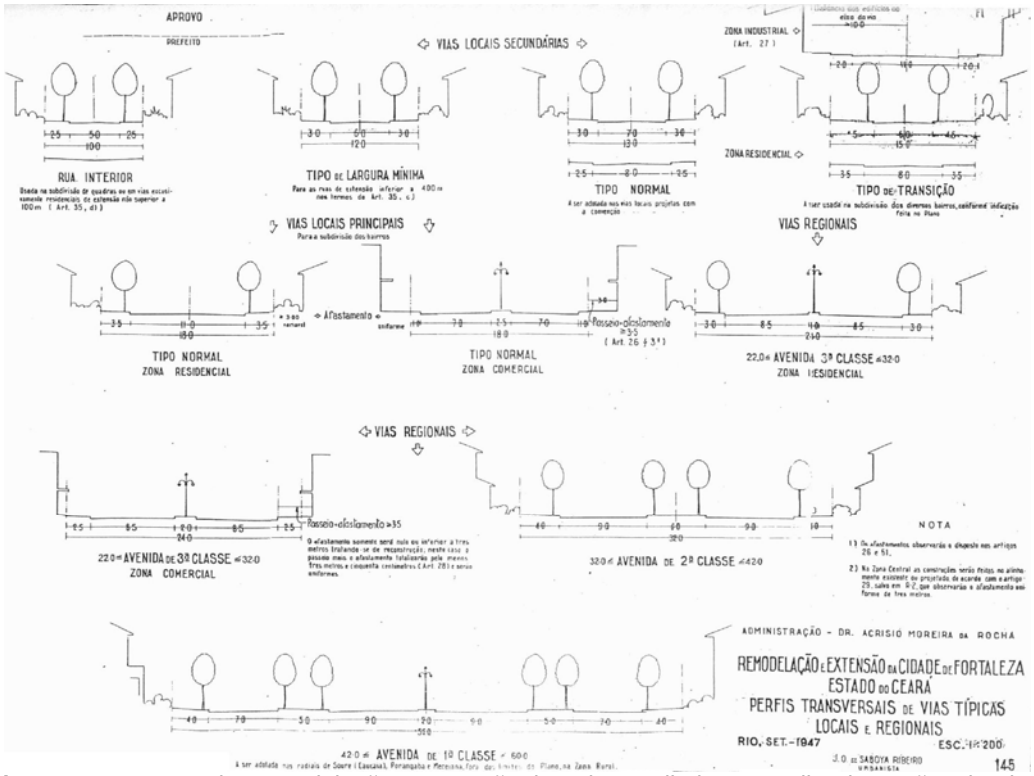


Figura 67. Proposta de Remodelação e Extensão de Saboya Ribeiro – Detalhe de Seções de Vias. Fonte: Sales (1996, p.46).

No que diz respeito às primeiras atividades atratoras, para Sales (1996), uma das características identificadas por Saboya Ribeiro em relação à localização de

profissionais liberais na cidade foi uma mudança destes para espaços novos, com a finalidade exclusiva de trabalho, pois antes as suas residências *também exerciam todas as funções*[413]. Ribeiro apostava em um crescimento da cidade de forma natural, com qualidade estética e que acompanhava mais lentamente os ditames funcionais do traçado. Ele também alertava que o rigor do traçado deveria ordenar o que estava aleatório, uma vez que "desrespeitavam a boa composição urbana". Sua admiração por Alberti[414] o influenciou a ordenar perspectivas da cidade e alinhar edificações que na época detinham aproximadamente as mesmas alturas e frentes (testadas de lotes). Uma rigidez militar bem percebida na área central, limitado entre as Avenidas Domingos Olímpio, Dom Manuel e Imperador[415].

Outra característica encontrada em Fortaleza na proposta de Ribeiro é a arborização típica dos *boulevards*, combinação entre os passeios e o leito de tráfego. Alega RIBEIRO (1952, p.50) *apud* SALES (1996, p. 73) que Haussmann e a carta de Atenas[416] o teriam influenciado. Em relação aos preceitos modernistas a valorização dos espaços abertos, da volumetria dos edifícios, em uma composição monumental, os quais o levaram a sugerir a implantação de equipamentos urbanos (aeroporto, campo de esportes, colônias de férias, conjuntos residenciais e cidades universitárias) nas zonas periféricas de Fortaleza.

Nota-se que a tendência da época era de que Saboya Ribeiro procurasse intermediar o estilo monumental do modernismo, com seus aspectos de estrutura e grandes perspectivas com ambientes menores, mais arborizados e ordenados, mas em menor escala, em propostas próximas de Tony Garnier (cidades-jardim) e Raymund Unwin.

Este tipo de visão influenciou Ribeiro na definição da *forma-espaço* de circulação, como revela seu discurso em que ou se estabelecia "a limitação de altura e volume condicionada às pequenas larguras das vias tradicionais", ou se promoveria a "abertura e alargamento de logradouros" para que estes se tornassem "compatíveis com o tráfego automobilístico e, em conseqüência, com os altos edifícios." (Saboya Ribeiro (1952,p.112, *apud* Sales, 1996, p.78).

Assevera Sales que para Ribeiro, as novas estruturas urbanas deveriam adotar soluções que levassem em conta o tríplice problema "habitação-transporte-trabalho".

[413] O zoneamento bem definido para a cidade (grifo nosso) foi estratégia inicial para segregar as funções urbanas em sua proposta de 1933.
[414] Autor de "*De re aedificatória*", publicado em 1485, com teorias sobre o traçado urbano.
[415] Casas de moradia da época foram transformadas em outros usos e fachadas, sendo que a maioria resiste em alturas e alinhamentos, percebendo-se um casario único, proporcional.
[416] O Congresso Internacional de Arquitetos Modernos de 1933 (o CIAM),

Além disto, concordando com Sales, a idéia de Ribeiro era de que fosse necessário partir do princípio de que o automóvel era o elemento modular que determinaria a largura das vias que, por sua vez, condicionaria a altura dos edifícios. Ribeiro afirmava que:

> *"..para as estruturas das 'velhas cidades' com vias inferiores a 18 metros, seriam impossíveis de se adaptarem aos edifícios de mais de quatro pavimentos, ou se ajustarem ao tráfego automobilístico*[417]*. Neste sentido, Ribeiro defendia um "alargamento progressivo e geral para todos os logradouros da zona central", incluindo também sua área passível de expansão.*

Infelizmente, a proposta de Ribeiro não pode ser executada e, além disto, seu processo de remodelação criou situações culturais no urbanismo da cidade cujos motoristas atuais sofrem com o espaço reduzido até hoje, nos transtornos de congestionamentos em vias de largura pequena. Na época, Ribeiro sugeria que novos loteamentos pudessem recuar suas ocupações. Entretanto, tais recuos tiveram efeito contrário, pois como solução, muitos 'novos usos' alinharam os limites de sua locação aos antigos edifícios de época, ou seja, novas edificações alinhadas às antigas[418].

5.1.5 Proposta de Hélio Modesto - 1962[419]

O plano do urbanista carioca Hélio Modesto era inovador para a época e agregava-se ao então *Plano Diretor da Cidade de Fortaleza*. Foi o primeiro a utilizar pesquisas com base no censo de 1960, e considerar uma perspectiva regional, com proposições socioeconômicas (Sales, 1996, p.48). Além disto, permitiu a participação de outros profissionais[420]. A equipe identificou 19 setores urbanos (unidades urbanas em paróquias) que contemplavam quatro abordagens urbanísticas: 1) Circulação; 2) Equipamentos Básicos; 3) Equipamentos de Caráter Social, etc; e, 4) Zoneamento.

No aspecto Circulação, a equipe classificou as vias em: 1) Grande Penetração; 2) de Ligação; 3) Locais, e; 4) Anéis de Circulação. Na época, a equipe já alertava para a necessidade de prever uma expansão viária (*efeito quaternário*) que permitisse o

---

[417] Já naquela época, Ribeiro percebia uma expansão da malha e os problemas de *congestionamentos*? Creio que sim, pois previa uma expansão dos espaços de circulação para as regiões a serem projetadas e uma segregação daquelas que fossem espaços de escala não-veicular, como o caso do centro antigo (mapa de 1888, de Adolfo Herbster);

[418] Outro importante fator defendido pelo urbanista era uma proporcionalidade entre a largura da via e a altura dos edifícios que a compunham, suscitando uma 'medida áurea' que viabilizasse uma 'boa circulação e urbanidade'! Infelizmente, este processo não foi seguido e, atualmente, sofremos as conseqüências!

[419] A revisão e crítica aos planos de Saboya Ribeiro e de Hélio Modesto constam de diversos outros estudos de planejamento urbano e de transportes para a cidade de Fortaleza: LOPES FILHO (2003), CARTAXO FILHO (2006), MUNIZ (2006) e outros. Contudo, é no trabalho de SALES (1996) que se encontra registrado a formação e as tendências urbanísticas que os influenciaram e contribuíram para a atual configuração da malha da cidade de Fortaleza e seus problemas de circulação.

[420] Por exemplo, o sociólogo José Arthur Rios, o engenheiro Mario Laranjeiras e a urbanista argentina Adina Mera.

"futuro desenvolvimento da cidade"[421], reservando os talvegues dos principais riachos, prevendo sua futura utilização no traçado de novas vias de comunicação.

Dentre as propostas de impacto de Hélio Modesto, já estava prevista a remoção da atual Estação João Felipe e do Parque Rodoviário do centro da cidade para o bairro de Parangaba, liberando o leito ferroviário para construção de novas vias[422]. Outra importante ação de infraestrutura caso tivesse sido implantada seria a construção de uma via, em paralelo ao leito ferroviário do Porto do Mucuripe, [fato realizado, com ressalvas, com a atual Via Expressa], que daria continuidade à avenida do canal, atual Avenida Eduardo Girão[423].

Ao contrário de Saboya Ribeiro, o carioca Hélio Modesto[424], em seu retorno ao Rio, trabalhou no IBAM, Instituto Brasileiro de Administração Municipal, adotando a prática de planejador urbano (e não de urbanista, segundo o próprio). Ele apresentou às prefeituras brasileiras os novos conceitos de urbanismo e desenho de cidades 'modernas', defendendo uma "mentalidade para o planejamento"[425]. Por sua formação, recebeu grande influência inglesa, adotando preceitos de planejamento que defendiam os interesses da população e do meio físico, compondo uma abordagem sistêmica:

> *"...é indispensável o conhecimento de todos os aspectos da vida da comunidade: físicos, econômicos, sociais e administrativos, bem como de suas interpretações, para o equacionamento dos problemas passíveis de intervenção e formulação das proposições para solucioná-los"* (Modesto, 1968, apud Sales, 1996, p.85).

Além da sua prática profissional, Modesto contribuiu para a teoria do urbanismo da época, e criticou o urbanismo brasileiro até a década de 1950. Suas críticas eram principalmente sobre a prática profissional vigente. Ele defendia a multidisciplinaridade no planejamento urbano, e que os profissionais urbanistas não deviam ser vistos (como ainda hoje) como meros 'maquiadores'. Segundo Sales, Modesto acreditava que:

> caso não fosse implantado um programa nacional de desenvolvimento, as atividades dos urbanistas continuariam no campo da *"resolução de problemas de tráfego, composição de volumes arquitetônicos e criação de parques e jardins para o embelezamento".* (MODESTO, 1959, apud SALES, 1996, p. 86)[426].

---

[421] Talvez o termo melhor fosse "crescimento físico", ou "expansão da malha".

[422] Similar à proposta do Sistema Metroviário atual, o METROFOR, que em sistema subterrâneo irá operar em 2024, e o atual leito ferroviário utilizado, será convertido na nova avenida José Bastos, limite oeste da área de estudo desta pesquisa,a área crítica de congestionamentos.

[423] Esta medida se tivesse sido tomada, talvez surtisse melhorias, atualmente, em termos dimuir os *congestionamentos* na área crítica. Atualmente prefeitura encontra atualmente grandes entraves na desapropriação das comunidades do São João do Tauape e Favela da Maravilha, que acompanham este leito ferroviário.

[424] Formado pela faculdade nacional de Arquitetura do Rio de Janeiro,em 1946, aprimorou sua formação em 1951, em Londres, na *School of Planning and Research for Regional Development*, o que é atualmente a Bartlett *School of Planning*, berço de nascimento da Teoria da Lógica Social do Espaço, a Sintaxe Espacial.

[425] Como detectado por Holanda (2002) verifica-se nesta conduta uma divisão de arquitetos-práticos dos arquitetos-teóricos. Uma nuance inicial da morfologia?

[426] Para Modesto, a inexistência de uma mentalidade de planejamento nos responsáveis pela administração pública era a causadora da deficiência do urbanismo da época. Sociólogos mais recentes atestam este 'pecado', quando se

Adiciona Modesto (1959) *apud* Sales (1996, p.86) que até então o urbanismo do Brasil ainda não havia sido devidamente conceituado e atualizado de acordo "com o desenvolvimento de novos métodos de estudo dos problemas urbanos e regionais, em um processo dinâmico, integrando os aspectos econômico, social e físico".

Seguindo este conceito, a concepção de urbanismo deveria ser do ponto de vista científico. Para Modesto, este campo de conhecimento traria "uma nova ciência aplicada", cuja resultante não seria igual "à soma de suas três partes". Seria uma configuração nova que ensejaria no "aparecimento de profissionais de nova formação cuja similitude com o urbanista de conceito antigo" estaria "apenas no nome". (MODESTO, 1959)[427].

Apesar do esforço em ordenar e preparar a cidade para sua expansão, os planejadores da época não tiveram seus trabalhos devidamente valorizados. Os estudos da época já previam o adensamento e a polinucleação. Segundo PMF (1982) *apud* LOPES FILHO (2003), em 1950, Fortaleza mantinha a estrutura monocêntrica, com os primeiros indícios de descentralização, evidenciados com o crescente adensamento da parte leste da cidade. Em relação ao Plano de Saboya Ribeiro, assevera LOPES FILHO (2003) que este "realmente nunca foi posto em prática devido a uma série de fatores, como: desentendimento com a edilidade falta de pagamento das parcelas finais dos serviços do arquiteto, pressão dos proprietários de imóveis, envolvidos em alargamentos de ruas.

Entre 1962 e o início dos anos 70, registra-se a busca de fontes sobre tipos de planejamento urbano, quando se verifica que por muito tempo, prevaleceu o código urbano redigido por Sabóia Ribeiro em 1948.

5.1.6 O Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Fortaleza – PLANDIRF (1972)

Segundo LOPES FILHO (2004), no início dos anos 70, tornou-se comum no país a contratação dos chamados *Planos Integrados de Desenvolvimento*[428]. Esses planos

observa, por exemplo, nas cidades do Rio de Janeiro e São Paulo, sérios problemas de marginalidade social e grandes congestionamentos. È impressionante a atualidade da assertiva de Modesto, pois atualmente o gestor público admite os erros do passado, mas calma lá... de quem foi realmente a responsabilidade, dos urbanistas? Será que a multitransdisicplinaridade (corroborando com Holanda, 2007) defendida pela modernidade, funcionou? Como avaliar o espaço antigo, atual e futuro de maneira prática e concisa? A resposta pode estar na sintaxe espacial, contribuição deste trabalho.

[427] Muito embora a defesa de Modesto e Sales seja válida, baseiam-se no Planejamento urbano e não na Teoria do Urbanismo com seus métodos e técnicas, ao se utilizar a SE. Atualmente, estas teorias estão mais permeáveis aos estudiosos e a capilaridade de interfaces aumenta a cada dia, como a do presente trabalho.

[428] Segundo MUNIZ (2006, p.173), caracteriza-se pelo planejamento urbano tecnocrático, elaborado sob a égide do governo militar, com o Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Fortaleza – PLANDIRF (1972); passa pela elaboração do Plano Diretor Físico de Fortaleza, por meio da Lei N° 4.486, de 27 de fevereiro de 1975, e de

> tinham como objetivo executar tarefas de planejamento urbano. Insere-se nesse contexto, no ano de 1972, a elaboração do PLANDIRF (Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Fortaleza[429]). SOUSA (1978) *apud* LOPES FILHO (2003) relata que o PLANDIRF, em relação aos outros planos referidos anteriormente, ampliou o objeto de planejamento. Isso foi caracterizado pela análise integrada da cidade no espaço regional, enfatizando a complementaridade intermunicipal, visando à problemática da área metropolitana[430].

Esta nova visão de cidade metropolitana e a visão crítica das universidades (UFC, UECE, UNIFOR) originaram duras críticas da comunidade acadêmica da época que, segundo relatos de LOPES FILHO (2003) e registros da PMF (1982) foram alijadas do processo de planejamento do novo Plano Diretor que se aproximava[431]. LOPES FILHO (2003) acrescenta que a prefeitura de Fortaleza se utilizou do censo de 1970 (com a contagem de 872.702 habitantes) para ter a base demográfica que referendasse a existência de uma população numerosa na cidade, caracterizando-a em uma nova escala urbana.

Neste sentido, verificava-se desde então que a malha viária havia se alastrado demais e começava a ameaçar a penetração nos municípios vizinhos. Na visão de LOPES FILHO (2003), "seguindo a rota dos loteamentos e da especulação imobiliária, posta a serviço do descontrole da organização física da cidade". Portanto, a descentralização urbana tornava evidente o processo de *polinucleação*, com o surgimento de *sub-centros* comerciais de bairros, principalmente ao longo das radiais, antigas e definidas do plano de Hélio Modesto em 1963. Havia, no PLANDIRF, uma proposta de polarização regional, de zoneamento urbano com a implantação de corredores de atividades e de um sistema viário hierarquizado para toda Fortaleza[432].

Segundo Fortaleza (1972, p.3) *apud* Muniz (2006, p. 175), os objetivos PLANDIRF eram: "identificar a Região Metropolitana de Fortaleza, caracterizando seus problemas básicos de sentido metropolitano", e a "focalização, em profundidade, dos problemas locais do município que, são em grande parte de interesse metropolitano"[433]. Com

---

sua revisão, a Lei N° 5.122A, de 23 de março de 1979; e finda com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Fortaleza, PDDU-FOR (1992).

[429] O PLANDIRF foi elaborado pelo consórcio de empresas Serete S.A Engenharia, SD Consultoria de Planejamento Ltda. e Jorge Wilheim Arquitetos Associados, no ano de 1972, ao final da gestão do Prefeito José Walter Cavalcante, e veio servir de instrumento para a gestão do prefeito Vicente Fialho (MUNIZ, 2006, p. 174, *op cit*);

[430] A partir do PLANDIRF, os gestores compreendem que a cidade não é um objeto isolado e que mantém relacionamentos de movimentos e ocupações com outras localidades, intra e intermunicipais. O conceito metropolitano começa a tomar corpo.

[431] De acordo com a PMF (1982), foi organizada uma concorrência para a elaboração de um novo plano, onde vencera uma firma que encontrara indisfarçável má vontade por parte das lideranças profissionais e universitárias da cidade.

[432] A ênfase atribuída ao sistema viário e, conseqüentemente ao transporte individual, caracteriza um mecanismo de concentração de renda e não de distribuição da mesma, uma vez que houve um descuido de um aspecto fundamental: o transporte público. Ao final do plano, o PLANDIRF fora rejeitado pelos setores relacionados em assuntos urbanísticos. Reside aqui uma segregação entre urbanista e planejador de tráfego, começa a disputa 'tecnocrática'!

[433] A partir do PLANDIRF a cidade antes apenas município de Fortaleza, passa a ter responsabilidade e limites metropolitanos. Para Muniz (2006) *op cit* Fortaleza (1972, p.4), na época, preocupava-se em medir a "força integradora de Fortaleza relativamente a cada município, a fim de hierarquizá-los segundo o grau de dominância da capital". Foram, portanto, definidos os municípios de Aquiraz, Pacatuba, Maranguape, Caucaia e Fortaleza como os componentes da Região Metropolitana de Fortaleza. Cria-se o conceito de expansão, inclusive viária;

estes objetivos, as novas previsões de acessos por novas vias, geraram as ligações entre os municípios por meio das rodovias BR-020 e BR-116. Além disso, propuseram também a criação de um anel rodoviário de interligação entre as radiais (Anexo 13).

Os 'interstícios' entre as radiais deveriam ser 'preenchidos' por grandes conjuntos habitacionais na periferia, próximo aos limites do município em áreas, ditas de 'Expansão'. O curioso é que neste momento detecta-se uma 'falha' do plano em permitir um adensamento sem controle. Segundo MUNIZ (2006, p.182) o zoneamento proposto para Fortaleza estava dividido em Zonas Residenciais e Comerciais (figura 68). A primeira, faixa litorânea-R1, com a predominância de população de renda média a alta; R2 população de renda média (zona de adensamento), e; R3, zonas periféricas, ocupada pela população de renda média e baixa[434]. A segunda, (ver na figura 68 a cor amarelo-escuro), composta por ZC1, ZC2 e ZC3, respectivamente zona comercial do centro, a nova área em expansão[435] e a última, a dos corredores de atividades (cor cinza). Observa-se que as ZR´s e ZC´s foram preponderantes na definição de acessibilidades atuais da malha e no posicionamento de ***atratores*** comerciais na vias ditas *tentaculares*, os ***corredores de atividades***. Na prática, estas vias atingiram seu objetivo, porém contribuíram para originar policentralidades, pois conduziram a ocupação comercial em pequenos espaços de circulação.

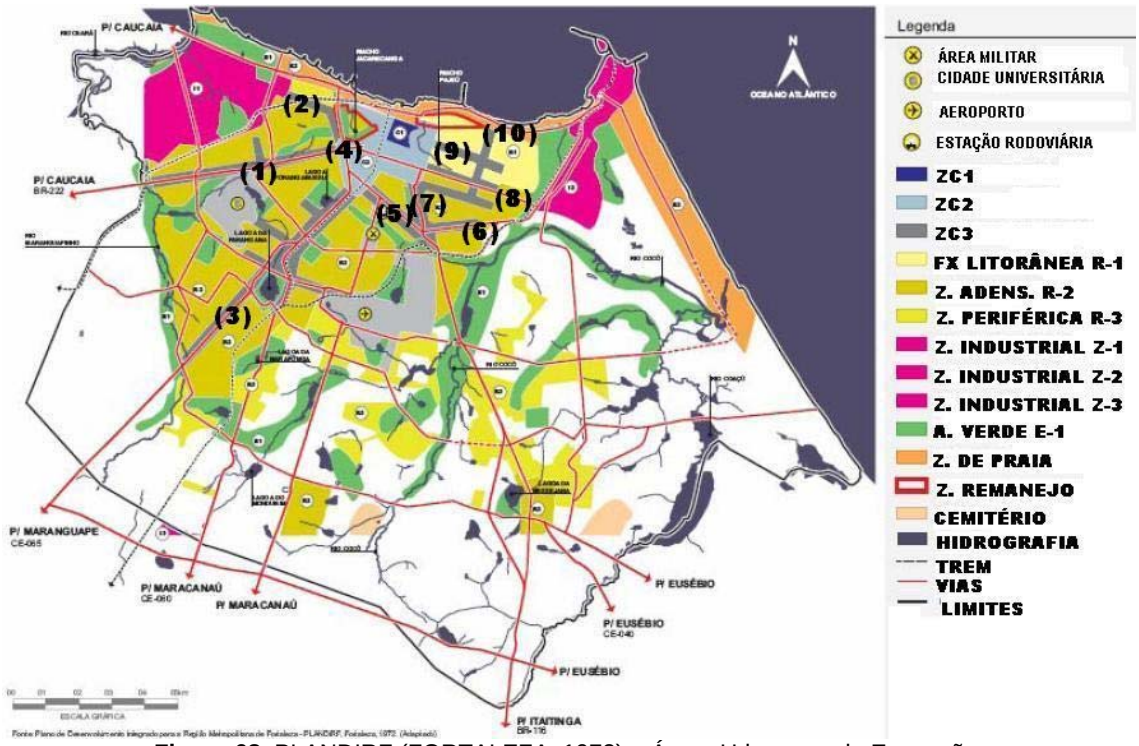


Figura 68. PLANDIRF (FORTALEZA, 1972) – Áreas Urbanas e de Expansão.

[434] Área onde se previa que não haveria incidência de tributação, bem como não haveria tanto controle quanto ao processo de ocupação por parte do poder público.

[435] Na realidade, passou-se a 'linearizar' a expansão urbana **com** a expansão viária nas ZC3´s! O preço pago atualmente são os inúmeros congestionamentos nestas vias 'de peso' sintaticamente.

Fonte: Adaptado de MUNIZ (2006, p.181).

Atualmente são as vias: Av. Bezerra de Menezes (1), Av. Francisco Sá (2), Av. José Bastos (3) Av. Filomeno Gomes (4), Av. 13 de maio (5), Av. Pontes Vieira (6), Av. Aguanambi (7), Av. Antonio Sales (8), Av. Santos Dumont (9) e Av. Barão de Studart (10)[436]. Na realidade, estes *corredores de atividade*, são atualmente *corredores de atratores (ou PGV´s)*. Pode-se dizer que aqui as primeiras concentrações de pólos geradores da cidade se aglomeraram (nas ZC3´s, áreas em cor cinza, da figura 68). Segundo Muniz (2006, p.185):

> "a intenção era, paulatinamente, eliminar desses corredores os usos residenciais individuais, para que dessem lugar aos usos comerciais e aos usos residenciais de alta densidade".

Ou seja, para os planejadores da época a intenção era ocupar, posicionar primeiro as atividades e depois resolver a fluidez e a circulação, que seria justificada ou justificativa para o zoneamento proposto. Ocorre então uma inversão, a criação de uma forma-espaço de circulação sem a devida previsão de condições de infraestrutura[437]. Nota-se que o Plano de 1972 tinha a preocupação em prever a expansão viária e demográfica, desde 1972 a 1990. Pela primeira vez, são agregadas as propostas de um futuro Sistema de Transporte de Massa, o STM. Com isto, o conceito de interligação entre o sistema viário principal estaria conectado aos sistemas ferroviário e rodoviário por novas vias expressas e arteriais.

No entanto, não se detecta no plano uma preocupação com impactos, até porque não havia conhecimento específico de influências da configuração e dos atratores sobre a acessibilidade.

Mesmo assim, apesar dos esforços, a cidade perdeu outra grande oportunidade de configurar os espaços de circulação com vias mais largas e outras exclusivas para ônibus, como as previstas pelo TRANSCOL[438] e PDTU[439]. Por conta das demais vias não terem sido construídas como previsto, os movimentos são 'diluídos' entre as vias restantes do sistema, ou seja, as arteriais, coletoras e locais, que acirram a disputa da *forma-espaço* de circulação favorecendo a ocorrência do *efeito primário* da sintaxe da malha.

[436] Ver identificações na figura 5.11.
[437] Este trabalho busca demonstrar assim, uma cultura deste processo embutida nas gestões decorrentes, ou seja, criar vias com o mínimo de cuidado com a previsão de expansão da demanda veicular, agregando-as de início uma demanda de atividades (os *atratores*), sem os devidos critérios ou metodologias de previsão dos seus impactos (dos *efeitos* aqui discutidos).
[438] Estudo De Transportes Urbanos Da Região Metropolitana De Fortaleza; Estudo De Transportes Coletivos – Transcol – 1981;
[439] Plano Diretor De Transportes Urbanos – Pdtu – 1983;

Na prática, as vias anteriormente previstas como *coletoras* atuam hoje como *arteriais*, devido ao aumento da demanda veicular e de viagens às atividades atratoras de tráfego e de convivência urbana.

Atualmente, as vias na cor vermelha do mapa do anexo 14, principalmente próximas das expressas e arteriais previstas (cor amarela e cinza) circundantes ao centro antigo, atuam como receptoras do grande volume de movimentos (carros, motos, ônibus, pedestres, etc), em virtude das vias amarelas (expressas) não terem sido construídas como deveriam. Acredita-se que se as propostas de tornar as vias atuais, de coletoras e arteriais, em expressas (linhas na cor laranja do anexo 14) fossem realizadas, isto possibilitaria uma migração do *efeito primário* para tais vias, e os congestionamentos seriam amenizados.

Um grande exemplo desta tentativa pode ser verificado na conhecida 'Via Expressa', sinalizada como via (1) na figura 69. Esta via foi entregue para uso em 2004, contudo sua utilização não é plena, pois não existe a conectividade devida com a infraestrutura das demais anteriormente projetadas.

Ao contrário, e por influência da configuração, os motoristas preferem as Avenidas 13 de Maio, Pontes Vieira, Virgílio Távora ou Engenheiro Santana Júnior como rota de passagem de viagens originadas do lado oeste e com destinos do lado leste da cidade. Curiosamente, nos dias atuais, tais vias contêm os mais críticos pontos de congestionamentos, durante todo o dia.

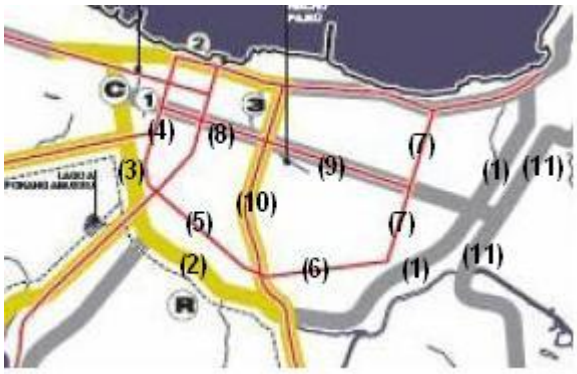


Figura 69. Caso da Via Expressa e o *efeito primário.*
Fonte: Adaptado de MUNIZ (2006, p.189).

Outro fator importante a observar na malha proposta pelo PLANDIRF e o que ocorre atualmente é o número de conexões para as vias recebedoras de outros movimentos de grande tráfego do lado oeste, concentrador da maioria das origens de viagens. Vê-se na figura 69 que as vias (2) e (3), coletam fluxos das atuais (4) e (5), pois estão conectadas a quatro outras vias, duas do tipo expressas (cor amarela) e uma do tipo

arterial (cor cinza). Em outra perspectiva, no lado leste, vê-se somente uma conexão, a da via (9), atual Av. Antonio Sales, com a via (11) a Av. Engenheiro Santana Júnior. A via (9) é a única que conecta toda a malha à sua esquerda. Esta interseção é, atualmente, a mais crítica em termos de congestionamentos.

Como bem aponta Muniz (2006, p. 194) ao citar Marques (1986, p.154), se todas as ações de cunho metropolitano tivessem sido implantadas, principalmente no que tange ao espaço de circulação, os problemas de hoje não seriam tão impactantes:

> "Recomendações e obras importantes, contudo, deixaram de ser atendidas e implantadas, impedindo a solução de graves problemas [...]. Persistem até hoje os problemas de ***descontinuidade do sistema viário*** e de ***congestionamento*** da área central."

Vê-se que a declaração de Marques, de 1986, já acusava os problemas de hoje. Apesar disto, pode-se dizer que o PLANDIRF, foi definidor da organização social e física da cidade, estruturador e causa dos problemas atuais, não por sua existência, mas por sua não-complementaridade nos mandatos posteriores. Segundo Muniz (2006, p.193), o plano foi prejudicado pela não existência de estrutura administrativa [contínua] para executá-lo. Além disto, o PLANDIRF foi o primeiro a ter cunho de planejamento multidisciplinar, e não de urbanismo[440].

5.1.7 Plano Diretor Físico (1979)

> Passo seguinte apresenta-se, em foco específico na ocupação do solo, o Plano Diretor Físico de Fortaleza (ou Lei 4.486 de 27 de fevereiro de 1975 e sua complementar, a Lei 5.122A de 23 de março de 1979). A última criou a CODEF, Coordenadoria Desenvolvimento Urbano de Fortaleza, a qual, na revisão de Muniz (2006), teve a responsabilidade de orientar e avaliar as atividades do planejamento territorial e socioeconômico de Fortaleza. No mesmo período deste mesmo ano, é instituída por Lei Federal a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF).

Embora o título dado ao plano tenha sido 'Plano Diretor Físico de Fortaleza', este se caracterizou como atualizações do anterior PLANDIRF. O Plano viabilizou adaptações de legislação que nortearam a localização de grandes *indutores de movimento e ocupação*, bem como de valorização especulativa de novos bairros e vias antes pouco conhecidas, que se transformaram em atuais eixos comerciais. Naquele momento, já era percebido o que caracterizou um ponto de 'inflexão' no urbanismo da cidade: uma desvinculação entre *movimentos* e *ocupação do solo*.

Muniz (2006, p. 197) detectou que: (1) o *modelo de uso e ocupação do solo* não levava em consideração as relações entre Fortaleza e os demais municípios

[440] Porém, enquanto urbanismo, a proposta era muito válida, como será visto mais adiante, confirma a organização viária planejada, com alguns refinamentos.

componentes da RMF; (2) o uso do solo *estava desvinculado da malha viária*, prejudicando a relação uso do solo-transporte- sistema viário[441]; (3) os *Modelos de Ocupação – MO´s* do PLANDIRF foram abolidos, ficando as zonas sem a devida calibragem quanto à predominância de usos. O apelo físico-territorial da LUOS-79[442] levou a uma configuração sobre os usos e a ocupação do solo e estabelecendo diretrizes para o sistema viário básico municipal. Esta configuração obedecia a preceitos de interligação de *Pólos de Adensamento*, conceito vigente na época que elevou os índices de ocupação territorial depois de sua aplicação. Lembra Muniz (2006) *apud* Fortaleza (1979 p. 15-16):

> ".. a descentralização relativa de atividades do núcleo central de Fortaleza para outras áreas deste Município ou dos municípios limítrofes, ***incentivando a criação de pólos de adensamento***[443], que redundariam em novas opções em termos de localização de emprego e de outros pontos de interesse para as diversas comunidades na Região. Tais ***pólos se interligaram por corredores de transporte rápido os quais deverão acomodar um futuro sistema de transporte de massa***".

É obvio que a intenção deste plano era boa e que o objetivo de interligação, caso tivesse sido realizada a contento, resultaria em vias de largura favorável a um volume de movimentos veiculares que pudessem ser absorvidos. Infelizmente, como observa Muniz (2006, p. 199) sobre as prerrogativas da Lei de 1979 que algumas intenções, especificamente relativas à *forma-espaço* de circulação, caso fossem efetivamente obedecidas, redundariam em menor número de transtornos aos dias de hoje. Por exemplo, a promoção de uma política habitacional de interesse social, adotando a obrigatoriedade do lote mínimo de 135,00m², em todo o Município. Caso tivesse sido implantada, apesar de uma medida estritamente arquitetônica, edilícia e centrada no lote, teria originado um impacto benéfico na circulação e principalmente na acessibilidade e urbanidade atuais. Ao contrário, o que se observou foi um paulatino favorecimento de construção e subdivisão de lotes mínimos de 12,00m para três de 4,00m, ou dois de 6,00m. Este descontrole levou a um aumento do número de acessos de veículos por quadra ocasionando atualmente, devido às facilidades de financiamento para compra de veículos, um aumento da demanda geral e por lote. Enquanto estes lotes são residenciais, os impactos são minorados, mas, quando há a alteração de uso principalmente o comercial/serviços, acirra-se a disputa de acesso particular (ao lote) *versus* acesso público (à via e atividades próximas). Isto

[441] Este fator para a época já delatava o que ocorre hoje: uma derivação entre o planejamento viário e o planejamento do uso e da ocupação do solo. Guardadas as proporções, surgiam disputas 'tecnocráticas' que perduram, culturalmente, as entidades acadêmicas, de gestão e de fiscalização. Os resultados são degradações urbanas onde um dos 'termômetros' deste descompasso são os *congestionamentos;*
[442] Lei N° 5.122A/79, de Uso e Ocupação do Solo de 1979.
[443] Tais Pólos de Adensamento se comparam aos CVG´s ou EGV´s, conceitos de Kneib (2004) revisados no terceiro capítulo.

sobrecarrega atualmente a malha, causando mais: *congestionamentos* e menos *urbanidade!*

Outra análise a ser feita, sobre o Plano Diretor Físico de 1979, diz respeito à consolidação de sua Estrutura Viária proposta. Observa-se que esta estrutura obedeceu aos preceitos anteriores estabelecidos no PLANDIRF[444] e isto pode ser verificada na organização viária proposta, apresentada na figura 70. Em termos comparativos, muitas destas vias são atualmente encontradas nos 15 cruzamentos mais congestionados em janeiro de 2008 (em negrito, os da AC, na tabela 25).

Tabela 25 Fortaleza - Cruzamentos mais congestionados – janeiro (2008).
Fonte: CTAFOR/NUTRAN/AMC[445] Dia típico (segunda a sexta-feira) - Pico Manhã

Posição	Cruzamento Semafórico	Bairro	AC
1	Av. **Aguanambi** x Av. **Domingos Olímpio**	José Bonifácio	SIM
2	Av. Raul Barbosa x Av. Murilo Borges	Luciano Cavalcante	NÃO
3	Av. Eng. Santana Jr. x Av. Pe. Antônio Tomás	Cocó	SIM
4	Av. Des. Moreira x Av. Antônio Sales	Dionísio Torres	SIM
5	Av. Eng. Santana Jr. x Av. **Antônio Sales**	Cocó	SIM
6	Av. Eng. Santana Jr. x Rua Israel Bezerra	Cocó	NÃO
7	Av. Rogaciano Leite x Av. Murilo Borges	Salinas	NÃO
8	R. **Carapinima** x Av**. 13 de Maio**	Benfica	SIM
9	Av. Via Expressa x Av. **Santos Dumont**	Aldeota	SIM
10	Av. Eng. Santana Jr. x Rua Silas Ribeiro	Papicu	NÃO
11	Av. da **Universidade** x Av. **13 de Maio**	Benfica	SIM
12	Av. **Aguanambi** x Rua **Soriano Albuquerque**	Fátima	SIM
13	Av. Sen. **Virgílio Távora** x Av. Pe. Ant. Tomás	Aldeota	SIM
14	Rua Br. do Rio Branco x Av. **13 de Maio**	Fátima	SIM
15	Av. Sen. **Virgílio Távora** x Av. **Antônio Sales**	Dionísio Torres	SIM

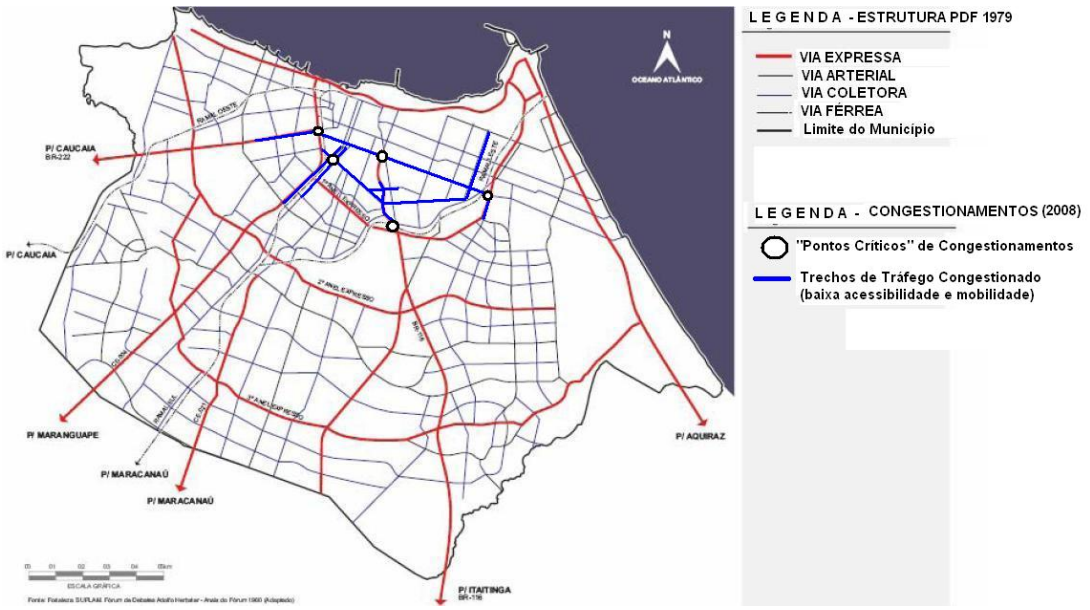


Figura 70. Estrutura Viária Proposta pelo PDF 1979 *versus* congestionamentos (2008)
Fonte: Adaptado de Muniz (2006, p.206).

Em tese, naquele trabalho, a estrutura viária proposta, na realidade um misto de *radial-concêntrica* com *ortogonal descontínua*, é parte contribuinte dos pontos de

[444] Segundo Marques (1986, p.154) *apud* Muniz (2006, p.207), as legislações que se seguiram ao PLANDIRF, "leis 4.486 e 5.122A de 1979 [...] nada mais fizeram do que detalhar as proposições do PLANDIRF, adaptando-as aos novos estágios de desenvolvimento da cidade".
[445] Site: http://www.amc.fortaleza.ce.gov.br/estatisticas (último acesso: 10/05/2008, às 11:34);

congestionamentos em conseqüência as propostas no PDF de 1979. A Rede Radial Concêntrica seria uma "decorrência inevitável do caráter polarizador da cidade e do descompasso entre a evolução natural ou programada e a administração, ao longo da história (Fortaleza, 1979, p.21, *apud* Muniz, 2006, p.204).

Por sua vez, seria incumbência da Rede Ortogonal o preenchimento paulatino dos espaçamentos entre as vias componentes da Rede Radial Concêntrica e que, caracteriza-se como interligações mais do que vias de caráter local (Fortaleza, 1979, p.21, *apud* Muniz, 2006, p. 204)

Entretanto, esta rede não é inteiramente ortogonal como o PDF 1979 propunha, pois a ocupação dos interstícios de espaços entre os *corredores de adensamento* foi realizada sem o devido acompanhamento, originando uma "colcha de retalhos" de malhas viárias desconexas, onde se verificam *costuras* de vias coletoras que geram descontinuidades de loteamentos antigos.

Para os idealizadores do PDF de 1979, as **Vias expressas e arteriais**, que iriam compor a Rede Radial Concêntrica teriam seção entre **30,00 e 50,00** metros. As **Vias coletoras**, que coincidiam com os corredores de atividades, fazendo então parte da Rede Ortogonal e por onde circularia o transporte público, teriam seção entre **18,00 e 24,00** metros. E as **Vias locais**, destinadas ao acesso às unidades residenciais e ao tráfego local, teriam seção entre **11,00 e 14,00** metros.

Atualmente, muitas destas vias necessitariam ter caixas viárias maiores para absorver o volume veicular atual. Isto já era previsto pelos técnicos da época, como assevera Muniz (2006, p. 205) *apud* Montenegro Jr. (1980),

> *[...] 'os **ajustes necessários** para que essa rede de vias de circulação se adeque às intenções do zoneamento de usos propostos **deverão se fazer gradativamente ao longo do processo ora em curso**, através da reserva prévia de áreas marginais a essas vias..'(p.81).*

Ou seja, os planejadores da época tinham consciência da inexequibilidade do plano caso não fossem tomadas medidas de acompanhamento. Medidas estas que eles próprios ainda não dominavam/conheciam para a época. Por outra, a irreversibilidade do zoneamento e funções urbanas não foi atingida nos planos que se seguiram, como será abordado em seqüência nas críticas às propostas posteriores, os Planos de 1992, a Lei de Uso e Ocupação do Solo de 1996 e a revisão de 2008.

5.1.8 Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Fortaleza – PDDU-FOR (1992)

> Segundo Muniz (2006, p. 210), de acordo com o censo de 1991, realizado pelo IBGE, Fortaleza contava com 1.758.334 habitantes. Apesar do decréscimo populacional, eleva-se em quantidade de problemas urbanos e nota-se com maior intensidade a ocorrência de pontos críticos de acidentes e transtornos de *congestionamento*. Em resposta, a cidade parte para a elaboração de mais um plano diretor: o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Fortaleza – PDDU-FOR, em 1992.

Diferente dos planos anteriores, os quais foram de execução da equipe da prefeitura, o PDDU-For de 1992 foi elaborado por uma equipe mista de profissionais da própria gestão municipal, associados a escritórios de consultoria contratados. Os temas foram discutidos com maior participação de entidades de classe e menos com a sociedade geral que foi convidada, mas não teve muita contribuição popular.

A proposta já continha contribuições do Estatuto da Cidade, da Lei No. 10.157 de 10 julho de 2001 (BRASIL, 2002), e as incorporava parcialmente no texto. Segundo Fortaleza (1992a), Dentre as macrodiretrizes do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, em seu Art. 20 destacam-se quatro itens que influenciaram em termos futuros os aspectos de mobilidade e acessibilidade: (1) Direcionar os investimentos em ***infraestrutura para as áreas em processo de adensamento***; (2) ***Assegurar a circulação do transporte público*** de passageiros interbairros, notadamente *entre as áreas de concentração de atividades*; (3) Estimular o ***turismo interno e internacional***, e; (4) Estruturar os ***sistemas de planejamento e informações técnicas***, possibilitando o acompanhamento e a revisão das ações.

Os três primeiros surtiram grandes impactos na configuração da malha e nos fluxos e adensamentos. A **infraestrutura** e o **adensamento** de determinadas vias ocorreram em compasso acelerado e convergiram para perpetuar a mesma cultura anterior de priorização de investimentos em determinadas vias que propiciaram a elevação do número de atividades nestas vias e com elas o aumento da demanda de acessibilidade.

O **transporte público** cresceu em termos de linhas e oferta interbairros e inter EGV´s de bairros. Linhas entre *shopppings centers,* entre o centro e o aeroporto novo, o aumento da frota de transportes alternativos propiciaram uma melhora na movimentação das pessoas e bens. Cria-se um bom momento de mobilidade, mas, nas vias de grande fluxo e nos centros comerciais. Os EGV´s e PGV´s aumentam os problemas de acessibilidade: dificuldade em estacionar, ir aos lugares, permanecer em determinado lugar ou simplesmente estacionar.

Estes eventos e infraestruturas se concentram especialmente na orla marítima. O tratamento ao turista melhora em conseqüência, porém somente parte da cidade é tratada para absorver a demanda veicular, principalmente da mobilidade advinda do turismo. Portanto, é preciso 'ter controle' sobre toda a cidade, e mais uma vez, atua-se apenas em parte dos efeitos, no caso, no *secundário*, no controle semafórico[446].

A percepção de que algo precisava ser feito, faz com que o plano de 1992 se antecipe ao Estatuto da Cidade, e procure tender suas ações da função social da propriedade e da garantia a execução de algumas políticas urbanas que surtiram impactos na mobilidade e acessibilidade, como a criação de instrumentos normativos, e sistemas de planejamento em 'células municipais'[447]. Estas novas células, ou subprefeituras, conduziram novas 'cirurgias' urbanas como novas vias, viadutos, equipamentos de lazer e infraestruturas, anunciando intervenções físicas com medidas de desapropriação. Ficam evidentes as ações do *efeito quaternário* e, com ele mais um ciclo do círculo de eventos e efeitos se concluiria. A previsão de novas ações somente em 2002, levaram o PDDU-FOR a uma lógica descentralizadora e participativa, com a cidade dividida em *macrozonas*, e estas subdivididas em *microzonas* (figura 71):

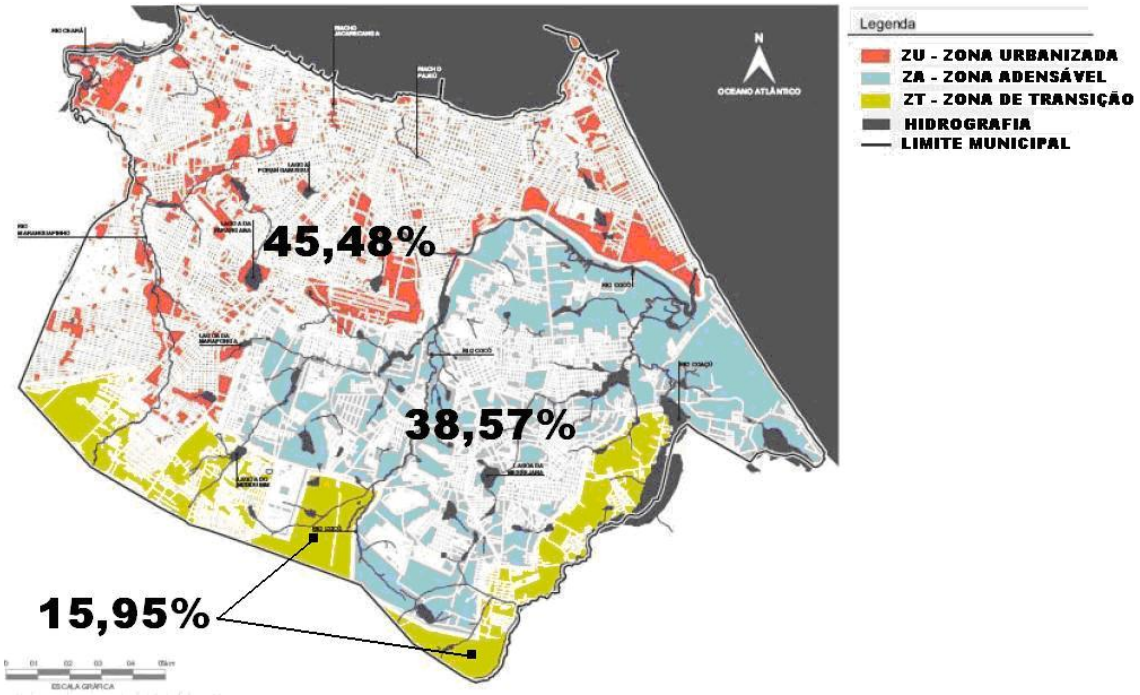


Figura 71. PDDU 1992 – Macrozonas (%)
Fonte: adaptado de Muniz (2006).

Ainda restavam muitas áreas para adensamento, criação de infraestruturas, especulação imobiliária, mas já se percebia a saturação na área vermelha (45,48%) do município. Coincidentemente, em termos de morfologia da malha, a ZU era a mais

[446] É preciso dar 'ordem ao caos', organizar os movimentos, mesmo esquecendo ou 'não percebendo' suas causas.
[447] As atuais Secretarias Executivas Regionais, SER´s.

densa em traçados viários e também a mais ‘desorganizada’ ou recortada em pequenos loteamentos. A ZA foi dividida em quatro *microzonas,* e é a área em plena expansão atualmente e todas as infraestruturas e ações que estimulem o *efeito quaternário* foram e estão sendo realizadas para atender as demandas privadas, dos grandes empreendedores, em detrimento da circulação que não consegue acompanhar a evolução do uso do solo *versus* forma-espaço de circulação[448].

Apesar do descompasso evolutivo os gestores perceberam a necessidade de caracterizar atividades impactantes e avanços neste sentido são simbolizados pela definição de novos parâmetros urbanísticos e dispositivos legais de controle, principalmente para os Pólos Geradores de Tráfego (antigos PGT´s e atuais PGV´s) os quais passam a ter análises específicas de impacto. Surgem os Relatórios de Impacto no Sistema de Tráfego, os RIST´s. Em nível global, a cidade continua situada em ações de *efeito secundário*, com fortes operações de controle de tráfego. Contudo, a malha ainda carece de vias de intercomunicação entre o leste e o oeste da AC, além de um melhor controle do uso do solo que resulte em menos impactos na mobilidade e acessibilidade (figura 72).

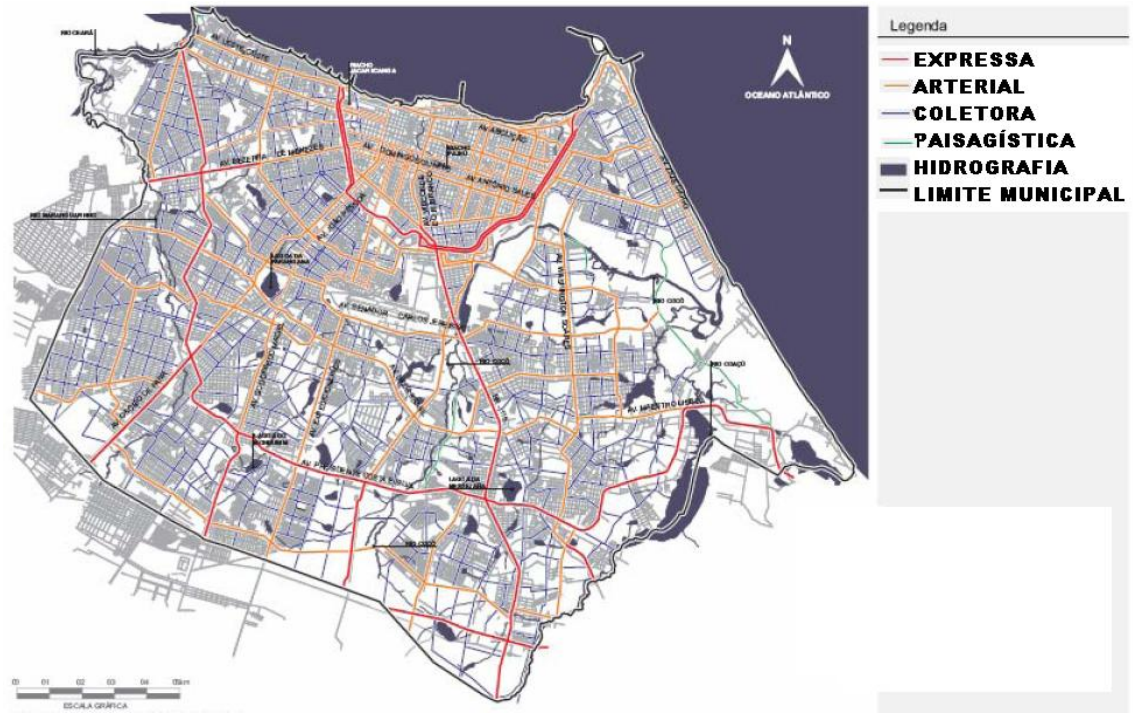


Figura 72. PDDU 1992- Malha Viária Oficial
Fonte: Adaptado de Muniz (2006, p.220).

[448] Os PGV´s alinham-se novamente, replica-se a lógica dos antigos corredores de adensamento, não aprendem com a história e o ciclo de se repete. Um atrator ao lado do outro, sem recuos, sem ter onde estacionar, semelhante a uma via de faroeste americano! Ou seria faroeste caboclo? (a lembrar do sucesso de Legião Urbana). Nesta disputa de espaço para conviver e circular, vale-tudo! Até mesmo esquecer o aspecto coletivo.

Percebe-se no mapa (figura 72) que o caráter radial-concêntrico torna-se mais decisivo e a dispersão da ocupação do solo aproxima-se dos limites do município no lado sudeste e o extrapola no lado sudoeste.

Na época, para tornar real o plano foram criados órgãos de planejamento e acompanhamento, Dentre eles, a CPPD é responsável (até hoje) por avaliar, propor e apreciar reformulações e complementações de legislação urbana. Na realidade, os instrumentos previstos para acompanhar o desenvolvimento da cidade demoraram muito para serem realizados, quase cinco anos após a vigência do plano diretor, a exemplo da própria Lei de Uso e Ocupação do Solo[449] que continua em vigência e é objeto de investigação sobre os *atratores* nesta pesquisa.

Em termos técnicos, concordando com as críticas de Muniz (2006), é notório que o PDDU-FOR (1992), não acrescentou instrumentos nem diretrizes para o planejamento das ocorrências futuras. Com muito esforço o PDDU-FOR de 1992, apenas tentou acompanhar o dinamismo de crescimento, até por uma questão de jurisdição (municipal) não tinha como cobrir toda a RMF.

Apresentam-se a seguir as experiências no sentido de amenizar esta falta de controle unificado, em que surgem dois projetos de revisão. O primeiro, abalado por tentativas de desorganização, pela própria mídia e por desconhecimento técnico, foi o final do período 'tecnocrático', e ficou conhecido por Projeto LEGFOR. O segundo, um oposto do anterior, teve êxito político, o Plano Diretor Participativo de Fortaleza, o PDP-For (de 2007), está atualmente em análise na câmara de vereadores.

5.1.9 Plano Diretor de Des. Urbano e Ambiental de Fortaleza – PDDUA-FOR

> Como previsto, com o término da vigência do anterior PD de 1992, Fortaleza inicia a sua revisão urbanística em dezembro de 2002, sendo necessária a adaptação e criação dos instrumentos de gestão, inclusive do espaço de circulação. Esta ação ocorreu em decorrência de um contrato de prestação de serviços[450] entre a ASTEF-Associação Técnico-Científica Engenheiro Paulo de Frotin[451] e a Prefeitura Municipal de Fortaleza, PMF, na gestão de Juraci Magalhães, por solicitação deste último.

[449] Conhecida como LUOS, foi somente instituída no ano de 1996, mediante a edição da Lei N°7.987, de 23 de dezembro de 1996.
[450] Em acordo datado de 02 de janeiro de 2002, objeto do processo de dispensa de licitação No. 3652/02, SMDT/4696/2001-PGM, Procuradoria Geral do Município. O acordo tinha como objetivo a Revisão e Atualização da Legislação Urbanística de Fortaleza, denominado LEGFOR.
[451] Entidade jurídica de direito privado, vinculada ao Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará. Fonte: http://www.astef.ufc.br/ (acessado em 17/06/2009);

É lançado o Projeto LEGFOR[452], primeiro passo para a revisão do plano anterior de 1992, e que seria denominado posteriormente de Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Fortaleza, PDDUA-FOR.
Considerado pela ala política como um projeto 'tecnocrático e sem a participação da sociedade', teve sérios embates na mídia e pela própria academia, especialmente por arquitetos e urbanistas da própria universidade. Com todo este desgaste técnico-político-acadêmico e de mídia, acredita-se que tenha prejudicado o desenvolvimento do trabalho.

Infelizmente, a compreensão da população sobre o tema ainda estava muito insipiente e a participação popular não foi devidamente planejada. Ao mesmo tempo, os recursos destinados para esse trabalho acabaram por viabilizar somente um documento de diagnóstico[453] que serviu de base para o estudo posterior. Dentre as principais propostas, às relativas aos atratores no Legfor[454](PPDUA, 2004, p.12), estão relacionadas a Ordenação e Controle do Uso do Solo, em subitens em que os PGT´s devem evitar: 'b) a proximidade de usos incompatíveis ou inconvenientes', e; 'd) a instalação de empreendimentos ou atividades que possam funcionar como tais sem a previsão da infra-estrutura correspondente'.

Outras propostas do LEGFOR previam a ***prioridade*** do transporte público de passageiros em relação ao *transporte individual* e a ***promoção*** da *interligação viária* e *acessibilidade* entre as áreas de concentração de atividades urbanas. Contudo, infelizmente não detalhavam quais instrumentos deveriam ser utilizados para avaliar a mobilidade e a acessibilidade na cidade.

No entanto, em relação aos *atratores*, observou-se uma preocupação com sua localização entre eles e isto já acena para uma melhor percepção de seus impactos e influências nas relações sociais no uso/desuso nos espaços congestionados.

Algumas de suas sugestões neste sentido surgiram[455] e estão sendo lentamente aprimoradas[456], tais como: 1) a reclassificação [de PGT`s] segundo normas que

[452] Dentre os integrantes da equipe, encontrava-se o autor deste trabalho, cuja responsabilidade seria de coordenar as informações técnicas na montagem do Banco de Dados Georeferenciado de toda a cidade. Por discordar da metodologia utilizada, manteve-se na equipe até surgir à oportunidade de sua ida ao doutorado, desligando-se do processo em final de 2003.
[453] Opinião de minha responsabilidade. Os colegas do grupo bem que tentaram conseguir mais recursos para os avanços com sessões públicas maiores, mas não foram atendidos.
[454] Capítulo IV, Das Diretrizes Gerais, Art. 9º, item: VI;
[455] Capítulo III, Do parcelamento, Uso e Ocupação do Solo, Seção IV, dos Pólos Geradores de Tráfego –PGT.
[456] O autor faz parte do grupo de pesquisa da Dieng-AMC que trabalha em parceria com a Rede Ibero –PGT, sediada no Programa de Engenharia de Transportes da COPPE/UFRJ. Pesquisas específicas sobre modelagem dos impactos dos PGT´s estão sendo desenvolvidas.

considerem a atividade e seu porte; 2) o enquadramento dos PGT´s em relação ao Sistema Viário e Zona, segundo normas específicas; 3) uma releitura de normas para circulação interna, estacionamentos, número de vagas, C&D e coleta de resíduos nos PGT´s mais adequados à sua classificação e necessidade; 4) a submissão de projetos de *atratores* do tipo PGT que envolvam órgãos responsáveis como a AMC e a Prefeitura, de maneira conjunta; 5) a definição de procedimentos [científicos[457]] de análise de RIST´s e EIV´s na aprovação dos PGT´s; 6) a contrapartida do investidor do PGT no espaço público, de maneira a compensar seu impacto na circulação.

Apesar destes avanços, as análises dos impactos estão tradicionalmente voltadas no setor técnico e na academia somente para a análise quantitativa (tráfego- de passagem) e não qualitativa (viagens- destino no PGT)[458].

Infelizmente, após muita discussão, o Projeto LEGFOR, sob responsabilidade do ainda prefeito Juraci Vieira Magalhães, na sua terceira gestão, foi enviado à Câmara Municipal como Projeto de Lei do PDDUA-FOR, e sofreu críticas pela sua 'não participação popular' (Muniz, 2006, p. 228). Em virtude das eleições municipais e das críticas em meados de maio de 2005, logo nos primeiros meses de sua gestão, a Prefeita eleita Luiziane Lins retirou o projeto de lei, para a revisão, sob a alegação que a metodologia de elaboração do plano, não seguiu as exigências do Estatuto da Cidade – a participação popular.

5.1.10 Plano Diretor Participativo de 2007- PDP-For[459]

Segundo Muniz (2006, p. 228):

> *"Diferentemente de ser uma revisão do plano anterior, a nova gestão resolve elaborar outro plano, denominado de Plano Diretor Participativo, PDP-For. Interessante é observar que o objetivo principal do novo plano diretor de Fortaleza foge [ao seu] real significado".*

Assim como Muniz, percebe-se que a lógica do PDP, inverso do PDDUA, foi a de atender a interesses da comunidade, estando inseridas todas as entidades e classes sociais de Fortaleza. A construção política e social deste plano teve e ainda tem participação popular, pois uma preparação da população sobre o que vem a ser um Plano Diretor foi feita previamente. No entanto, a 'visão técnica' terá que procurar encontrar soluções que atendam às demandas sociais estipuladas. Eis o embate

[457] Esta é a sugestão deste autor na época.
[458] Espera-se que a tomar pela hipótese da contribuição dos *atratores* conjuntamente com a *configuração* da malha, estas idéias sejam retomadas e consideradas em plano futuro.
459 Para maiores informações sobre as propostas do PDP-For em andamento, sugere-se a leitura das informações contidas nos sites com seu último acesso em 10/06/2008, as 15:41: http://www.sepla.fortaleza.ce.gov.br/planodiretor/index.php?option=com_frontpage&Itemid=9
http://www.sepla.fortaleza.ce.gov.br/pd/

sócio-político a ser vencido, com o apoio do lado tecnológico. Caberá a todas as instâncias terem que se entender entre si. Como frisou Muniz (2006, p. 228-229):

> *"Ora, se o plano diretor é definido pelo Estatuto da Cidade como o instrumento básico da política urbana, é porque ele ordena as atividades urbanas municipais. A participação popular é apenas* ***um mecanismo****, ou seja,* ***uma metodologia de elaboração*** *para que sua elaboração seja democrática".*
>
> *"Por que então, o novo plano diretor de Fortaleza é denominado de Plano Diretor Participativo?* ***Participativa é a metodologia****. O plano diretor trata da cidade e de suas funções e não da participação popular. E, mais importante do que a participação popular no processo de elaboração, é sua participação quando da gestão da cidade feita sob a luz do plano diretor. E isso é o que se entende por gestão democrática"*[460]*.*

Ou seja, falta aliar esta metodologia democrática a outras metodologias, do ponto de vista tecnológico-científico, dando suporte para uma consolidação jurídica. Mas isto já está demorando demais para acontecer e um dos 'termômetros' desta demora está nas ruas, no trânsito caótico, nos acidentes e nos transtornos de *congestionamentos*.

Conclusão

Como não é objetivo deste trabalho avaliar propostas em curso, mas sim o que existe, um 'retrato' espaço-temporal da *configuração*/*atratores* da malha, abre-se uma frente investigativa para estudos futuros.

No entanto, esta análise da ETAPA 01, sobre a expansão da malha, a ocupação do solo e suas centralidades, permitiu a percepção de que exista um grande 'distanciamento técnico' entre planejadores (todos) e gestores. Passa despercebida do público leigo talvez por desconhecimento científico, a importância teórica e técnica de acompanhamento do ciclo vicioso defendido neste trabalho (figura 4) entre os *eventos* (atores) e *efeitos* (do primário ao quaternário). Fica o breve relato para que o leitor compreenda a como a configuração do espaço de circulação ocorreu na formação da cidade, servindo de base teórica para o comparativo sintático a ser realizado na ETAPA 02.

5.2 ETAPA 02. Análise Morfológica da Malha – cronologia

O planejamento Viário em Fortaleza – Uma visão Sintática

[460] Discordando um pouco da colega docente da UFC, a participação é necessária e importante, o difícil está em concatenar interesses variados, inclusive os da academia. A discussão deve ser democrática, mas a-política. Contudo as decisões não! Pois existem restrições técnicas que impedem os sonhos populares, por exemplo, a malha, deve crescer infinitamente?, como fica a mobilidade na malha e a acessibilidade a lugares? Todos podem ter carro? Será que existirá espaço para utilizá-los? Não seria mais sensato melhorar o sistema público de transporte e ajustar as conexões da malha perdidas no tempo?

> Realizada a etapa ‘00’ anterior, de caracterização da evolução da malha e dispersão socioeconômica de Fortaleza ao longo dos planos diretores, dá-se seqüência às etapas subseqüentes da morfologia, agora por outra ‘visão’, a *morfológica*. Para tanto, realiza-se uma análise quantitativa com suporte nos métodos e variáveis da Sintaxe Espacial, anteriormente explanada no segundo capítulo. Esta análise é feita em contraponto com as prováveis relações lineares ou não lineares da modelagem seqüencial tradicional em aplicação na cidade, à alocação de tráfego (revista no capítulo 3) e detecção da área e vias mais congestionadas da cidade.
> Como subproduto, lança-se as possíveis explicações do ponto de vista da configuração da cidade que contribuíram na ocorrência de *congestionamentos,* comprovada também quantitativamente.

A partir deste ponto, realiza-se uma Análise Morfológica da Expansão Urbana (1856 – 2007). Para tanto, parte-se das pesquisas de Cavalcante & Jales (2008) unificando-as com a aplicação da metodologia descrita no quarto capítulo. A compreensão da evolução urbana descrita até o item 5.2 é base comparativa teórica para a análise sintática da evolução da malha. O objetivo principal desta etapa é a detecção de algumas questões:

1) Em aspectos sintáticos e de ocupação, a malha conduziu os movimentos veiculares na cidade?;
2) Que composição *forma-espaço* de circulação a cidade teve ao longo de décadas?;
3) Em termos comparativos quais os principais eixos de centralidade ocupados nesta evolução (vias mais acessadas)?;
4) A distribuição socioespacial das centralidades urbanas acompanhou ou foi acompanhada pelas centralidades sintáticas?;
5) De que maneira a expansão ocorreu (linear, radial) e para quais direções (para o norte, sul, etc)?.

Além destas, várias outras comparações podem ser feitas e não se esgotariam neste trabalho. Entretanto, uma principal *questão-resumo* das demais se faz importante: ‘os *congestionamentos* observados atualmente, em parte da malha dita *crítica*, sofreram influência da organização da malha ao longo de diversas gestões?’.

5.2.1 Digitalização dos Mapas Históricos

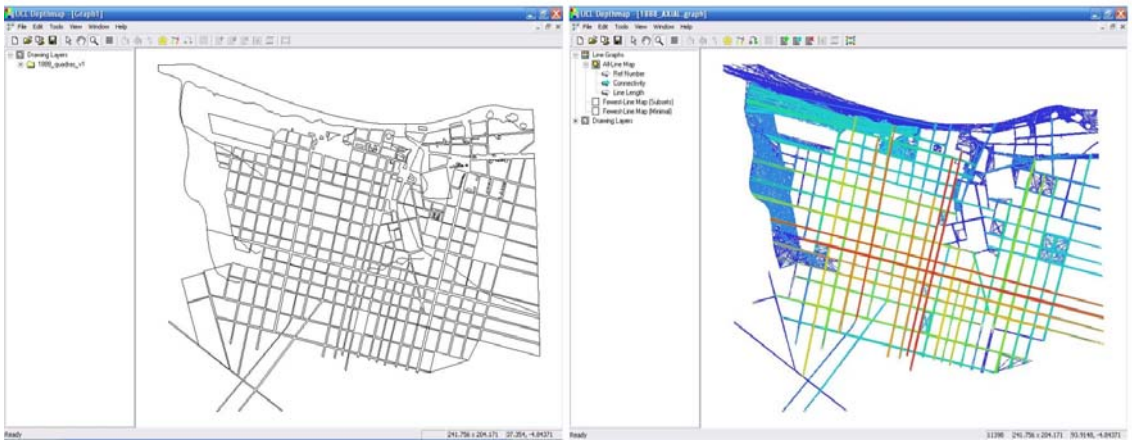
Como apresentado no capítulo 4, a digitalização de mapas históricos da cidade de Fortaleza foi realizada de duas formas: a ‘scanerização’ e vetorização. A primeira técnica consiste em submeter a fonte gráfica impressa a um processo de geração de imagem do tipo *raster* em um *scaner*. Esta imagem é posteriormente editável em programas que lidem com mídia e possibilitem transformá-la em outra, do tipo vetor, daí o nome ‘vetorização’ dos arruamentos. Para trabalhar com os mapas axiais, é necessário originar estas linhas nos mapas históricos *raster*. Esta técnica contempla três diferentes métodos neste processo:

No **Método 1**, ou Desenho Manual sobre o mapa digitalizado, posiciona-se o mapa da imagem *raster* em ambiente CAD e sobre ele são desenhadas as linhas axiais. No **Método 2**, ou Desenho automático no Depthmap, com o mapa de quadras desenhado na etapa anterior (sem as axiais) submete-se o arquivo à geração automática das linhas axiais, a rotina '*all-line map'* desenvolvida por Alasdair Turner no *software Depthmap*. E, no **Método 3**, ou Superposição axial, desenvolvida em CAVALCANTE (2007) e CAVALCANTE (2002), com base em mapas viários históricos, subtrai-se as linhas axiais do mapa de 2008 dos limites de expansão viária da cidade em cada ano considerado (ano do plano viário respectivo).

Não havendo necessidade de apresentar todos os mapas da cidade já apresentados na ETAPA 00, para exemplificar o processo, utiliza-se o Levantamento cadastral de Fortaleza de 1888, elaborado por Adolfo Herbster (figura 63), seguido pelo mesmo mapa, após o *método 1* (figura 73), em seguida, pelo *método 2* (figura 74a e 74b) e, finalmente, pelo *método 3* (figuras 75a e 75b).

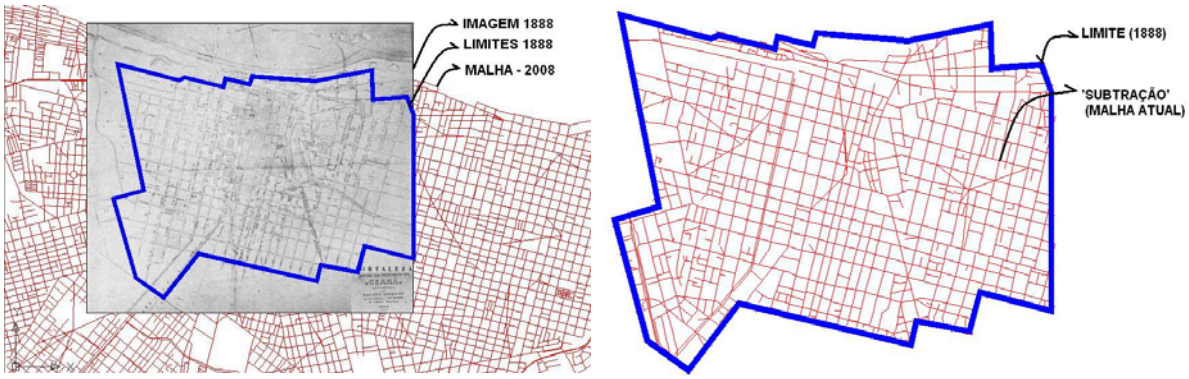


Figura 73. Método 1. - Digitalização de mapas históricos (Fortaleza, 1888) - logradouros. Fonte: o autor



(a) Mapa de Quadras - importação (b) Geração das linhas axiais – '*all-line map'*

Figura 74. Método 2 - Desenho automático das linhas axiais no *Depthmap* 6.08.
Fonte: o autor

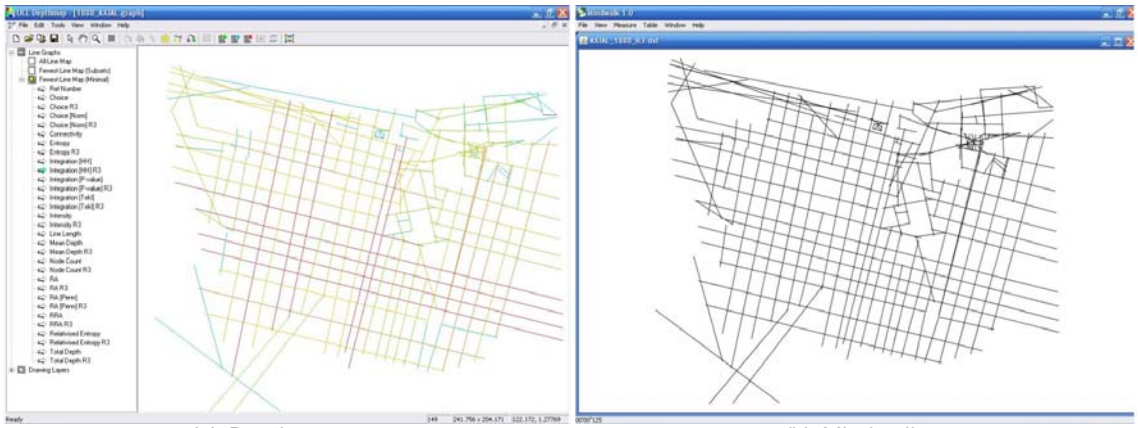


(a) Figura *raster* – 1888 (Herbster) (b) Subtração das linhas axiais de 2008

Figura 75. Método 3 - Subtração das linhas axiais.
Fonte: o autor

5.2.2 Extração das medidas sintáticas

No caso de 1888, com o método 1 realizado, seguiu-se para a extração das medidas sintáticas com o uso de dois *softwares* de sintaxe, o *Mindwalk* e o *Depthmap* (figuras 76a e 76b). O primeiro forneceu as medidas sintáticas de *primeira* e *segunda ordem*, além de viabilizar a correção das linhas e o rótulo das vias. O segundo permitiu a preparação da conversão dos mapas processados em ambiente SIG, para a sub-etapa seguinte.



(a) *Depthmap* 6.08 (b) *Mindwalk* 1.0

Figura 76. Extração das medidas sintáticas (*Depthmap e Mindwalk*)
Fonte: o autor.

Com este processo realizado foram extraídas nos *softwares* as medidas sintáticas (primeira e segunda ordem) e geométricas: conectividade, controle, profundidade, escolha rápida, integração global, integração raio-raio, Total de linhas (% Acumulado), Inteligibilidade, Sinergia, Predictibilidade, além da nomenclatura das quatro vias mais acessadas na época, mas com a titulação das vias atuais (figura 77).

5.2.3 Conversão do mapa de acessibilidade

Passo seguinte, insere-se o mapa sintático e suas variáveis obtidas na etapa anterior , em outro *software:* o de Sistemas de Informações Geográficas *TransCAD*. Este

programa ‘herda’ a malha anterior da sintaxe, podendo-se compará-la a malha viária atual, possibilitando assim identificar as vias atuais da época e caracterizar o percurso morfológico das centralidades e principais eixos de acessibilidade. Tem-se um exemplo disto, tomando-se a malha de Fortaleza de 1888, a qual é apresentada nas figuras 77a, 77b.

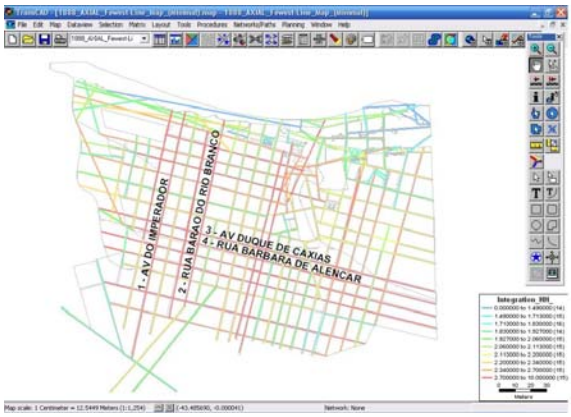


Figura 77a Mapa de acessibilidade

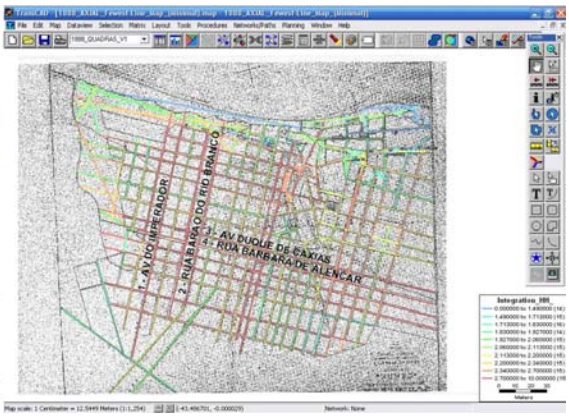


Figura 77b Mapa de acessibilidade superposto a 1888

Figura 77 Conversão do mapa de acessibilidade (TransCAD).
Fonte: o autor

A variável escolhida para analisar o mapa foi a integração Média, ou segundo Medeiros (2004) denominada por Raio-raio, ou ainda como prefere Turner (2005) de ‘HH’ de ‘Hillier e Hanson’. Verificou-se que, na época, as vias de maior *acessibilidade* estavam dos lados leste e sul do centro antigo (figura 78). Na época, como revisado no início deste capítulo, a cidade era entreposto comercial de culturas agrícolas da região norte do Brasil, e estas vias representavam ‘os caminhos mais percorridos’ naquele sistema viário vigente. Traduzindo-as em vias atuais, tem-se, por valores mais elevados de *integração HH:* Av. do Imperador, Av. Barão do Rio Branco, Av. Duque de Caxias e Rua Barbara de Alencar. O posicionamento destas vias coincide com as de dias atuais, conferindo-lhes veracidade de localização.

A ocupação do solo em 1888, pela disposição das manchas em cinza das figura 63 e anexo 15, confirma a localização de pontos comerciais e residenciais. Verifica-se uma segregação espacial na área de praia (linhas em azul escuro e claro e verde claro) condizente com a cultura local em ‘olhar para o sertão’. Percebe-se também que algumas vias que se originavam no centro iniciavam sua expansão na direção sudoeste e que outras esboçavam o mesmo processo para lado leste.
Ao tomar as vias mais integradas (Rua Barbara de Alencar e Av. Duque de Caxias), observa-se, atualmente, a localização de antigos lotes e o casario mais antigo, além da localização, no caso da última, de grandes árvores do antigo *boulevard*, com grandes espécies de ‘benjamins’, conjunto de árvores que existem até hoje.

5.2.4 Extração do Índice de Forma Urbana - IFU

Seguindo com a metodologia, identifica-se a direção de expansão com a obtenção de uma nova variável, que associada às anteriores, sintáticas, caracterizam simultaneamente a direção e o sentido desta expansão, o índice de forma urbana – IFU, uma variante da concebida por Nogueira (2005) ao aplicar um estudo à cidade de Aracaju, Sergipe.

Inicialmente, as extremidades viárias axiais dos mapas obtidos anteriormente são circundadas (em ambiente CAD) por uma poligonal (polígono irregular fechado) que contorna todo o mapa, respeitando os limites viários (a linha vermelha irregular na figura 78).

Passo seguinte, inscreve-se esta poligonal em um círculo, não importando em que escala o mapa esteja (circulo vermelho, figura 78). Neste momento, extraem-se as medidas de 'Total area' da poligonal e 'Área' da circunferência. A simples razão entre a primeira pela segunda origina o índice de expansão, neste caso do mapa em questão, é igual a 0,562633, ou seja a poligonal ocupa 56,26% da área da circunferência.

Em circunferências de mesma área, se os mapas originam IFU inferiores a 50%, indicam um crescimento mais linear da malha, como no caso relatado por Nogueira, (2005). Assim, grandes circunferências e menores valores denotam linearidade de expansão, sendo o inverso o oposto, um maior adensamento que se aproxima das extremidades da circunferência (valores acima de 80%). Ao retirarmos dos mapas a área relativa ao Oceano Atlântico (a costa, na cor cinza claro da figura 78), fica mais explícita esta expansão, principalmente comparando os mapas entre si com o total de linhas por mapa[461], o que revela a densidade de expansão viária.

Infelizmente nem todos os mapas puderam ser digitalizados pelos métodos 1 e 2 e sim via método 3. Embora este último possibilite obter o IFU, as demais variáveis morfológicas citadas não são confiáveis, pois o processo de subtração da malha atual incorre em incluir vias que não existiam na época, bem como outras que existiam, porém não na extensão e disposição atuais. Não obstante, estes fatores, as demais variáveis, são úteis e podem ser utilizadas.

[461] Esta extração é feita em programa CAD e é objeto de investigação comparativa em CAVALCANTE *et al* (2009), *no prelo*.

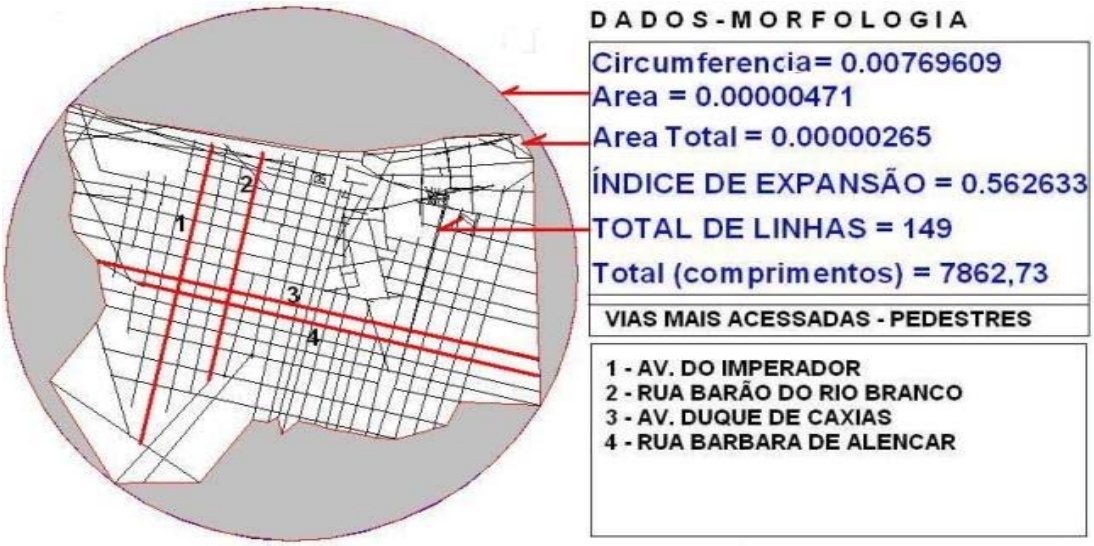


Figura 78 Extração do Índice de Forma Urbana (IFU)
e Vias de maior acessibilidade (Integração Local R3). Fonte: o autor.

5.2.5 Extração das Medidas Sintáticas

Em paralelo a extração do IFU, as malhas com as linhas axiais desenhadas por um dos três métodos são submetidas a processamento no Mindwalk1.0 e extraídas as medidas sintáticas de 1ª e 2ª ordem descritas no capítulo 2. Em seguida, são obtidas as médias e os desvios de cada variável, e produzidas duas tabelas para análise. Na primeira, (tabela 26 e figura 79) são dispostas as variáveis de primeira ordem morfológica em seqüência de tempo. Na segunda (tabela 27) e figura 80, na mesma seqüência, estão as medidas de segunda ordem, adicionando-se o 'Tempo', distância temporal (anos) decorrida entre os mapas/planos, o IFU, a 'Circunferência' e o 'Total (%) de linhas acumulado'.

5.2.6 Análise comparativa - sintaxe x evolução urbana.

Organizadas as variáveis elaboram-se gráficos de distribuição das variáveis (figuras 79 e 80), viabilizando, por ano, a comparação entre si. Apesar de não detalhada em profundidade neste trabalho, esta comparação viabiliza também um paralelo com os eventos de expansão da malha, em rebatimentos sociais (uso e ocupação) e funcionais (transporte motorizado ou não), descritos na análise da evolução urbana (etapa 00). A análise viabiliza perceber os *efeitos* de expansão da malha na acessibilidade local e global de eixos e centralidades[462].

[462] A elaboração dos mapas seguiu os três métodos sugeridos e não apenas um devido a: 1) o tipo de fonte do mapa; b) a escala do mapa, e; 3) o acabamento (nível de visualização). Em virtude disto por decisão, do autor, optou-se por descartar mapas anteriormente sugeridos por sua complexidade de obtenção das linhas axiais, detendo-se a análise ao período e entre 1856 e 1978.

Tabela 26. Medidas de Primeira Ordem da SE.
Modo 'Não-motorizado' (1726-1888) e Motorizado (1931 a 1978).

	CONECTIVIDADE		CONTROLE		PROFUNDIDADE		ESCOLHA RÁPIDA		INT GLOBAL		INT RAIO-RAIO[463]	
	média	desvio	media	desvio	media	desvio	media	desvio	media	desvio	media	desvio
1726	3,297	1,884	1	0,688	2,297	1,288	0,125	0,113	1,128	0,327	1,909	0,737
1813	4,871	3,729	1	0,838	2,667	1,056	0,033	0,034	1,698	0,376	2,128	0,545
1856	5,228	4,257	1	0,797	2,667	1,13	0,026	0,030	1,760	0,392	2,221	0,589
1859	3,197	2,467	1	0,713	5,774	4,298	0,07	0,098	0,645	0,164	1,152	0,396
1875	5,583	4,171	1	0,578	2,946	1,556	0,032	0,031	1,552	0,418	2,148	0,723
1888	8,336	5,834	1	0,720	2,510	1,088	0,030	0,029	2,038	0,441	2,061	0,571
1931	5,059	4,947	1	1,128	3,074	1,101	0,01	0,018	1,756	0,361	2,359	0,62
1962	4,492	4,337	1	0,797	4,005	2,391	0,019	0,034	1,116	0,311	1,636	0,617
1978	5,191	5,019	0,996	1,021	7,888	4,707	0,002	0,011	0,884	0,191	1,475	0,256

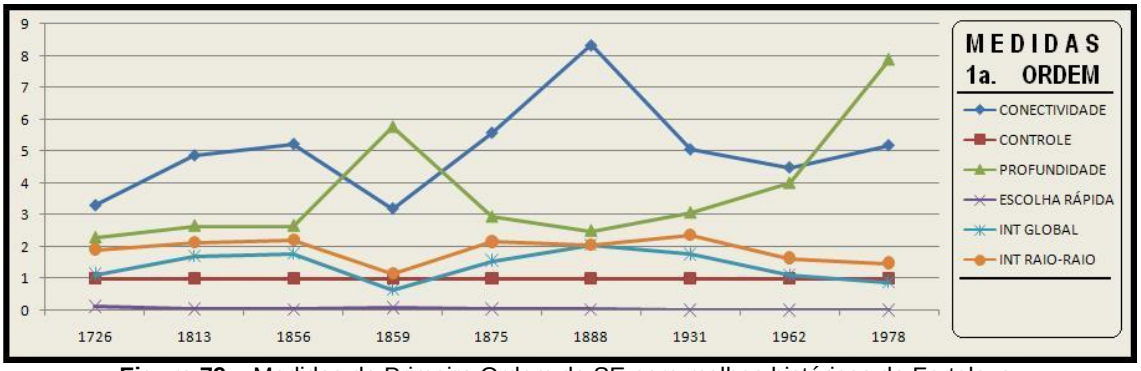


Figura 79 – Medidas de Primeira Ordem da SE para malhas históricas de Fortaleza.

A análise dos resultados corresponde a uma representação das relações entre os espaços por malha, possibilitando comparar as ações de urbanismo por período, correspondentes às medidas sintáticas. As medidas de primeira ordem, em seqüência, *conectividade, profundidade* e *integração global* apresentam curiosidades sobre o uso do espaço e sua acessibilidade, suscitando questionamentos sobre sua mobilidade.

Tabela 27. Medidas de Segunda Ordem da SE.

ANO	MÉTODO	Tempo Decorrido (anos)	Circunferência (adimensional)	IFU[464] (adm.)	Total de linhas (% Acumulado)	Inteligibilidade	Sinergia	Predictibilidade
1726	OVERLAY	0	87,45	0,32	0,58%	0,72	0,77	0,60
1813	OVERLAY	87	185,01	0,52	2,26%	0,83	0,95	0,66
1856	AUTOMATICO	43	205,91	0,53	2,81%	0,60	0,95	0,64
1859	OVERLAY	3	286,68	0,56	2,01%	0,54	0,88	0,30
1875	MANUAL	16	653,81	0,52	2,45%	0,74	0,95	0,46
1888	AUTOMATICO	13	769,61	0,56	2,17%	0,81	0,94	0,56
1931	OVERLAY	1	408,19	0,42	9,68%	0,67	0,89	0,56
1962	MANUAL	3	6364,25	0,45	6,53%	0,64	0,95	0,31
1978	OVERLAY	6	12722,78	0,55	100,00%	0,30	0,83	0,13

[463] Uma adaptação de Lucas Medeiros (em MEDEIROS, 2006) da medida sintática de integração local (número de conversões angulares igual a três).
[464] Obtido pela metodologia de NOGUEIRA, A. D. (2005), com o Índice de Forma Urbana (IFU) para a cidade de Aracaju, Sergipe.

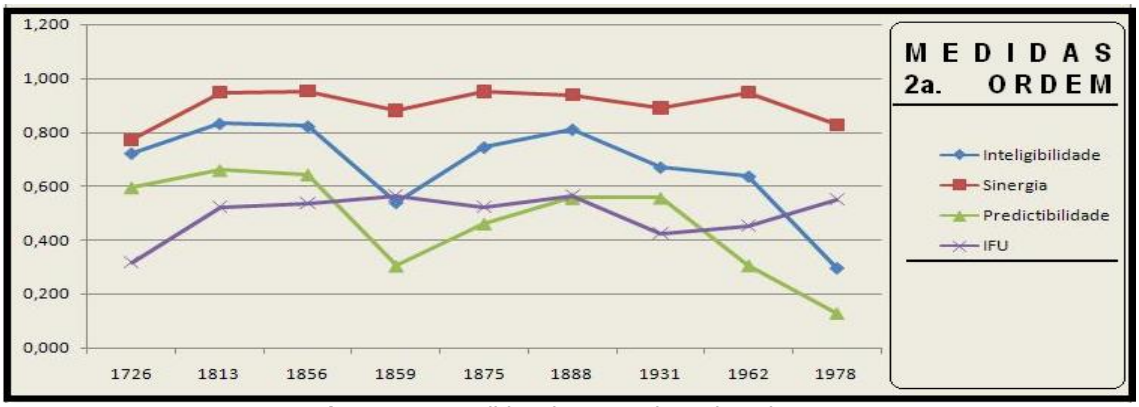


Figura 80 – Medidas de Segunda Ordem da SE
para malhas históricas de Fortaleza.
Fonte: o autor, obtido no Mindwalk 1.0 Academic.

Observando isoladamente a visão sintática (figura 79), vê-se que a **Conectividade**, *uma medida de acessibilidade que representa o número de conexões por linha axial*, elevou-se no número de conexões da malha da cidade, com um pico em 1888. Naquela época, atesta-se que a malha tornou-se mais 'organizada' (regular) e 'previsível' ou passível de ser dominada por visitantes e moradores, viabilizando um domínio do espaço. Neste momento histórico, a malha estava perfeita, com bom valor de inteligibilidade (*o número de conexões versus a integração global*). As pessoas tinham fácil acesso aos pontos extremos da malha, pois o traçado xadrez era sintaticamente o 'ideal'.

De 1888 a 1978, com o 'inchaço' populacional e expansão linear da malha, detectável pelos valores do IFU, uma oscilação média(0,56), baixa(0,42;0,45) e média(0,55), percebe-se um leve aumento, seguido de um decréscimo na acessibilidade da malha, que passa a concentrar-se na expansão da malha ferroviária (1888) seguida da ocupação dos corredores de atividades do posterior plano de 1992, detalhado na análise da evolução urbana do item 5.2 deste capítulo[465].

No mesmo gráfico, para a medida de **Profundidade**, que detecta *o qual difícil/fácil é a permeabilidade da malha ao movimento (se 'rasa' ou 'profunda')*, percebe-se que ocorre uma sensível elevação da profundidade na medida em que a malha se expande. Isto é bastante lógico, devido ao fato de a profundidade representar um maior número de mudanças de direção para atingir todos os pontos da malha. Nota-se que nos ano de 1859 e 1978 a malha tornou-se cada vez mais 'profunda', menos

[465] Nos anos que se seguiram, do plano de 1992 até os dias atuais, acirrou-se a ocupação nestes corredores viários, acumulando diversas atividades *atratoras* de tráfego, mas concentrando as conectividades de outras vias.

permeável (acessível), acompanhando o aumento do número de linhas, ou vias, que ocorreu principalmente do lado oeste e noroeste de Fortaleza[466].

Outra percepção entre os espaços mais movimentados e a ocupação do solo são as variáveis: **Integração Global e Média** (Raio-Raio). Estas variáveis apontam o nível de acessibilidade para duas situações. A primeira, em que a malha seria utilizada pela população, podendo alcançar todos extremos da malha e, a segunda, em um 'raio intermediário', equivalente à profundidade média do espaço mais integrado do sistema que era constituído por 149 linhas, detectando o *core,* ou centralidade da malha em relação à totalidade. Apenas em 1888, o centro coincidia com o todo. Depois o centro (INT RAIO-RAIO, o '*core*') distancia-se e, acredita-se que esse processo foi mais intenso após 1978.

Em uma análise do gráfico da figura 79, percebe-se que as vias dessa época detinham similaridade em termos de acessibilidade *global* e *local* para todo o período estudado (1726-1978).

Na figura 80, nas medidas sintáticas de segunda ordem, vê-se que a **Inteligibilidade**, que é a correlação entre conectividade e integração global, que o papel global dos eixos é similar ao seu papel local. A inteligibilidade é a variável que revela o aumento do tamanho das malhas de maneira lenta, principalmente observando-se o valor de IFU para o período. Excetuando 1726, 1931 e 1932, todos os valores de **inteligibilidade** são superiores a 0,50. Contudo, percebe-se que após o ano de 1888, os valores de inteligibilidade decaíram sensivelmente, o que torna evidente um processo de segregação espacial muito forte de bairros. Em termos da ocupação do solo, acredita-se que a partir desta época, a favelização tenha acompanhado esta segregação espacial como um reflexo do processo de segregação social, pois entre 1962 e 1978, as curvas de *IFU* (ascendente) e *Inteligibilidade* (descendente) já acenam, no primeiro, para uma expansão nas extremas da malha, criando acessos a comunidades mais distantes (no segundo)[467].

Outra variável, a **Sinergia,** que mede "o grau de combinação de forças na correlação entre integração local (Raio-raio, neste caso) e integração global[468], revela no período que a aparente regularidade dos sistemas resulta em movimentos facilitados para

[466] Coincidentemente os bairros mais segregados da malha em termos sintáticos e das políticas públicas. Também, ao mesmo tempo, áreas (bairros) mais desprovidas de infraestruturas e densas em população.
[467] A partir de 1978, época da atualização do PLANDIRF de 1972, da criação dos Pólos de Adensamento, as curvas de IFU e Intelegibilidade são divergentes, sendo a primeira em ascensão (ocupação do solo crescente) e a segunda em declínio, relação global – local da malha de maneira decrescente.
[468] Aponta Medeiros (2004).

dentro e para fora do núcleo mais integrado (a exemplo das linhas em vermelho da figura 80). Ou seja, na época existiam menos esforços de mobilidade dos habitantes nos deslocamentos dentro do núcleo bem como às extremidades cidade.

A última variável, a **Predictibilidade,** "a correlação entre variáveis locais e globais indicará o grau de acessibilidade"[469] ou o grau de correlação entre a integração e os fluxos (movimentos) na malha, ou seja os movimentos "de passagem" com destino em *atratores* (ocupação do solo). Logicamente estes movimentos sofrem influência do conhecimento da malha. Em tese, concordando com BANDEIRA, (2005) esta variável também poderia "indexar o grau de correlação entre dois tipos de padrões de movimentos: o de estrangeiros, com pouco conhecimento de toda a configuração e o de habitantes, que tem muito, ou melhor, conhecimento do desenho urbano".

Ou seja, o quão previsível é a malha para quem a conhece e domina espacialmente. No caso do período analisado, vê-se que esta medida sintática decresce muito, quando a malha se expande, ou seja, fica cada vez mais difícil 'captar' o todo se conhecendo parte desta. Isto confirma o uso veicular mais intensificado em termos a partir do final da década de ´70, período em que grandes avenidas foram acrescidas ao traçado anterior de 1962, elevando a dificuldade de acesso por pedestres.

Conclusões – ETAPA 02

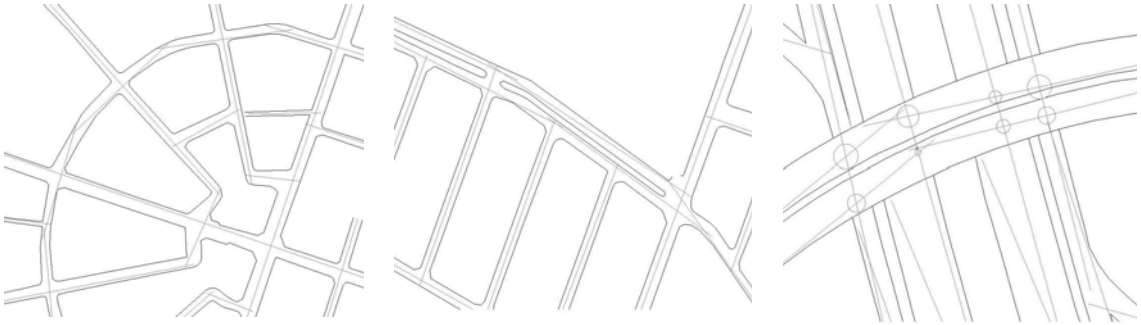
De modo geral, fica caracterizado no estudo o processo de segregação espacial da cidade, com ponto de elevação em 1888 e, acredita-se, após o plano de 1978, com sensíveis reduções da Predictibilidade e Inteligibilidade, pois se aposta em uma acomodação do IFU para os dias atuais. Por restrições operacionais as análises posteriores a 1979 não puderam ser realizadas a contento em função da densidade de vias locais a serem desenhadas. Apesar destas restrições os resultados analisados revelam que os planos que foram aplicados à cidade: PLANDIRF (1972) e PDF (1979), estão contidos nos gráficos e revelam a 'explosão' demográfica identificada na malha extremamente 'profunda' e pouco 'previsível' em que se tornou, pois o incremento populacional literalmente se alojou do lado sudoeste e oeste da cidade. Constata-se também com o estudo apresentado que o uso da SE, como ferramenta de análise da *estrutrura viária* em momentos históricos de Fortaleza é bastante profícuo e instigante, inclusive para análises de propostas urbanísticas (novos traçados) visto oferecer ao analista as possibilidades mais práticas na interpretação de suas variáveis de primeira e segunda ordem.

[469] Segundo Hillier (1987);

5.3 ETAPA 03. Definição da Área Crítica - AC

5.3.1 Desenho do Mapa Axial

A elaboração do mapa axial foi feita utilizando-se a base CAD da malha viária de Fortaleza. Esta base encontra-se dividida em quadrículas e o desenho das linhas axiais foi elaborado analisando-se uma por vez utilizando a metodologia de desenho das linhas axiais de Lucas Figueiredo (MEDEIROS, 2004). Ao serem desenhadas, as linhas axiais seguiram os eixos das vias e interceptavam as linhas subseqüentes. Todos os eixos foram representados por segmentos de retas, mesmo que representassem uma curva na malha viária. Por limitações teóricas do programa não foi considerado o sentido ou se a via era de "mão dupla", sendo estas representadas apenas por uma linha ou conjunto de linhas axiais, como no exemplo da figura 81a.



81a Vias curvas. 81b Canteiro central. 81c Viadutos

Figura 81. Construção do mapa axial.
Fonte: o autor.

Ao se observar os casos em que a via estava dividida por canteiro central, foram desenhadas linhas duplas (figura 81b). Em caso de viadutos, onde as vias não se interceptam na realidade, embora aparentem cruzamentos de linhas no mapa da malha viária, seguiu-se as orientações do manual do *software Mindwalk1.0*[470], que sugere que círculos sejam desenhados com centro na interseção das vias que não se deseja ter continuidade (figura 81c).

O desenho abrange quase toda a malha viária de Fortaleza, tendo sido elaborado em *software* de CAD. O número total de linhas axiais foi de 14.408 e o tempo para a conclusão do mapa foi de dois anos, estando o mapa em uma base CAD, datado de 1996, com as devidas correções·. As maiores dificuldades encontradas ocorreram devido à falta de conhecimento das conexões de algumas vias retratadas pela interseção de linhas. Para solucionar este problema da configuração dos cruzamentos teve-se o auxílio dos técnicos da AMC (figura 82).

[470] Mindwalk 1.0 é um *software* desenvolvido por Lucas Figueiredo de Medeiros e está disponível para uso acadêmico o site: http://www.mindwalk.com.br .

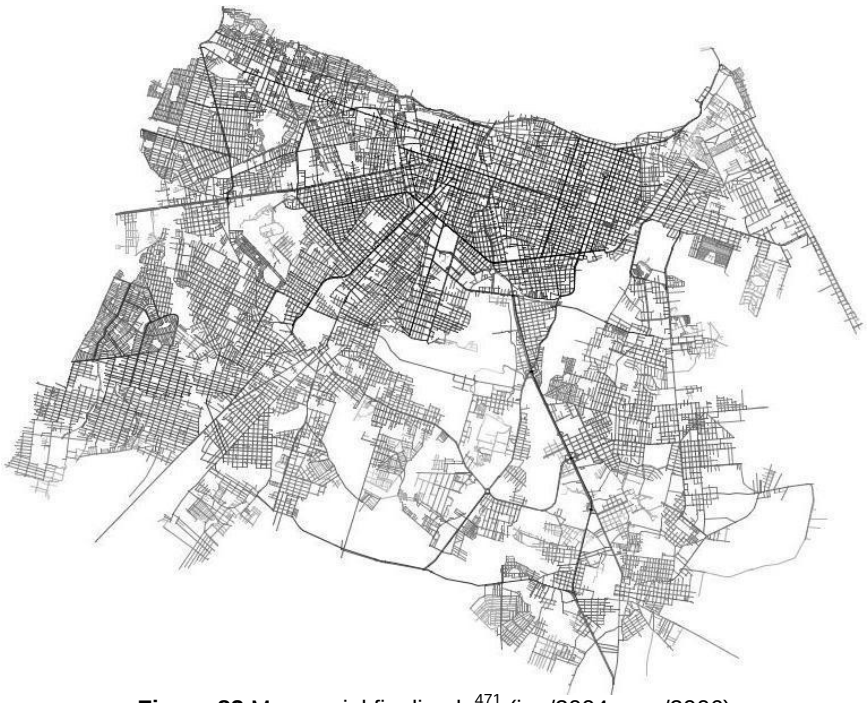


Figura 82 Mapa axial finalizado[471] (jan/2004- ago/2006)
Fonte: o autor e AMC.

5.3.2 Geração das variáveis

Uma vez finalizado o desenho do mapa axial no CAD, partiu-se para a fase de simulação e geração de variáveis sintáticas por meio dos *softwares* de análise de sintaxe espacial *Mindwalk* e *Depthmap*. O primeiro passo foi converter o mapa axial para a extensão '.dxf', utilizada para exportar desenhos CAD. O primeiro programa utilizado foi o *Mindwalk*. Ao abrir o arquivo .dxf no *Mindwalk*, gerou-se a "construção do mapa"[472]. Em um processo cíclico, as linhas com problemas de linhas soltas ou desconectadas na malha eram originadas pelo programa e sua correção feita em ambiente CAD, reinserindo-o no Mindwalk para novo processamento. Corrigindo-se o problema, partiu-se para a geração das variáveis de análise de interesse: *raio de integração*, *conectividade* e *length*. Seguindo a literatura, foram analisados raios de integração local de valor 3 até 20, além do raio de *integração global* e o *raio médio* (chamado de *raio-raio*).

Concluída essa primeira análise, foram geradas as *linhas de continuidade* de MEDEIROS (2004)[473]. Utilizando como base o cone de visão humana, **foram testadas as possibilidades de mudança de direção do usuário motorista dentro deste cone,** adotando-se ângulos de 5 (mínimo), 15, 35 e 60 graus (máxima), a exemplo da figura 83.

[471] Mapa finalizado sem processamento,apenas com o desenho das axiais.
[472] Algoritmo de reconhecimento de todos os vetores ou linhas que definem a malha considerada, no caso 14.408 entidades do tipo linhas axiais.
[473] Processo teórico explicado no capítulo 2.

Para cada ângulo, utilizou-se uma “margem de aproximação” de 5 e 10 metros (figura 83). Como explicado na teoria, este processo reduz consideravelmente o número inicial de linhas, pois o que ocorre é a união de linhas que possuem um ângulo superior ao considerado na análise. Assim, diversos parâmetros de ‘entrada’ foram testados, resultando em novos totais de linhas de ‘*saída’*. Por fim, foram gerados os valores normalizados de *length* nestas linhas em cada mapa (tabela 28).

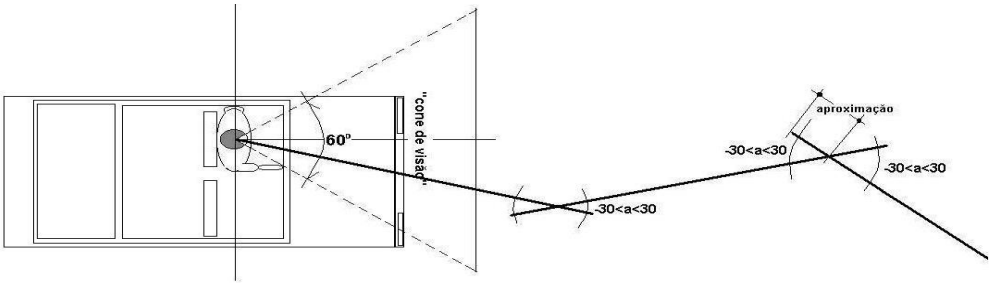


Figura 83. Variação angular/aproximação axial do motorista no “cone de visão”. Fonte: o autor

Tabela 28. Mapa Axial - Parâmetros das LC´s e Nº. de linhas axiais geradas
Fonte: o autor.

Angulação (graus), Aproximação (metros) – parâmetro de entrada	Número de linhas axiais processadas - saída
Sem Linhas de Continuidade	14407
5, 5	14140
5, 10	14120
15, 5	12928
15, 10	12834
35, 5	**11256**
35, 10	11105
60, 5	10297
60, 10	10233

Seguindo a metodologia de Medeiros (2004), o próximo passo foi a exportação dos dados para o Excel a fim de se determinar a melhor ***correlação*** entre os valores de *integração* e o *length*. Ao todo foram testados nove mapas da tabela 28 e o melhor valor de correlação encontrado foi para o mapa com 11.256 linhas, ‘35’ graus e “margem de aproximação” igual a ‘5’, o qual foi adotado para as próximas etapas (figura 84).

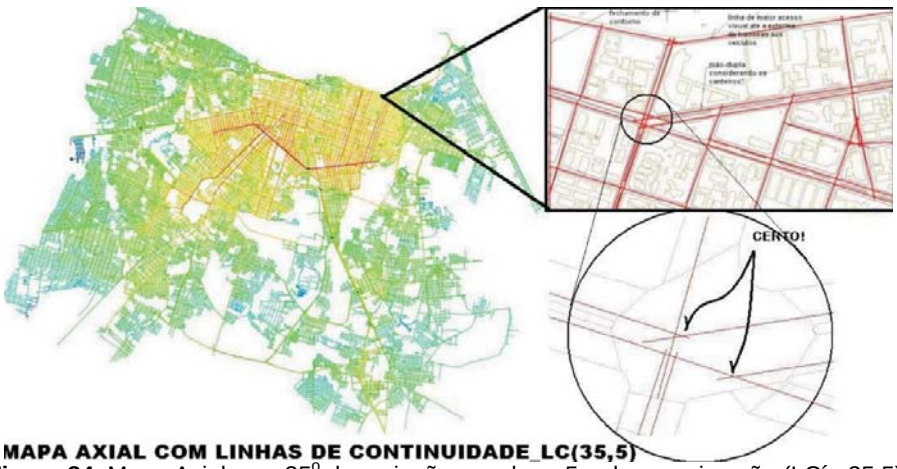


Figura 84. Mapa Axial com 35º de variação angular e 5m de aproximação (LC´s 35,5).

Fonte: Cavalcante *et al* (2007).

De posse deste mapa, partiu-se para tentar associar os valores *sintáticos* e de *fluxos*. De início, já se percebia um problema: a modelagem sintática era a representação em uma única linha de vários trechos ou *links* da mesma via na modelagem de fluxos. Ou seja, tinha-se uma repetição dos valores de integração para diferentes valores de fluxos. Ao mesmo tempo, o ambiente da interface gráfica do programa *Mindwalk 1.0* era ideal para uma rápida simulação das variáveis, bem como da titulação das vias, pois possibilita a inserção de novos atributos às vias[474]. Contudo, a medição dos valores sintáticos e a capacidade de aproximação visual do analista (comandos de *zoom in* e *out*) são deficientes. Partiu-se então para a conversão deste mapa (LC 35,5), para o ambiente do *software Depthmap*, originando novos IDs sintáticos neste mapa[475].

5.3.3 Georeferenciamento das variáveis e alocação dos volumes

De posse do mapa com a melhor correlação, partiu-se para o georeferenciamento. Utilizou-se para isto uma base SIG 'semente' que continha as contagens volumétricas reais de VMDs (volumes médios diários) de 400 cruzamentos controlados pelo sistema CTA-FOR, com dados referentes aos anos de 1993, 1997, 2000 e 2003. Inserindo o mapa LC (35,5) em formato '.dxf', dentro do *Depthmap,* converteu-se o anterior mapa axial em um novo mapa de segmentos axiais que foi inserido no *TransCAD*. Foram várias as tentativas de sobreposição das linhas axiais e os *links*. Não obtendo sucesso, optou-se por realizar uma identificação visual dos dados simultaneamente com os programas *TransCad* e *Depthmap* em execução de tela, procurando associar por zoom cada trecho que continha os valores sintáticos e de VMDs registrados[476]. Para tanto, foram seguidos os passos:

1. No *Transcad*, criou-se um "*field*" no "dataview" da base SIG chamado ID_AXIAL (neste mesmo dataview tínhamos todos os volumes de contagem volumétrica para as aproximações controladas pelo CTA);
2. Com os mapas do *Transcad* e do *Depthmap* em tela, foram identificados visualmente os *links* coincidentes e tabulados os seus valores em uma planilha Excel no "*field*" ID_AXIAL (figura 85).
3. Terminado o preenchimento do "field" ID_AXIAL, converteu-se o arquivo .xls em .dbf e efetuou-se a opção "Join Dataview" do *Transcad* que uniu os arquivos com

[474] Nome da via, por exemplo.
[475] A utilização do programa *Depthmap* se jutifica pelo fato de este fornecer os valores de integração mais rapidamente, além de uma melhor interface para se determinar o ID de cada *link*.
[476] (optou-se por usar o VMD de 2003.

este mesmo "*field*". Com isto, gerou-se um novo "dataview" por sua vez resultante da união dos dados sintáticos exportados do programa Depthmap com os valores das variáveis de integração do mapa anteriormente escolhido (35 graus, aproximação 5) e os dados de VMDs exportados do mapa do TransCAD.

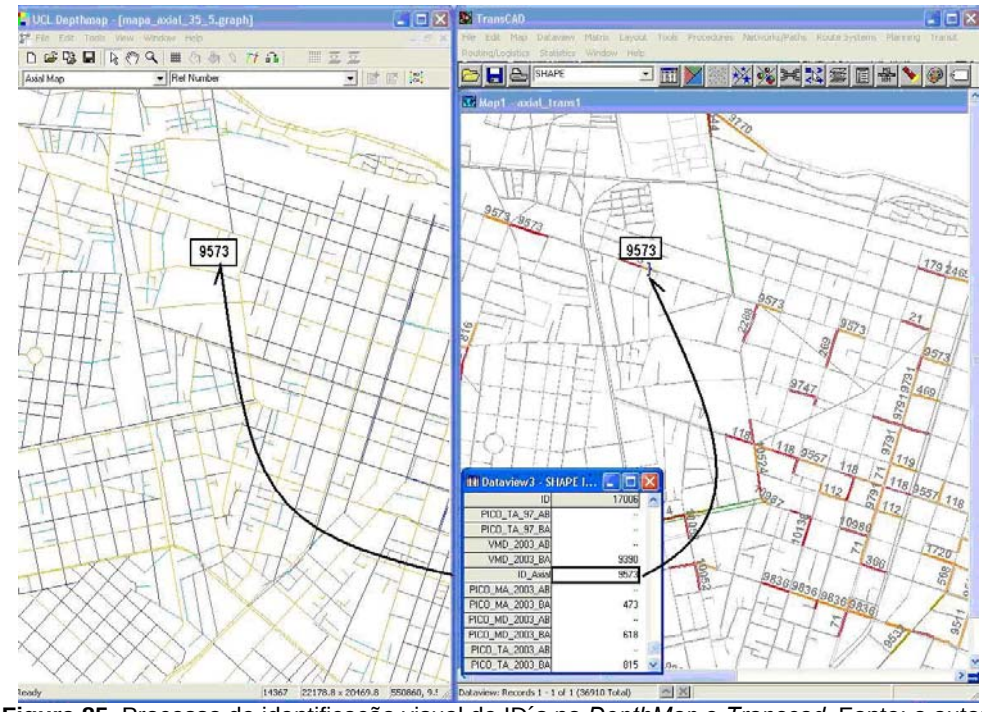


Figura 85. Processo de identificação visual de ID´s no *DepthMap* e *Transcad.* Fonte: o autor.

5.3.4 Correlações – Tráfego e SE

De posse de um arquivo *Dbase* (extensão .dbf), resultante da junção LC35,5 – VMD_2003, este foi convertido em arquivo do Excel (.xls) onde foram testadas as correlações entre: (1) Integração e VMD; (2) Integração e capacidade; (3) Integração e horário de pico, e; (4) Integração e a relação Volume/Capacidade. Com isso, chegou-se à conclusão de que apesar dos baixos valores (aproximadamente R^2 = de 0,20 a 0,30) a correlação V/C exprimia melhor a realidade. Mesmo assim, os valores de correlações encontrados foram muito aquém dos esperados. Então, as seguintes hipóteses foram levantadas:

1. O mapa axial era muito grande[477] quando comparado com estudos bibliográficos anteriores. As maiores análises encontradas nas referências eram da ordem de 5000 linhas axiais, quase 1/3 do mapa de Fortaleza;
2. A correlação entre a variável *integração* e os *volumes de tráfego* talvez não fizesse sentido, pois apesar de ambas serem quantitativas, a primeira é uma representação de *taxas de movimento por acessibilidade* da malha e a segunda com valores reais *absolutos*;

[477] Na época, os dados extrapolavam a dita área crítica de congestionamentos.

3. A necessidade de outras variáveis para se chegar a um valor ideal de correlação entre as ***variáveis sintáticas*** e as ***variáveis de tráfego***. Assim, confirmou-se a necessidade de se coletar o ***uso do solo*** para uma melhor representação explicativa da *saturação*[478] da malha viária;
4. Os dados coletados pelo CTA foram obtidos em cruzamentos, e não em trechos da via. Isto pode ter distorcido os valores reais de volume de tráfego e assim gerado correlações abaixo da expectativa.

Posto isto, as seguintes alternativas de investigação foram estabelecidas:

1. Reduzir o mapa axial para uma Àrea Crítica (de movimentos) tendo como base as melhores correlações entre o *length* (geometria) e os valores de *integração global* (topologia), utilizando-se o mapa axial das LC´s 35,5.
2. Partir para a avaliação de outras variáveis sintáticas que possam apresentar melhores valores quando analisados com os valores de tráfego;
3. Alocar volumes de tráfego por meio da modelagem da demanda de toda a malha. Assim, valores mais próximos da realidade podem ser utilizados, tornando o estudo mais consistente;
4. Coletar dados do uso do solo dos principais corredores inseridos no primeiro anel viário que viabilizassem a análise da relação entre: atratores (*uso do solo*) x configuração da malha (*SE*) x movimentos (*volumes de tráfego*).

5.3.5 Correlações – SE (geometria e topologia)

A expectativa da utilização do mapa reduzido da cidade de Fortaleza era de que este propiciaria resultados mais consistentes e valores mais elevados de correlação. Para esta redução ou ampliação gradativa dos mapas, seguiu-se um procedimento novo de seleção das linhas que foram processadas de maneira cumulativa, por faixas de cores, desde a camada de cor ‘10’ até ‘70’.

Para tanto, utilizou-se o comando ‘_.qselect’ de seleção por camadas (*layers*) por um *software* CAD[479]. Em seguida executou-se o procedimento semelhante ao de MEDEIROS, L. F. de (2004) dentro de dois *softwares:* o *Mindwalk* 1.0 e o *Depthmap* 6.08.

No primeiro, procurou-se encontrar as melhores correlações entre os comprimentos das linhas acumuladas (*line length*) e os valores da variável *integração Global (Rn)*. No

[478] Termo técnico para o fenômeno de *congestionamento.*
[479] No caso,o Autocad 2000 da Autodesk, cuja licença acadêmica está disponível na instituição onde o autor é docente;

segundo, replicou-se o processo, correlacionando as linhas acumuladas (*line length*) e os valores da variável *integração média (r-r)*.

Os mapas originados e suas respectivas correlações R estão dispostos em ordem crescente desde a camada 10 até a 70, para dois casos: o *Depthmap* e *Mindwalk* (exemplos nos anexos 16 e 17). Assim foi feito e o resumo gráfico deste processo está descrito nos gráficos das figuras 86, para o *Mindwalk* e figura 87 para o *DepthMap*.

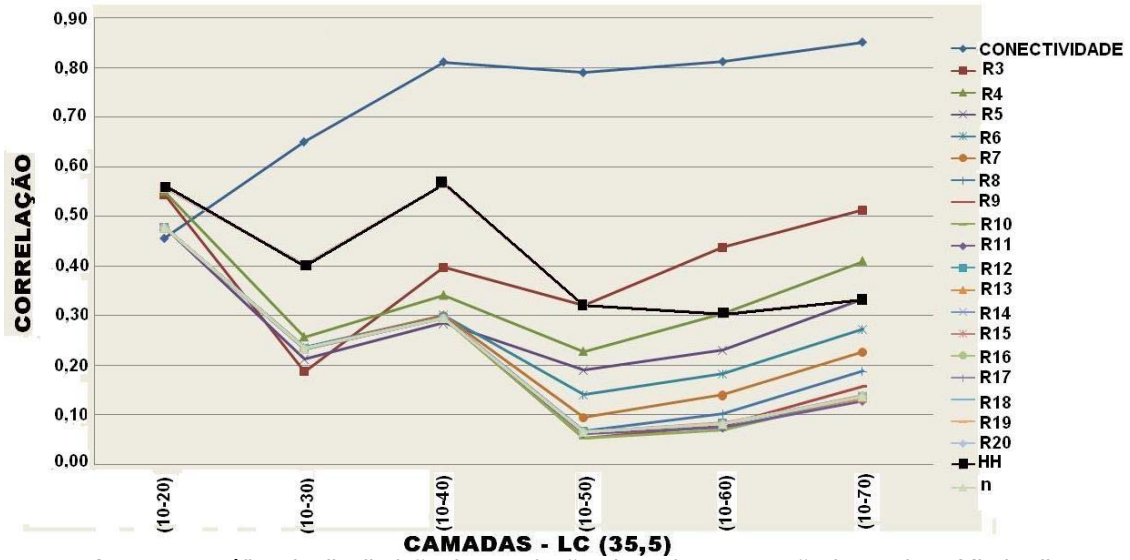


Figura 86. Gráfico da distribuição de correlações *Length* x Integração (R3-Rn) no *Mindwalk*. Camadas do Mapa LC (35,5). Fonte: o autor

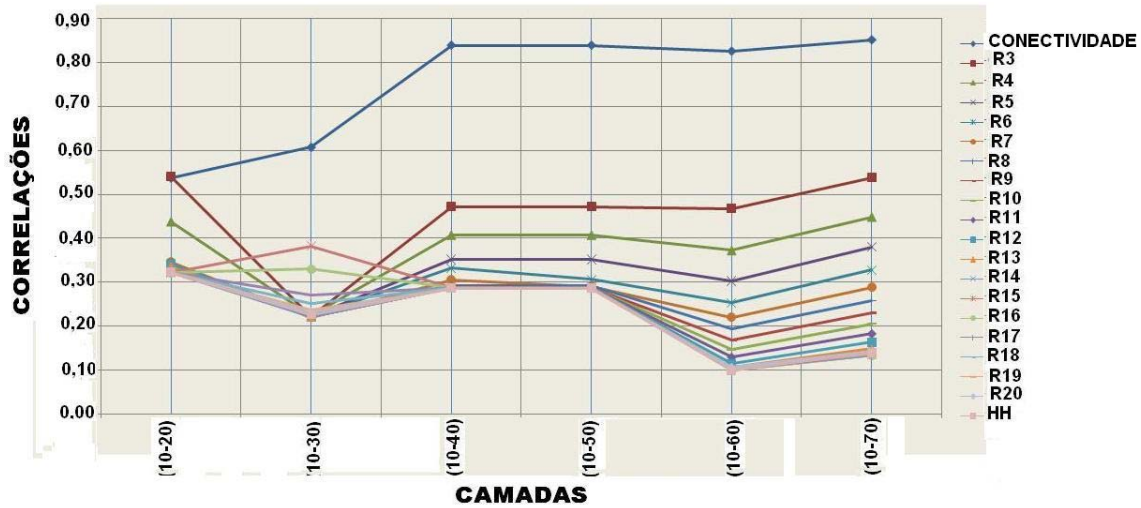


Figura 87. Gráfico da distribuição de correlações *Length* x Integração (R3-Rn) no *Depthmap*. Camadas do Mapa LC (35,5). Fonte: o autor

A comparação dos gráficos revela uma variação na geração das variáveis sintáticas de *integração*. Contudo, com exceção da *integração média*, o comportamento da variação da integração eleva-se à medida que também aumenta o número de vias amostradas. Ao considerar as camadas '10+20', percebe-se uma aproximação com a planta de 1962 em termos de *acessibilidade*. Este comportamento torna-se mais semelhante nas

inclinações entre as faixas de ’10-50’ a ’10-70’. Fato relatado anteriormente na ETAPA 00, nesta época a cidade teve um aumento de espaços viários, com um também aumento da profundidade e das mudanças de direção executadas pelos motoristas.

Viu-se nos mapas originados (anexos 16 e 17) que, à medida que as camadas são acumuladas, torna-se mais forte o núcleo histórico (1856) até o limite planejado de 1933 (Plano de Nestor de Figueiredo).

Isto revela o forte caráter de centro morfológico para o Raio ‘3’ em ambos os mapas[480]. Outra observação é que o mesmo mapa submetido a *softwares* diferentes revela resultados diferentes. Apesar desta diferença, pondo de lado a crítica sobre a confiabilidade no uso destes *softwares*, admite-se que seja possível testar medidas de ambos os mapas para caracterizar a AC na morfologia de Fortaleza e sua contribuição como *efeito primário* nos movimentos na malha.

Em função destas observações e dos resultados apresentados nas análises (anexo 18), decidiu-se por incluir mais uma camada, a de número ‘80’, processar o mapa com esta adição e, em seguida, optou-se por recortar uma área menor onde se verificava que quanto mais denso o mapa de camadas, melhoravam as correlações ***entre comprimento das linhas axiais da LC(35,5) e seus respectivos valores de integração Global,*** na área circunscrita às vias: a leste: Via Expressa, a oeste: Via férrea (REFFSA), vias ao sul: Avenida 13 de Maio e Avenida Pontes Vieira (figura 88a). Ou seja, isto denota o caráter altamente concentrador da malha em torno desta área, que em termos morfológicos, confirmam-na como a de maior probabilidade de disputa de espaço pelo fluxo veicular. Assim, esta é a Área Crítica (AC) do *efeito primário*. A esta área inicial (figura 88a) adicionou-se outra, considerada como potencialmente crítica em termos configuracionais (figura 88b).



Figura 88a – Camadas: 10-70



Figura 88b – Camadas: 10-80

Figura 88. Definição da AC – *efeito primário*.
Fonte: o autor.

[480] Mesmo sendo uma ‘variação metodológica’, este processo ratificou o método histórico da etapa 01

Isto se deu em função de discussões com os técnicos de gestão viária que a consideram como 'contensão de demanda', de movimentos e que ainda estavam para ocorrer[481]. Passo seguinte decidiu-se por testar as correlações feitas anteriormente considerando esta nova área também para outras variáveis sintáticas adicionais ao trabalho de Medeiros (2004). Assim foi feito para as variáveis: *Escolha, Escolha Normalizada, Entropia, Integração Global (HH), Integração Valor –P, Integração-Tek, Intensidade, profundidade Média, Contagem de 'Nós' e Entropia relativizada*, todas expostas no gráfico da figura 89.

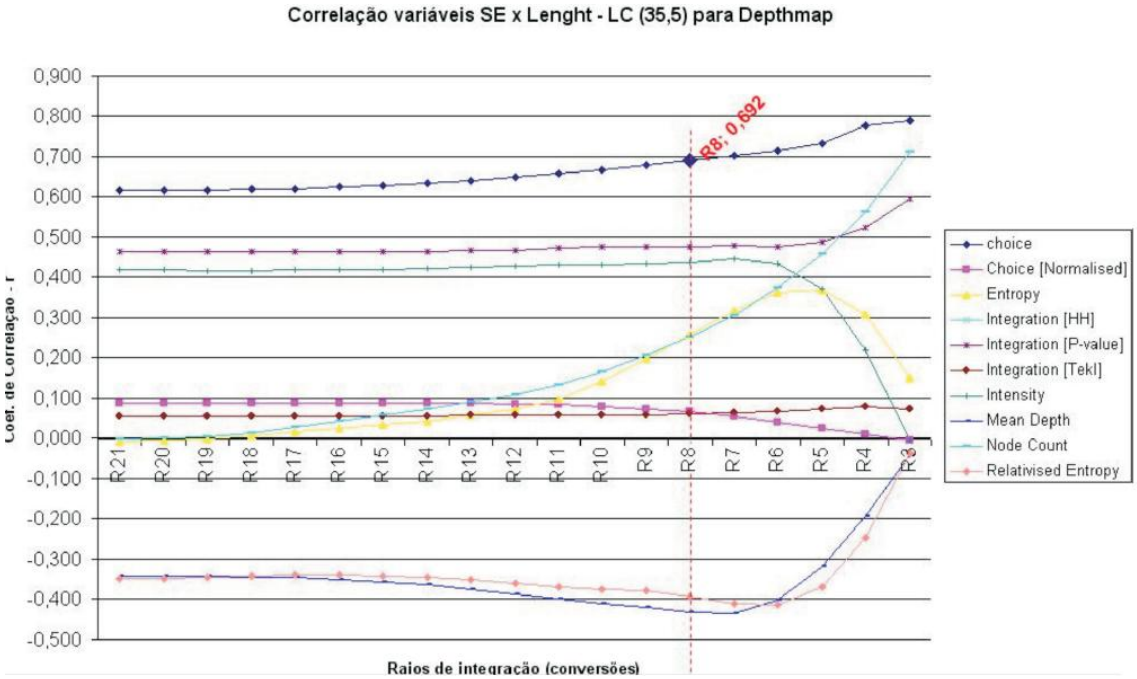


Figura 89. Gráfico resumo dos valores de correlações e medidas sintáticas por Raio de Integração. Fonte: CAVALCANTE *et al* (2007).

Assim foi feito e observou-se no Depthmap que "choice R3" (0,93) e "connectivity" (0,78) obtiveram melhores resultados entre as medidas sintáticas e a variável *length* (ver tabela do anexo 18). Observou-se que as variáveis "integração", "intensidade" e "entropia" não apresentaram resultados tão bons, porém, ao considerar raios veiculares (R acima de cinco conversões) detectou-se um valor de correlação bem melhor para raio R8, um número plausível correspondente para a variável *choice* (R^2 = 0, 692, figura 89). Isto reforçou a definição da AC cuja delimitação ajudou na compreensão dos limites morfológicos de atuação do *efeito primário* e da noção de que simultaneamente, nesta área, tanto a localização de atividades atratoras de viagens quanto o intenso tráfego acirram o surgimento de *congestionamentos*.

[481] O fato de ainda não ocorrerem devia-se a questões de conexão física impedida pela via férrea que contorna o limite sul da AC (figura 88a) aliada à existência de outras vias expressas que estavam por ser conectadas, com a a BR 116 e a Avenida Eduardo Girão, compondo o que se torna o primeiro Anel Viário de Fortaleza (figura 88b), idéia já apresentada nos planos diretores revisados anteriormente.

Conclusões – ETAPA 03

De acordo com as análises realizadas, percebe-se claramente a identificação tanto visual como quantitativa de uma área potencialmente utilizável por movimentos veiculares na realidade local (entre R5 e R8) e, portanto, identificável, do ponto de vista topológico, como o centro morfológico da acessibilidade veicular (*efeito primário*). Apesar da necessidade da aplicação de outras variáveis que expliquem com maior exatidão os fenômenos de *congestionamentos*, já se percebeu até este momento, por meio dos resultados parciais de correlação entre as variáveis sintáticas e de tráfego, uma *área crítica* ao movimento veicular. Esta AC é caracterizada pela comparação entre o mapa axial da AC (via *Mindwalk*) com ao mapa hierárquico oficial (mapa do *Transcad*) do Plano de 1996 (figura 90).

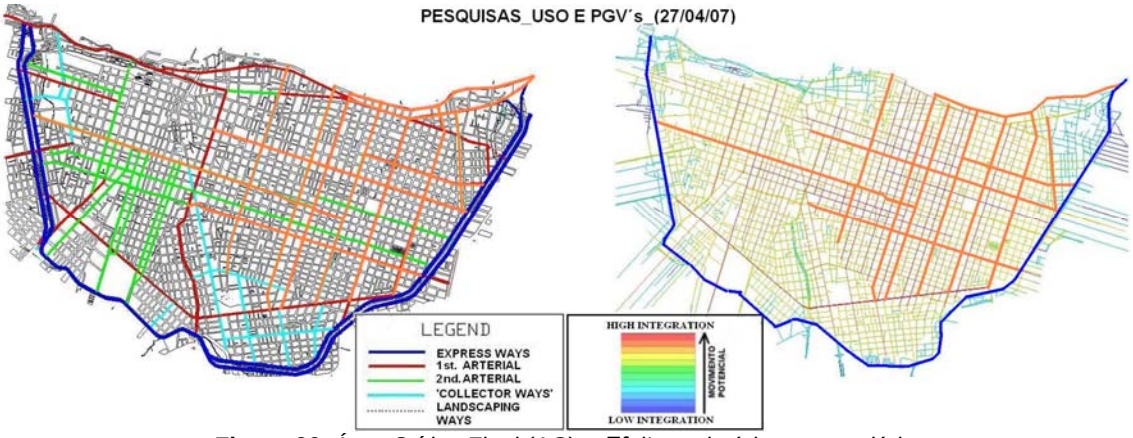


Figura 90. Área Crítica Final (AC) – *Efeitos primário e secundário*
Fonte: o autor

Sabe-se que a modelagem da realidade dos congestionamentos passa pela identificação de todas as variáveis que os definem. Para tanto, admite-se que a área mais densa em movimentos por influência da malha (variáveis sintáticas) coincide hierarquicamente com a área legalmente pré-definida pelo órgão de gestão de fluxos (variáveis de tráfego). Agreguem-se a estas variáveis, aquelas que caracterizam o uso do solo. Nas três situações, a AC é a área que contempla um número significativo de registros. Na AC, variáveis como *tipo*, *densidade* e *classificação* do uso do solo são mais evidentes e quantificáveis, como por exemplo, a inserção de grandes equipamentos atratores de viagens, os PGV´s, revisados no capítulo 3. Observou-se empiricamente que seus impactos aumentam o *efeito terciário* de movimentos, pois suas ocupações acabam por determinar co-presenças e vivências sociais, originando valorização/desvalorização urbano-arquitetônica de lugares e atividades.

Exemplo deste processo está em um dos tipos de transtornos de congestionamento, os famosos 'emparelhamentos'[482]. O seu estudo tem sido maior nos impactos de usos de serviços de educação, como escolas e universidades, pois sua ocorrência ocorre em momentos de grande fluxo a essas atividades. Embora seja importante, este *transtorno* tem sido detectado de forma isolada e em escala do lote ou bairros. Portanto, a composição dos três *atores*: *configuração* (sintaxe), *movimentos* (tráfego) e *atratores* (usos), sugere a investigação de uma *Equação de Saturação*, explicativa dos *congestionamentos,* podendo ser obtida por *via* ou *área*, a partir de uma sub-amostra da área crítica AC, com base na hipótese investigativa da figura 4, adaptada à figura 91 abaixo:

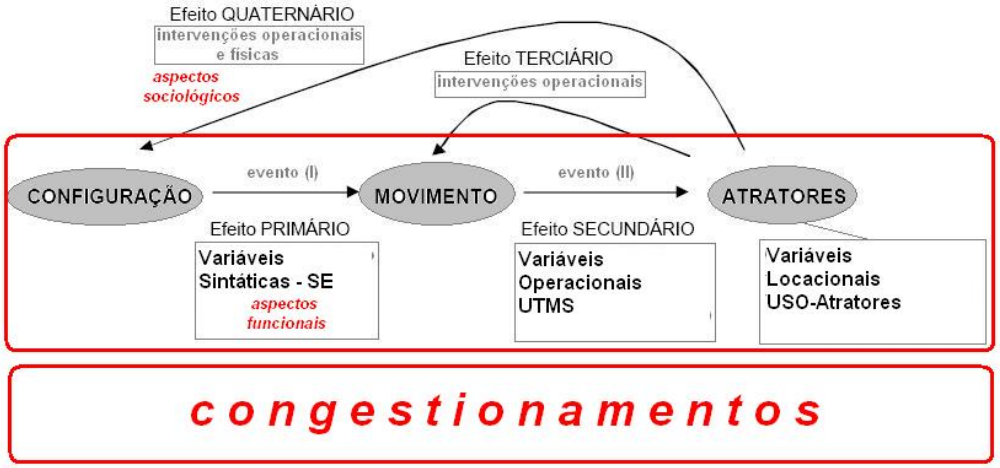


Figura 91. Atores e seus *Efeitos no Congestionamento*.
Fonte: o autor

Tradicionalmente, as simulações e modelos têm se detido em três[483] associações: ora a modelagem operacional (movimento e atratores), ora a configuracional (configuração e movimentos) e ora a locacional (movimento e atratores).

Na busca por uma ***análise sistêmica***, este trabalho contribui com a realização de uma modelagem composta: SE-TRÁFEGO-USO que viabilize a quantificação e qualificação do fluxo, nos aspectos: o *funcional e o socioespacial.* Neste trabalho são analisados os aspectos: *funcional* no efeito primário e *socioespacial* no efeito quaternário, precisamente nas escalas *micro*, *meso* e *macroscópica*.

Para atingir este objetivo, como um subproduto específico, sugere-se aqui uma atualização do modelo de simulação proposto no capítulo da metodologia e por CAVALCANTE *et al* (2007), em escala meso e microscópica (na AC e em suas vias),

[482] Substantivo do verbo *emparelhar*, que no jargão de tráfego, significa estacionar 'em paralelo' ou 'em *parelha*'. Ação típica dos motoristas que estacionam seus veículos, um ao lado do outro, tomando duas ou mais faixas de tráfego na mesma via.
[483] Respectivamente, estas relações ocorrem: no urbanismo, nos transportes e no planejamento urbano.

destes movimentos, denominado pela variável S, de '*saturação'*. A depender da modelagem das variáveis a serem investigadas, serão subprodutos resultantes da equação (16) (item 4.1.2) sugerida no capítulo da metodologia.

A título de esclarecimento, cabe lembrar que 'S' é uma variável qualitativa e percentual que indica uma das possíveis variáveis representativas do volume de tráfego. A princípio, opta-se pelo uso da relação V/C, ou volume veicular (observado ou alocado) dividido pela capacidade da via (estimada ou alocada). Contudo, outras variáveis também são testadas, como 'CAPACIDADE_AB', 'CAPACIDADE_BA', 'TOTAL_FLOW','TOTAL_FLOW_AB', 'TOTAL_FLOW_BA' e combinações destas.

Portanto, outras variáveis existentes na tabela do anexo 12 também podem ser testadas em combinações entre si, o que será exposto a seguir e na etapa de correlações. Embora estas conclusões tenham sido evidentes, outras indagações surgidas também importantes merecem destaque, pois resultaram em mudanças de estratégia de investigação, a saber:

1) O uso de uma amostra viária, denominada área crítica não estaria 'encobrindo' uma modelagem 'equivocada' dos fluxos globais, visto que não consideravam todos eles 'através' da AC?
2) Para a obtenção de uma equação representativa dos congestionamentos, apenas para a AC, não seria necessário extrair uma amostra de uma modelagem que utilizasse toda a malha, tanto para aspectos operacionais (UTMS) quanto configuracionais (SE)?
3) Na tentativa de se conseguir esta equação (por via ou AC) ter-se-ia tempo para levantar, tabular, processar e associar as variáveis de uso do solo às do item 2?
4) Caso tendo-se êxito, como fazer a posterior associação de ID´s de maneira mais rápida, evitando incorrer nos erros de escala encontrados na sub-etapa 5.3.3?

Em função das respostas cogitadas, decidiu-se pela elaboração de uma **Modelagem Sistêmica**, que envolvesse as três áreas, TRÁFEGO, SE e USO e, em paralelo, buscou-se resolver o problema da associação de ID´s destas áreas para um mesmo registro por *link* de quadra. O processo realizado é apresentado a seguir.

5.4 ETAPA 04. Modelagem Sistêmica

5.4.1 Modelagem de Tráfego - UTMS

Inicialmente requisitou-se à AMC e seu grupo de planejamento de tráfego[484] a base de dados de tráfego devidamente atualizada e calibrada. Muito embora esta alocação seja realizada periodicamente por ocasião da tabulação de novos *links* (vias) na malha antiga ou 'semente', apenas as variáveis observadas em contagens e outras

estimadas pelos técnicos da AMC puderam ser utilizadas para as correlações com as outras variáveis da pesquisa, as da SE e as do 'Uso do Solo'.

No caso da base 'shape'[485], contém estas variáveis estimadas e observadas, constantes do anexo 12. Vê-se na figura 92 que parte das linhas desta base 'shape' se estende após os limites do município na direção noroeste, ao município de Caucaia. Estas linhas, ou *links* de tráfego, são também conhecidas pela comunidade sintática[486] como '*Road Center Lines'*, ou RCL´s[487] (Turner, 2007).

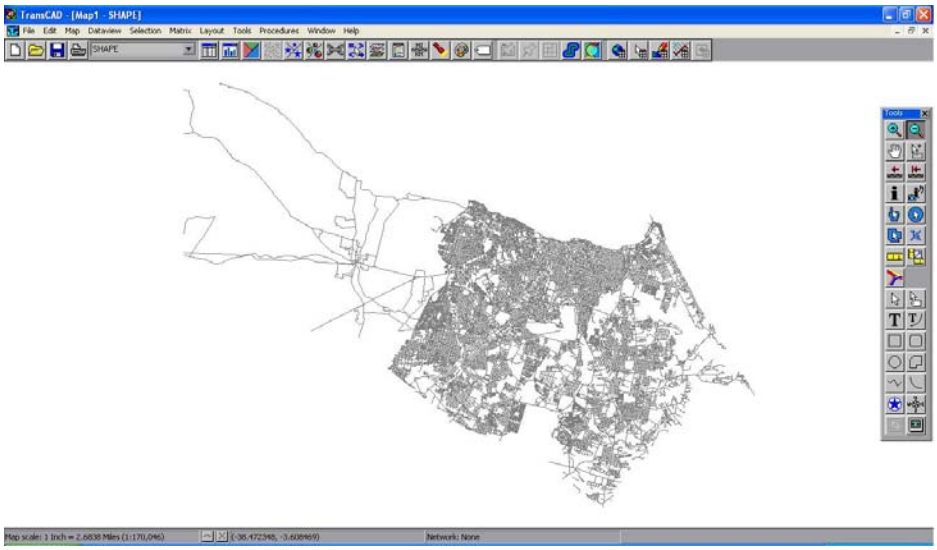


Figura 92. Base 'semente' logradouros.dbd inserida no TransCAD.
Fonte: AMC (2005).

Na tentativa de calcular os fluxos estimados em vias não incluídas pelas contagens em tempo real, esta base 'semente' foi submetida a diversas modelagens de fluxos que buscaram utilizar os 960 pontos de contagem do sistema CTA-For e, por meio dos algoritmos UTMS expostos no terceiro capítulo[488], expandiram os seus valores para todas as vias da malha, resultando em aproximadamente 36.000 registros.

Neste processo, bastante detalhado no trabalho de Viana *et al* (2007), obteve-se novamente o melhor resultado com a modelagem do tipo SUE, *Stochastic User Equilibrium*, cujos valores de α e β da fórmula BPR (equação 15) para esta alocação de tráfego foram testados com base em referências bibliográficas no assunto[489]. Com a modelagem SUE, chegou-se a um novo mapa de alocação, denominado por 'shape', BASE_SUE, ou 'logradouro.dbd', mas que não era mais o arquivo 'semente',

[485] Também conhecida na AMC por base 'logradouros.dbd'
[486] Space Syntax Mailbase e os Simpósios Internacionais (http://spacesyntax.org);
[487] Similares em outra nomenclatura, as *Tiger Lines* da América do Norte e as *Ordnance Survey* britânicas. Foram detalhadas no segundo capítulo.
[488] 'Tudo-ou-nada', estocástico, não-estocástico, etc, disponíveis no programa *TransCAD*.
[489] O cálculo e aplicação da fórmula BPR são detalhadamente expostos no capítulo terceiro deste trabalho em '*Validação da alocação'*. Em resumo, os coeficientes alfa e beta definem o 'grau' de volume veicular e atrasos dentro da rede de simulação (REDE MODE). Para a simulação de melhores valores de correlação entre a fórmula e dados de tráfego reais.

mas sim o 'modelado' (fluxos na cor vermelha da figura 93). Tomando-se o valor de R^2 = 0,65, pode-se afirmar que os fluxos modelados (expandidos) representam 65% dos fluxos reais na cidade[490] projetados para datas futuras.

Cabe lembrar que na modelagem expandida, a nova rede-mode, ou 'rede modelada' de *links* considera os sentidos das vias e os volumes de veículos como restrições ou impedâncias aos próprios movimentos. Apesar dos dados serem significativos, este modelo abstrato, revela apenas aspectos puramente operacionais nas vias arteriais e coletoras, como criticado no capítulo 3, desconsiderando a ocorrência nas vias locais. Some-se a este fato que esta mesma rede também não leva devidamente em consideração o tipo e densidade de *atividades atratoras de tráfego*.

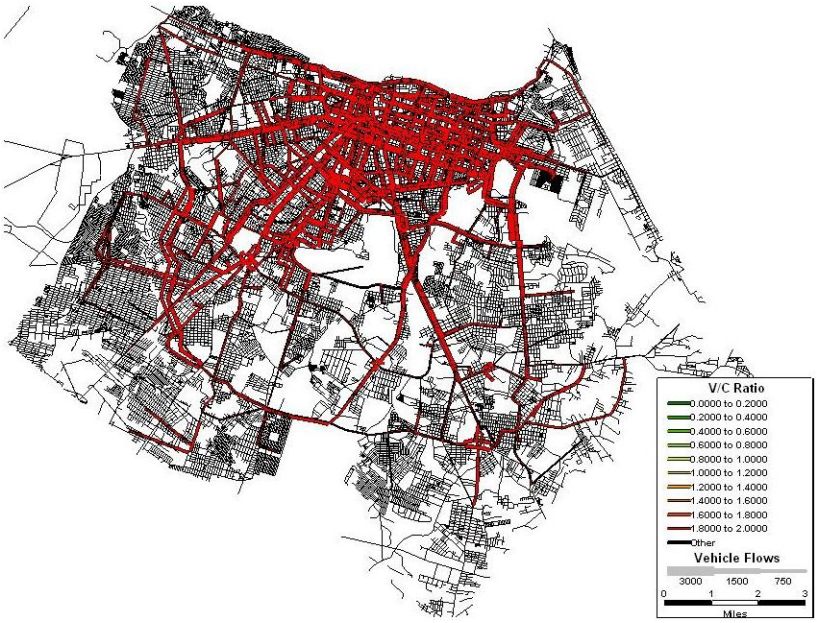


Figura 93. Base shape-SUE modelada.
Fonte: Viana *et al* (2007).

Assim, apenas para a futura composição de uma base sistêmica única, foram re-elaborados três mapas de simulação de tráfego:

1) Base VMDs: de contagens volumétricas de tráfego nos 400 semáforos, totalizando na época 960 postos de coleta on-line do sistema CTAFor;
2) Base semente: construída em parceria DET/UFC-ETTUSA e posteriormente atualizada pela AMC-ETUFOR
3) Base SUE obtida com a Base semente e dados de contagens de tráfego medidas em campo nos anos de 1997 e 2003, além da matriz O-D (1999) do Projeto Metrofor[491].

[490] Verifica-se, na figura 5.65, que as faixas de cores da legenda revelam fluxos acima de 2.000 veículos por hora/pico estando as linhas na cor vermelha mais evidenciadas no mapa. Cabe lembrar que este tipo de modelagem utilizou parâmetros da formula BPR para uma realidade canadense (tabela 28) com os valores de calibração de α e β.

[491] Além destes fatores, Viana relata a adição de novas vias nesta modelagem que foram incluídas em função dos resultados da modelagem sintática em CAVALCANTE *et al* (2007). Cabe lembrar que Esta base sofreu calibrações e validações com o uso da fórmula BPR apresentada na equação (1);

Em função dos resultados obtidos, na etapa de correções do item anterior, percebeu-se que a correlação baixa entre variáveis sintáticas e de tráfego se dava em virtude da 'não explicação direta' de *causa* e *efeito* entre as duas. Este efeito se dava de forma indireta em considerar outras variáveis, que pudessem explicar melhor os fluxos conjuntamente com a sintaxe, criando um novo flanco de investigação. Esta intenção confirmou a mudança de estratégia entre o uso isolado *sintaxe-tráfego* para uma investigação entre *sintaxe-tráfego-usos*, o que resultou em uma nova tarefa: coletar dados de uso do solo das principais vias congestionadas de Fortaleza.

Esta estratégia coincidiu com o interesse da gestão de tráfego local, por ocasião de grandes demandas na resolução dos problemas apresentados pela mídia e pelo setor acadêmico. Com isso, obteve-se apoio operacional na captura de dados de uso do solo e, neste sentido, adicionaram-se informações de uso do solo que explicassem de maneira direta ou potencial os *congestionamentos*.

Para tanto, em reunião com o órgão gestor e seus técnicos, decidiu-se pela coleta de variáveis que caracterizassem os *transtornos de tráfego*, incluindo os *congestionamentos em si* em uma amostra menor de 68 vias *arteriais* e *coletoras* do sistema viário principal e secundário, dentro da AC. Estas vias mais 'saturadas' estão representadas na figura 90 (lado esquerdo) nas cores: azul escuro, vermelho, verde e azul-claro, respectivamente: expressas, arteriais 1, arteriais 2, e coletoras.

Em paralelo a esta estratégia, outra foi adotada, a de um pedido dos dados (georeferenciados ou não) contendo todo o uso do solo de Fortaleza, encaminhado à Secretaria Municipal de Planejamento. Após 06 (seis) meses de tentativas, por motivos de operacionalização e de tramites burocráticos, estes valores não foram disponibilizados para pesquisa. Em virtude disto, apresenta-se, a seguir, as sub-etapas do levantamento de campo dos dados na sub-amostra da AC. Apresenta-se a seguir, os passos que concluíram esta meta.

5.4.2 Modelagem de Uso do Solo (AC) - *atratores*

A primeira tarefa para atingir esta modelagem foi uma reunião com os técnicos da AMC para definir os atributos a serem coletados em formulário de campo[492]. Dois grupos de registros foram definidos. Primeiro, as informações sobre os usos do solo: localização, porte e classificação de acordo com a LUOS vigente. O segundo grupo de

[492] Encontra-se disponível do anexo 20 deste trabalho.

informações diz respeito aos *transtornos de congestionamentos* por lote. Ou seja, obter por lote quais transtornos que originam ou podem potencialmente originar congestionamentos. Estes *transtornos* (tabela 29) foram codificados e categorizados analiticamente, segundo associações de sua *mobilidade* e *acessibilidade*.

A classificação foi composta em um formulário de coleta que levou consigo uma hierarquia funcional dos *atratores* por 16 (dezesseis) 'grupos de uso' (atividades)[493] mais significativos extraídos do anexo 20. São eles:

1) Comércio Varejista – ……CV
2) Comércio Atacadista – ……..CA
3) Comércio Atacadista e Depósitos – ……CAD
4) Inflamáveis – ……..INF
5) Comércio e Serviços Múltiplos – …….CSM
6) Hospedagem – ……H
7) Prestação de Serviços – ……PS
8) Serviços de Alimentação e Lazer – …….SAL
9) Serviço Pessoal – ……..SP
10) Serviços de Oficina e Especiais – …….SOE
11) Educação – ……SE
12) Saúde – ……SS
13) Serviços Bancários e Afins – ……SB
14) Equipamentos de Cultura e Lazer – ……ECL
15) Equipamentos de Atividade Religiosa – .EAR
16) Outro PGV – ……PGV (descrever)

Tabela 29. Atributos de 'transtornos funcionais' - 68 vias da AC. Fonte: o autor

Código	Título do código	Descrição	Acessibilidade (ao lote)	Acessibilidade (na via)
00	Nenhum	Quando nada ocorre ou não existe indício de ocorrência	Total	Total
01	Estacionamento_recuo de lote	O estacionamento no lote por recuo ou tipo 'curral', origina ou pode originar congestionamento	Muito reduzida	Reduzida
02	Estacionamento_via	O estacionamento na via em frente ao lote origina ou pode originar congestionamento	Muito reduzida	Muito reduzida
03	Fila dupla[494]	Estacionamento em fila dupla, ocasionando congestionamento (no entorno de *atratores*)	Bastante reduzida	Bastante reduzida
04	Carga e descarga	Congestionamento ocasionado por estacionamento de carga e descarga de produtos em vias de grande fluxo	Reduzida	Reduzida
05	Conflitos com outro PGV	Impacto de acessibilidade 'entre' atratores	Reduzida	Reduzida
06	Risco de acidentes	Quando detectados acidentes ou alguma situação que origine acidentes e congestionamentos	Potencialmente reduzida	Potencialmente reduzida
07	Congestionamentos	Ocorrência de congestionamentos, sem motivo aparente no lote, em momentos críticos	Reduzida	Reduzida

A estas classificações aliou-se outro levantamento, a representação gráfica (pontos escuros e claros, anexo 20) da quantidade e posicionamento de veículos estacionados por lote (atividade), em duas situações. A primeira, 'em frente ao lote'; e a segunda 'dentro do lote', caracterizando-os respectivamente pelos atributos: ESTACVIA e ESTACLOTE.

[493] Grupos de uso pré-definidos em função da revisão de Giffoni, no capítulo 3.
[494] Ou *emparelhamentos*.

Estes atributos contribuíram para a caracterização da ocupação veicular 'por lote' e para prever limites de acessibilidade aos usos, evidenciando uma análise micro da urbanidade por trechos da via. Para exemplificar, mesmo sabendo-se que um determinado veículo esteja estacionado em frente a uma determinada atividade e que seu condutor talvez tenha ido ao lote vizinho, a captura de veículos estacionados é determinante na verificação da disponibilidade de espaços e proximidades que viabilizem a permanência nas imediações[495].

Ou seja, ao sair do seu veículo, o 'condutor' torna-se 'pedestre' e assume outra influência no seu caminhamento que passa a ser determinado pela malha viária, mas em uma escala menor. Literalmente, a *acessibilidade* 'muda' e existe um 'limite físico' (geometria viária) para se caracterizar a co-presença, ou seja, a probabilidade de encontros e/ou convivências de pessoas em determinadas areas. Assim, fatalmente algumas atividades disporão de mais ou menos veículos acumulados por lote de maneira externa ou interna.

Na primeira situação, a probabilidade do condutor-pedestre usufruir sua co-presença na atividade em que estacionou o veículo dentro do lote é maior que aquele que localizou seu veículo em frente ao lote. Ao mesmo tempo, a quantidade de veículos em cada situação denuncia a probabilidade de ocupação de condutores-pedestres por atividade e grupos de uso viabilizando a identificação de quais usos impactam mais a urbanidade, a mobilidade e a acessibilidade.

Realizada a pesquisa o resumo das vias da sub-amostra da AC está no anexo 19. Esta amostra menor é composta simultaneamente, pelas vias oficiais e das que também foram identificadas como as 'mais acessadas', no mapa sintático (figura 100), para a variável *integração global.*

As pesquisas se iniciaram em janeiro de 2007 e as etapas de campo, que também é uma contribuição metodológica deste trabalho[496], foram finalizadas até setembro de 2007[497]. Em paralelo, por restrição de recursos, iniciou-se em abril de 2007 a tabulação dos dados já em ambiente SIG, os quais foram totalmente finalizados em abril de 2008[498].

---

[495] Objeto de pesquisa microscópica futura, estes espaços podem ser identificados por estes atributos na amostra das 68 ruas da AC e seus registros podem ser confrontados com IDH, índice de Gini em Setores censitários, ou por bairro.

[496] Foi realizada em parceria com a AMC, que disponibilizou 06 (seis) pesquisadores de campo que trabalharam de forma seqüencial durante os meses de pesquisa.

[497] No período de 08/04 a 08/07/2007 o autor foi acometido de problemas de saúde, o que resultou em um atraso dos levantamentos de campo.

[498] Devido a responsabilidade da parte textual da tese, o autor contratou com recursos próprios um digitador que foi treinado para operar o *TransCAD*. Os horários de tabulação foram quase que 95% feitos por Vagner Teixeira Camurça, amigo e aluno de Gestão Empresarial da Universidade Vale do Acaraú. Alguma ajuda neste processo foi

Os horários e localização dos pesquisadores foram testados em um a pesquisa piloto anterior à elaboração do formulário final (anexo 20). Partiu-se da premissa que os congestionamentos ocorriam em maior freqüência nos horários de pico entre as 06:30 e 08:00, entre 11:30 e 13:00 e entre 17:30 e 19:00h. Como os horários oferecidos pela AMC foram entre 08:00 e 12:00, julgou-se que este seria representativo, pois pela manhã não somente os fluxos de casa-trabalho-casa seriam observados mas também que a vivência (urbanidade) das pessoas na AC era maior e supostamente 'declinava' após as 17:00. Ou seja, todos os *efeitos* descritos na figura 91 estariam presentes nos transtornos citados na tabela 29.

O método de coleta

Para cobrir um *link*[499], foi preciso agilidade dos pesquisadores que foram orientados a trabalhar em duplas. Um deles coletava as informações do uso do solo (*atratores*) e outro os *transtornos* e a *quantidade* e *posicionamentos* de veículos por lote. O tempo médio por *link* era de 10 a 30 minutos e a quantidade média de lotes por *link* estava entre 20 e 40. Verificou-se que os lotes pequenos, com 'testada' (frente) inferior a cinco metros foram os mais freqüentes na área central e centro antigo da AC. Lotes com testada entre 12 e 20 metros são mais freqüentes nos bairros da zona nordeste da AC (Aldeota, Meireles). Lotes maiores, com características residenciais foram detectados no setor sudeste e sul.

Devido a esta irregularidade, os lotes de várias ruas tiveram seu tempo de coleta estendido em mais de um dia, porém a retomada ocorria a partir do último horário feito anteriormente, para respeitar a continuidade dos padrões de mobilidade e acessibilidade de cada *link*. Na época, o levantamento acompanhava em paralelo às modelagens sintáticas da AC (figura 94). Em função disto, duas áreas foram pesquisadas, originando duas bases SIG-SS. Ao final, a soma das bases (1 e 2) totalizou 74.164 edificações, em que foram coletadas 12.150 unidades com registros de: uso do solo, transtornos e quantidade de veículos estacionados. O resumo está na tabela 30 abaixo:

Tabela 30. Coleta de dados da AC – Uso do Solo
Fonte: o autor.

indice	Base Edificações	Registros Coletados	Registros Coletados (%)	Registros totais	Registros totais(%)
Base.1	Areas.dbd	10.729	88,31 %	58.657	67,95 %
Base.2	AD01V12.dbd	1.421	11,69 %	15.507	32,04 %
Totais>	Área Crítica (AC)	12.150	100 %	74.164	100 %

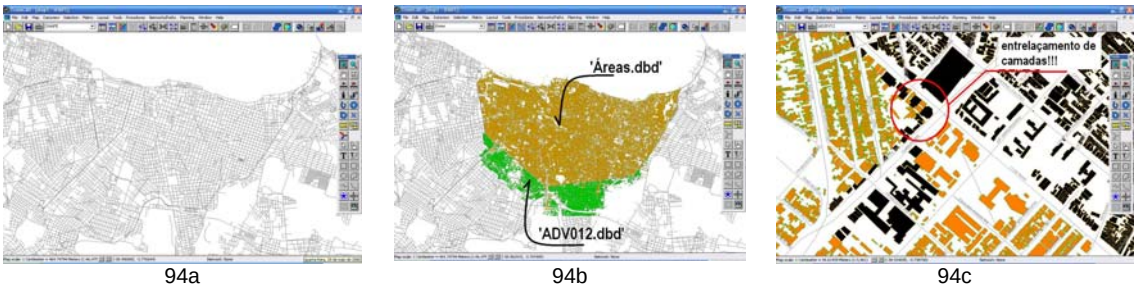
desempenhada por Wagner Jales, aluno do mestrado em Engenharia de Transportes, o PETRAN, da UFC, que devido ao seu envolvimento na sua dissertação sob co-orientação do autor deste trabalho, foi comprometida. Atualmente, os 10% restantes da tabulação estão sendo feitos por cortesia da irmã do autor.

[499] Neste trabalho, *link,* quarteirão, ou trecho sintático, significa a mesma coisa.

O método de tabulação

O processo de tabulação dos dados dos formulários ocorreu diretamente no ambiente SIG-T. Este processo foi lento e minucioso, com verificações *in loco* de dúvidas sobre classificação de atividades, recuos e horários mais representativos para as pesquisas. Este processo foi iniciado em abril e finalizado em agosto de 2007, com alguns ajustes em setembro do mesmo ano.

A forma de tabulação dos dados das duas bases pesquisadas no SIG-T *Transcad* seguiu uma lógica específica. Em seguida a inserção da modelagem dos fluxos: camada 'SUE_VOC', cor cinza na figura 94a, descrita no item anterior, adicionou-se uma camada (*layer*) de informações do uso do solo, nas cores: marrom e verde na figura 94b. Por terem sido executadas em momentos diferentes, os encontros destas bases originaram entrelaçamentos (figura 94c) que necessitaram de ajustes dos contornos edificados.



94a
Logradouros.dbd

94b
Logradouros.dbd + Areas e ADV012.dbd

94c
'entrelaçamentos'

Figura 94. Camadas: 'Areas e ADV012' da AC adicionadas à base 'shape'. Fonte: autor.

Realizada a modelagem de uso do solo, para uma análise macroscópica da AC, foram adicionadas outras camadas ao arquivo 'BASE_SIGSS. map'[500] com o posicionamento já georeferenciado dos principais *atratores* de tráfego cedidos ETUFOR (Empresa de Transportes Urbano de Fortaleza S/A)[501] contendo: Terminais de Integração, Zoneamento, Pólos de atração, Shoppings, Escolas estaduais, Escolas Federais, Escolas municipais, Equipamentos de Turismo, Bibliotecas, Bombeiros, Cemitérios, Conselhos tutelares, Distritos policiais, Equipamentos de saúde, Teatros e Regiões Administrativas.

Além destas informações, outras também importantes foram adicionadas: Bairros, Centróides de bairros, Zonas de tráfego, Mobiliário Urbano (pontos de parada de ônibus, praças, etc), Semáforos, Secretarias Executivas Regionais, Setores censitários e Microzoneamento urbano.

[500] Nome dado à base sistêmica, com extensão '.map', originada pelo Transcad.
[501] Agradeço a ETTUFOR pela cessão dos dados. Site: http://www.etufor.ce.gov.br/ (último acesso: 28/05/2008);

Todas estas informações, compiladas como camadas-arquivos (extensão '.dbd') compuseram a modelagem do uso do solo da cidade e o cenário de inserção da Área Crítica (AC), resultando na figura 95.

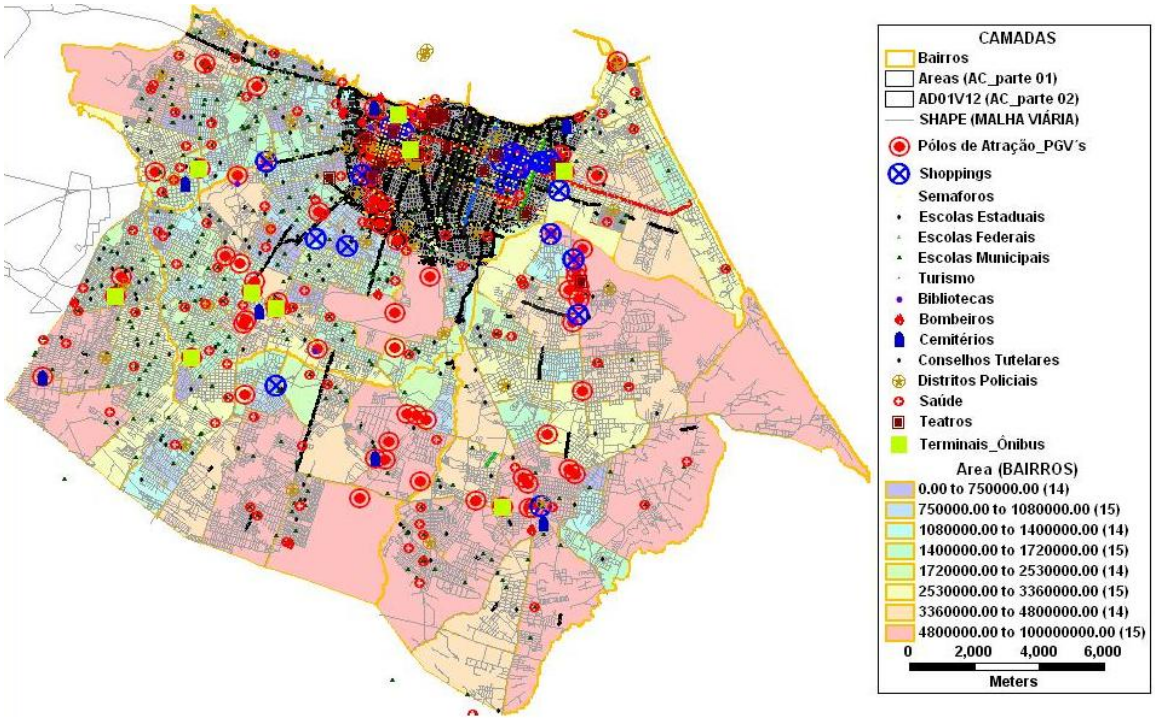


Figura 95. Modelagem do Uso do Solo – Fortaleza e AC.
Fonte: o autor.

Análise Macroscópica

Observa-se, na figura 95, uma grande concentração de *atratores* (Pólos de Atração – PGV´s, pontos na cor vermelha da legenda) na área escura, denominada AC (área crítica). Percebe-se, claramente, uma concentração de pontos na cor azul, no caso, os *Shoppings Centers* dos bairros da Aldeota e Meireles.

Além destes, verifica-se uma acúmulo de *atratores* (PGV´s e outras funções urbanas) mais na área oeste da cidade, revelando uma grande concentração de pessoas e movimentos a estas atividades. Outros grandes *atratores* existentes (cor pistache) são os Terminais de Integração de transporte por ônibus. Verifica-se que, dos nove existentes, três estão dentro da AC e dois destes se encontram do lado oeste.

Conclui-se que a demanda de origem dos movimentos é maior advinda do lado oeste da cidade, visto ser esta de maior ocupação, população e de menor poder aquisitivo (figuras 8 e 9). Esta área também apresenta uma quantidade maior de atividades como escolas, postos de saúde, Pólos Geradores, e quatro terminais de integração

por ônibus que estão posicionados no setor sudoeste. Sabe-se que esta área está também caracterizada por uma malha bastante descontínua e de curtas distâncias entre quadras e extremamente recortada[502].

Ao comparar o IDH-médio por bairro com a figura 11 e a base modelada de uso do solo (figura 95), conclui-se que os processos de planejamento apresentados na ETAPA '00' favoreceram as classes de melhor IDH 'dentro' da AC (área escura). Em termos sociológicos, as classes sociais mais favorecidas definiram uma tendência de especificação de atividades (serviços elitizados) nos bairros de Aldeota, Meireles, Mucuripe e Varjota, estando os bairros de Cocó e Guararapes (Água Fria) externos à AC. Estes últimos já indicam o caminhamento das centralidades detalhadas no capítulo 1, indicando uma segregação social em curso para o lado leste e sudeste.

Isto caracteriza uma importante conclusão: em escala *macroscópica*, identifica-se uma clivagem de poder, do que é planejado e priorizado em termos de gestão urbana, para as duas Fortalezas. A primeira, do lado oeste com seu expoente de urbanidade no Centro da Maioria (centro antigo) e a segunda cidade do lado leste (residencial, figura 95) com seu centro financeiro identificado pela área azul, ou Centro da Minoria concentração de *shopping centers*, envolto em áreas de reserva ambiental ou residenciais de alta taxa de ocupação (T.O.) e índices de aproveitamento (I.A.).

Identifica-se, portanto um melhor nível de *acessibilidade* a esta segunda cidade, elitizada e rica, cujos processos de produção do *espaço de circulação* segregaram a primeira, pobre e recortada pela malha. Ou seja, uma cidade melhor atendida em termos de planejamento do que a outra.

Esta relação dialética *'forma da malha – sociedade'* torna-se mais evidente na escala *macroscópica*. Contudo ao mergulhar na AC, em uma análise *mesoscópica* nos usos notam-se também evidências mais localizadas deste processo global. Em uma aproximação desta área, vêem-se informações coletadas em campo que auxiliam na confirmação de níveis diferentes de *acessibilidade* da malha (global) e a lugares (local).

Análise Mesoscópica

A extensa pesquisa de campo realizada na AC revelou especificidades nos tipos de *transtornos* de congestionamentos *versus* as *conexões* das vias além de uma

[502] Segundo o jargão sintático, bastante 'profunda' vide Cavalcante & Veloso, (2005).

repetição, em menor escala, da estrutura econômico-social vigente, tudo detectado pelos mapas dos anexos 21 a 31.

1) Grande concentração de *atratores* (Pólos de Atração, shoppings, escolas – anexo 22) no setor oeste/sudoeste

   Verifica-se que na escala da AC, o lado oeste e sudoeste também concentram grande número de serviços urbanos (escolas municipais, estaduais, postos de saúde, etc) mas de maneira dispersa e aleatória, acompanhando a *forma-espaço* de circulação. Outro importante fator relativo à motivação dos fluxos é a concentração de 2 (dois) terminais de ônibus nesta região, denotando onde se destina a grande demanda de viagens advinda do lado oeste da cidade.

2) Concentração intensa de *atratores* (Pólos de Atração, shoppings) - AC:

   A área circulada no anexo 24 representa o caráter concentrador de movimentos veiculares na cidade por receber um grande fluxo oriundo do *efeito primário*. Percebe-se nos anexos 23 e 24 que as vias na cor preta concentram as maiores *conectividades* da malha inteira do lado centro-leste da AC (bairro da Aldeota). Ao mesmo tempo, o grupo de *Shoppings* e Pólos de Atração (pontos em azul e vermelho) situam-se nesta área que concentra seu núcleo no cruzamento das avenidas Santos Dumont e Desembargador Moreira (anexos 25 a 28).

   A superposição dos *atratores* com o mapa de conectividade angular ASA (anexo 24) revela uma forte concentração de atividades nesta área, caracterizada por uma alta *urbanidade*, associada a intervenções operacionais como semáforos (pontos na cor azul claro). Esta superposição confirma que os *atratores* estão realmente localizados em uma região de intensa ocorrência de todos os *efeitos* relatados na figura 4 (introdução) e figura 101 (deste capítulo).

3) Classificação de *atratores* (Pólos de Atração, atividades na AC):

   Observa-se nas figuras dos anexos que também existe forte correlação visual entre a localização/tipo de atividades (*atratores*) e os transtornos de congestionamentos (*atributos*), a exemplo do anexo 25, para as atividades do Grupo de Uso CSM (Comércio e Serviços Múltiplos), PS (Prestadores de Serviços) e SB (Serviços Bancários).

   Verifica-se nestas atividades um grande acúmulo de veículos estacionados tanto em recuos de frente de lote bem como dentro do lote que contém a atividade. Este atributo, denominado na figura por ‘QDEVEICLOTE’, apresenta, para este

exemplo, um cruzamento viário (interseção) bastante representativo: Av. Santos Dumont e Av. Desembargador Moreira. Verificou-se *in loco* que este acúmulo veicular é originado no congestionamento de maneira isolada, nos picos de fluxos. O que se percebe é que os condutores querem sair/entrar nestes lotes e a disputa da *forma-espaço* de circulação os leva a originar lentos e constantes congestionamentos. Esta observação pode ser verificada no tipo e densidade de ocupação por uso *versus* QDEVEICLOTE (anexo 27).

Ou seja, o número de PAVIMENTOS denota que não precisa ser um *skyline* para ser um grande atrator e sim que sua posição, associada a outros menores, acentua o *efeito primário*[503]. Outra análise revela que se multiplicarmos o número de pavimentos pela área de lote, tem-se em uma aproximação com a densidade por lote (uso) que pode ser confrontada com os veículos estacionados fora e dentro do lote (anexo 28). Verifica-se que os pontos em vermelho se concentram bem próximos ao cruzamento citado, caracterizando uma área de grande fluxo de pessoas, veículos, ônibus, ciclistas, etc. Este 'centro financeiro' compete com o 'centro de lazer' após as 18:00, quando os *shoppings* absorvem estes movimentos e a co-presença muda de aspecto. Esta interseção, em termos sintáticos, concentra movimentos de todas as partes da malha, colhendo os fluxos de outras vias da hierarquia viária.

4) Classificação de *atratores* e a dispersão da densidade de veículos estacionados.

Os mapas dos anexos 29, 30 e 31 apresentam a dispersão das densidades de veículos estacionados nas vias e/ou lotes em contraste com as atividades (usos) na AC. Em uma primeira análise, vê-se a confirmação de dois cenários bem distintos: existem, nas vias da sub-amostra da AC, mais veículos estacionados na via nas áreas de altas conectividades (centro da minoria) que nos lotes. Os mapas revelam os dois centros distintos.

Percebe-se que um mapa é o inverso do outro, com algumas vias que concentram ambas as situações de veículos (lote e via). No primeiro mapa vêem-se grandes densidades (quase 100 veículos por lote) em estacionamentos da área central e centro antigo. Ao compararmos com o mapa do anexo 30, identificou-se que estes estacionamentos estão bem próximos ao comércio popular da Praça José de Alencar (item 1 - um EGV) da Faculdade de Direito da UFC (item 2 - Praça da Bandeira e Hospital Gomes da Frota -HGF) e Mercado São Sebastião (item 3) e

[503] Este fenômeno dá a falsa impressão às pessoas que o 'erro está na circulação' e não 'naqueles que as originam'.

\shopping Benfica (item 4),todos grandes círculos em verde. Todos estes *atratores* são de grande porte e acolhem os fluxos das zonas oeste e sudoeste da cidade, representadas pelas camadas segregadas de IDH-baixo e que utilizariam o transporte público.

Do outro lado (anexo 31), no dito 'Centro da Minoria', conjugam-se os usos de serviços e os estacionamentos mais pulverizados, destacando-se alguns PGV´s importantes, a exemplo do Colégio Christus e as revendas de Veículos da Avenida Heráclito Graça (continuação da Avenida Duque de Caxias)

Somando-se estes PGV´s, encontram-se vários estacionamentos do tipo 'recuo de lote' nas Avenidas Santos Dumont e Antonio Sales (sentido leste-oeste) além de as três avenidas mais destacadas no sentido norte-sul. Percebe-se nos grandes círculos verdes uma grande concentração veicular nas Avenidas Barão de Studart, com grande acúmulo no PGV Carrefour. Outro exemplo na Avenida Desembargador Moreira, com concentrações maiores com a Av Antônio Sales e imediações (Hospital dos Acidentados, Supermercado Pão de Açúcar, Colégio Santo Inácio, Edifícios Comerciais, CSM´s Médios).

A Avenida Virgílio Távora, extremo oposto da AC, com valores mais altos de IDH, traz consigo o conceito de 'centralidade linear' ou 'eixo comercial' do Centro da Minoria (CARTAXO Filho, 2004). O mapa do anexo 31 também revela as ocupações dos espaços por veículos estacionados na via pública, criando condições para os transtornos de *acessibilidade* a lotes nestas vias, além de *acidentes*, e *congestionamentos* nos horários de pico.

Outra curiosidade observada é que a zona limítrofe entre os dois centros revela vias não ocupadas (áreas circuladas em tracejado nos anexos 29 e 30) que passam a ser densamente ocupadas por pontos em verde. Isto revela que estas vias são constituídas por atividades do tipo *micro pólos geradoras, na maioria Clínicas Médicas, Representações comerciais, corporativas e serviços personalizados* (oficinas, unidades público-privadas, etc). Por serem em menor tamanho, não sofrem o controle devido, mas o seu acúmulo, a visão geral do mapa, revela que a *acessibilidade da malha* nestas vias é feita com lentidão, em função da alta rotatividade na *acessibilidade* aos serviços. Sua co-existência revela que juntas originam transtornos de tráfego tornando-se saturadas nos períodos de pico.

Estas vias, que se localizam entre as grandes arteriais (1) Avenida Dom Manuel e Barão de Studart foram detectados como de grande fluxo no processamento dos mapas axiais oriundos da SE, em duas técnicas: as Linhas de Continuidade (LC´s) e a Análise Angular de Segmentos (ASA).

Ainda, no mapa do anexo 29, vê-se outra concentração pulverizada de estacionamentos tanto de via quanto de lote com concentrações de PGV´s e comércios varejistas e serviços, a exemplo das Avenidas Beira Mar, repleta de Hotéis (Macro Pólos Geradores), e Barão de Studart.

As análises mesoscópicas revelam categorias de ocupação que visualmente refletem estar posicionadas em locais estratégicos de circulação. O arranjo de atividades compõe grupos de uso bem característicos, com vias destinadas ao tráfego de passagem e outras com tráfego de destino e de origem. Viu-se por uma análise gráfica a confirmação de que areas mais *conectadas* e de maior fluxo ocasionados pela malha acolhem atividades atratoras de tráfego, induzindo sua ocupação. Em função disto, indaga-se:

Como captar estes movimentos relativos ao número de conversões? Estes movimentos podem ser capturados e testados considerando o caminho a percorrer (distâncias)? Quais vias detectadas conduzem o tráfego para pontos críticos, como os observados nas figuras da modelagem do uso do solo?

A contribuição do trabalho aposta que a SE responde a estas indagações com o uso da **Modelagem Configuracional** apresentada a seguir.

5.4.3 Modelagem Configuracional – SE

A realização da modelagem configuracional baseia-se em três metodologias investigativas da Sintaxe Espacial: o Mapa Axial de Integração (Hillier & Hanson, 2001), as Linhas de Continuidade (LC´s) de Medeiros (2004) e a Análise Angular de Segmentos, ou ASA, de Alasdair Turner (Turner, 2005:2007).
Estas vertentes metodológicas foram explicadas e seus processos construtivos detalhados no segundo capítulo deste trabalho. Neste momento, apresenta-se sua aplicação ao caso de Fortaleza, elucidando o processo desenvolvido com o uso destas técnicas, que são explanadas a seguir.

Como visto até então a definição da AC de Fortaleza foi caracterizada em termos de tráfego e de uso do solo, em análises *macro* e *mesoscópica*. Entretanto para uma análise também *microscópica,* faz-se necessário detectar relações lineares e/ou não lineares em Correlações e Regressões envolvendo as variáveis sintáticas encontradas

para o mapa axial inicial (11.286 linhas). Para tanto, optou-se, inicialmente por investigar novas alternativas de melhoria da representatividade entre as duas modelagens, adotando as seguintes estratégias:

1. Reduzir o mapa, porém analisando-se apenas a área com maiores valores de correlação, encontrados na AC (antiga e adicional, da figura 95b).
2. Partir para a avaliação de outras variáveis sintáticas que poderiam apresentar melhores valores quando analisados com os valores de tráfego;
3. Alocar volumes de tráfego por meio da modelagem da demanda (Etapa de Alocação do UTMS). Assim, valores mais próximos da realidade poderiam ser utilizados, e resultariam em correlações melhores;
4. Coletar o uso do solo dos principais corredores, inseridos no primeiro anel viário, para que possamos fazer a análise da relação entre as variáveis: uso do solo, sintática e de tráfego.

Seguindo estas estratégias, para o item 1, optou-se por alguns caminhos a serem testados em novas correlações para 'a nova **AC'**, extraindo-se, previamente, as variáveis **nesta área** para as seguintes escalas/situações:

1. Extrair a AC, utilizando o Mapa Axial Total (11.286 linhas, figura 96);
2. Extrair a AC, utilizando o Mapa das LC´s (10.414 linhas para LC´s 35,5)
3. Extrair a AC, utilizando o Mapa de Segmentos ASA (114.000 segmentos, linhas e polilinhas, obtidos da base 'semente' da AMC[504])

Nos casos 1 e 2, a extração exige recorte (subtração) da AC da malha e o processamento é em separado. No último, não existe recorte, mas sim o processamento das variáveis e seu posterior teste de correlação e de regressão para as vias que detenham dados de tráfego e de uso do solo. A seguir, cada situação é analisada individualmente.

Situação 1) Extraindo-se o mapa da nova AC (2.050 linhas) do Mapa Axial Total_Rn

Apesar de o mapa inicial ter sido construído para toda a cidade e os valores de correlações com VMDs terem dado baixos, julgou-se que após o recorte e processamento do mapa da AC reprocessando, ter-se-ia, teoricamente, melhores valores de correlações (figura 96).

Como demonstrado no item anterior, o recorte deste mapa menor foi definido em função das linhas que estavam contidas na região do *Primeiro Anel Viário*, fruto da análise de localização dos atributos relatados na Modelagem de Uso do Solo. Também foram incluídas, neste mapa, somente as linhas que cruzavam este limite

[504] A base 'semente' corresponde à base de Tráfego, 'Base Logradouros', 'Shape', ou 'logradouro.dbd', discutida no segundo e terceiro capítulos.

(linha na cor preta da figura 96), que resultou no mapa axial do anexo 32, posteriormente inserido no *Mindwalk* 1.0.

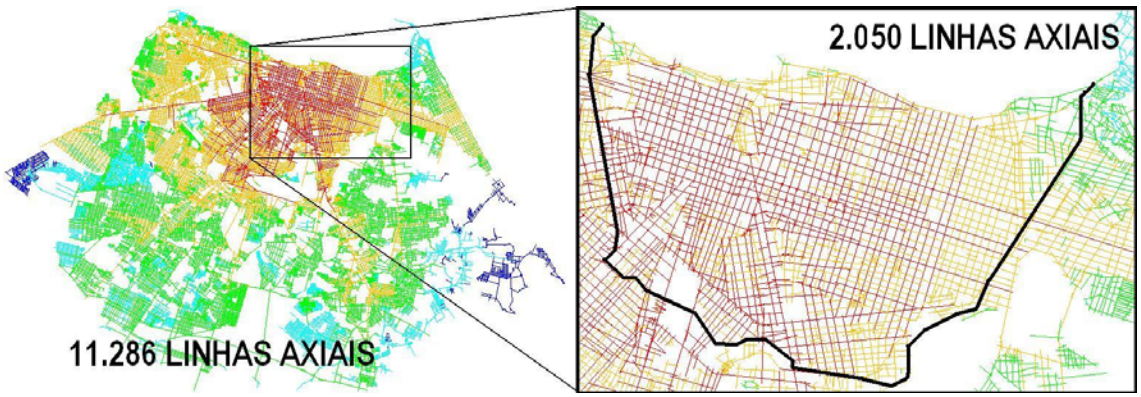


Figura 96. Recorte da AC - Situação 1
Fonte: o autor.

A diferença ente realizar as correlações dos VMDs com o mapa axial 'semente' e o da nova AC 'recortado', está no valor das medidas sintáticas de cada mapa. Teoricamente, devido ao *efeito primário* ocorrer em toda a malha, percebeu-se que o certo a ser feito seria:

1. Processar todo o mapa Axial inicial e desta forma considerar todo o sistema viário da cidade, ou seja, viabilizando a simulação dos movimentos 'de passagem' pela AC[505].
2. Realizada a fase (1), foram originadas as variáveis sintáticas do mapa 'recortado' (nova AC) cujo resultado gráfico é apresentado no anexo 33.

A análise deste mapa no *Mindwalk* detectou que as vias mais acessadas tanto no mapa 'axial total' quanto no 'axial AC', são as Avenidas: Antonio Sales, Domingos Olímpio e Duque de Caxias as relatadas nos anexos 34 e 35.

Situação 2) Extraindo-se o mapa da nova AC (2.050 linhas) do Mapa Axial Total_R3

Procedimento semelhante foi feito para Integração Local (R3) em ambos os mapas (anexo 36) e tabelas (anexos 37 e 38).

Percebe-se que, em relação ao Raio 3, ou Integração Local, os mapas axiais apresentam somente a Avenida Santos Dumont como a via mais acessada e que pertence a AC pré-determinada pela metodologia de Medeiros (2004). Na tabela do anexo 38: todas as vias são pertencentes à sub-amostra da Modelagem do Uso do

[505] A literatura demonstrou que os valores melhoram, quando se reduz o mapa e o submete ao processamento sintático 'em separado'.

Solo e sintaticamente importantes, mesmo estando uma delas excluídas do mapa hierárquico oficial[506].

Situação 2) Extraindo-se o mapa da nova AC (1.686 linhas) das LC´s (35,5)_R3 e Rn

Seguindo-se a mesma lógica, replicou-se o método e submeteu-se o mapa Axial total (11.826 linhas) para transformação em um mapa de Linhas de Continuidade, adotando Ângulo de Continuidade de 35^{o} e Margem de Aproximação de 5m. Após processamento (anexo 39) obteve-se um novo mapa com 10.414 linhas, conhecido por LC(35,5), do qual extraiu-se a nova AC de 1.686 linhas (figura 97, lado direito).

Após a extração, este mapa AC_{LC} sofreu novo processamento onde se obteve as medidas sintáticas de primeira ordem. Apresentam-se, em seqüência, os dados comparativos destas medidas, nas tabelas dos anexos 40 e 41, para o Mapa LC(35,5) e tabela do anexo 42 para a área 'recorte' do mapa da $AC_{LC(35,5)}$ (1.686 linhas).

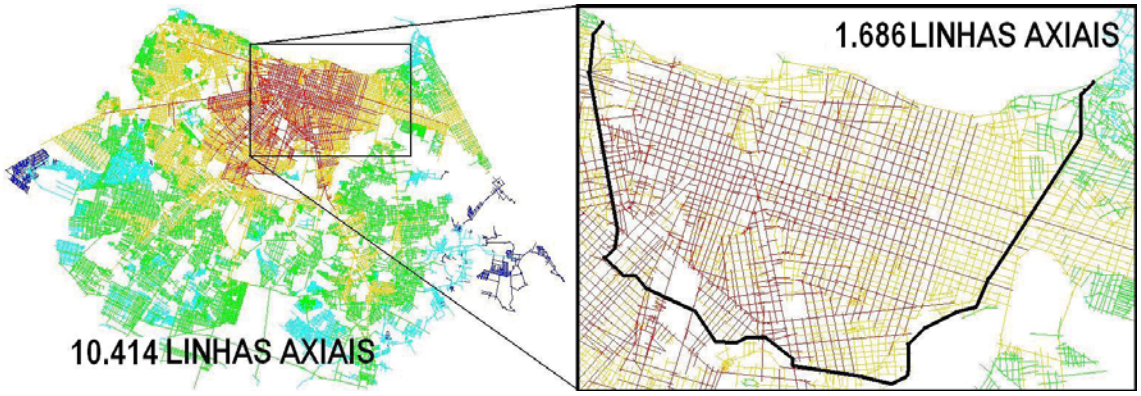


Figura 97. Recorte da AC - Situação 2_R3 e Rn
Fonte: o autor.

A análise dos mapas para a situação (2) indica algo peculiar, a coincidência de vias processadas em raio R3 e Rn tanto em posicionamento quanto em índice. Os resultados apontam que as seis vias *mais integradas* do sistema em termos sintáticos são também as *mais congestionadas* atualmente na cidade. Tem-se então uma seleção sintática da vias a serem incluídas na amostra da análise regressiva:

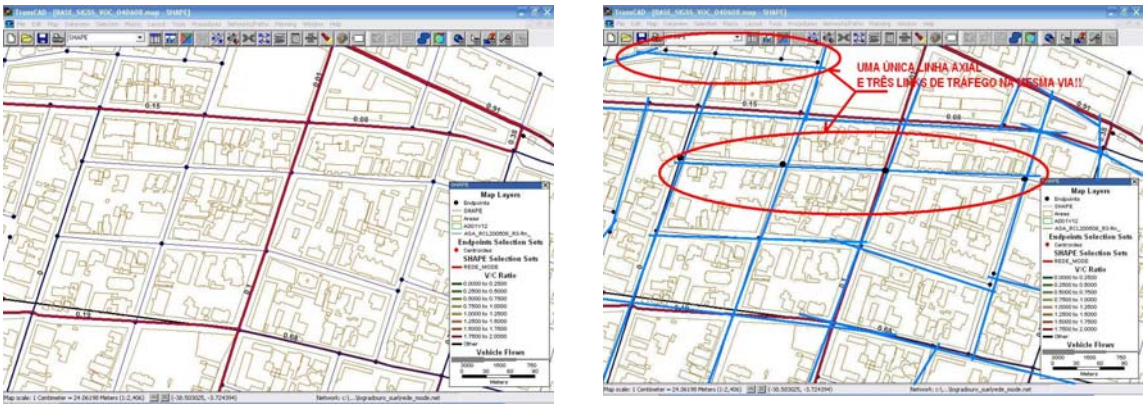
TRECHOS (1-5-6)
(1)- AV 13 DE MAIO (leste/oeste) e,
(5)- AV 13 DE MAIO (oeste/leste), seguida da,
(6)- AV PONTES VIEIRA (oeste/leste).

TRECHO (2)
(2)- RUA OSVALDO CRUZ[507] (norte/sul).

[506] Exemplo da Rua Padre Valdevino, que é oficialmente uma via Coletora, mas tem fluxo de uma arterial.
[507] Considerada como 'Local' pela hierarquia oficial, mas que se apresentou sintaticamente de grande fluxo. Esta via passou a ser utilizada como 'rota de fuga' dos congestionamentos nos horários de pico, principalmente para aqueles

TRECHOS (4 e 3)
(4)- AV DOMINGOS OLÍMPIO (oeste/leste) e,
(3)- AV. ANTONIO SALES (continuação oeste/leste).
Outra via com sentido de mão-dupla que não foi detectada nestes raios, mas que intencionalmente representaria um tráfego 'local' na AC, a ser considerado na subamostra é a Av. Barão de Studart, cujos fluxos norte-sul e sul-norte são muito utilizados na cidade. Outras vias que também 'surgem' neste processamento como de tráfego de passagem são: Rua Antonio Augusto e Av. Rui Barbosa que também atuam como vias auxiliares alternativas às do sistema oficial.

Dando seqüência à Modelagem Morfológica, apesar da proximidade visual da modelagem nas situações 1 e 2 com a modelagem de transportes, a viabilidade de uso das duas bases sintáticas como suporte analítico comparativo de fluxos requer que SINTAXE e TRÁFEGO tenham informações 'por trecho de quadra', em uma mesma topologia 'linha'. Infelizmente, esta realidade não é operacionalmente viável, pois linhas axiais[508] representam uma via inteira composta com vários trechos de informações de tráfego. Esta dificuldade está representada na figura 98 e é conhecida como problema de Associação de IDs de topologias diferentes.



98a 'Antes' 98b 'Depois'

Figura 98. O problema da Associação de ID´s
Fonte. O autor.

Devido a esta dificuldade[509] o uso da SE tem sido aplicado somente em uma visão *macroscópica* da hierarquia viária. Contudo, para uma análise *mesoscópica* e *microscópica*, respectivamente para a AC e para uma subamostra de suas vias, a análise *macroscópica* torna-se inócua, pois se levaria muito tempo para identificar uma

condutores que precisam se deslocar no sentido norte-sul, desde o início superior da AC (Av. Beira Mar), até o limite inferior da mesma (Avenida Raul Barbosa).
[508] Sejam as tradicionais (Hillier & Hanson, 2001) ou Linhas de Continuidade (Medeiros, 2004).
[509] Como revisado por BARROS (2006) e por este autor em CAVALCANTE *et al* (2005:2007).

variável sintática[510]. Esta ação só é viável pela associação de ID´s por trecho viário[511]: tráfego - sintático (figura 99).

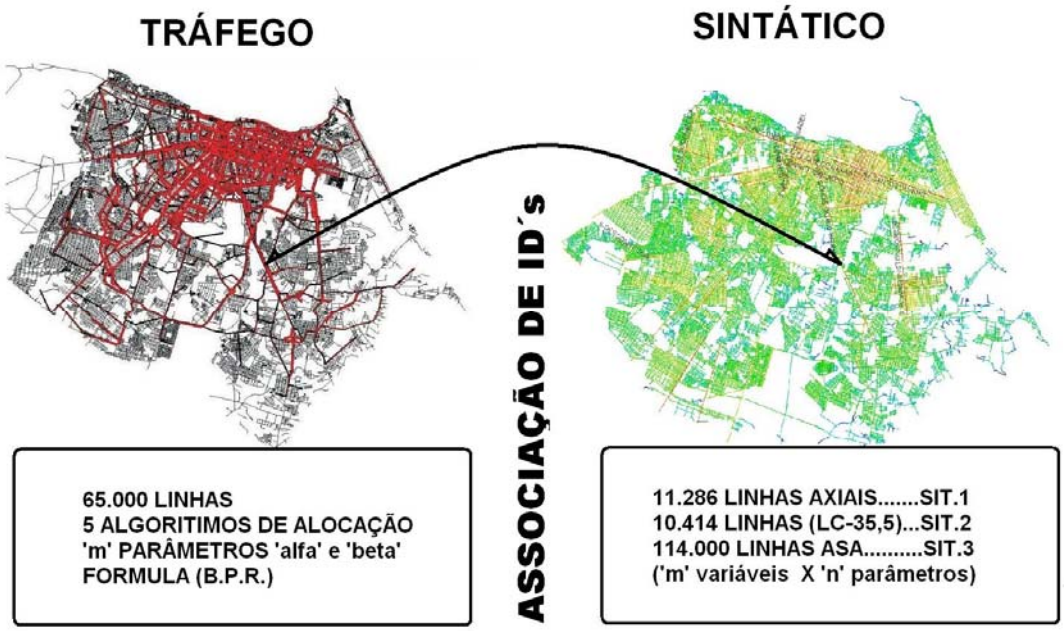


Figura 99. Análises x Situações (1, 2 e 3)
Fonte: o autor.

Em virtude deste problema e da necessidade dos objetivos a ser atingida nesta pesquisa, a investigação dirige-se para uma situação (3), onde esta restrição é sanada pelo uso da vertente sintática ASA[512], que permite a importação de bases de tráfego existentes.

Situação 3) Extrair o mapa da AC via Mapa de Segmentos ASA (114.493 segmentos)

O objetivo de se extrair a AC, utilizando o Mapa de Segmentos ASA, surgiu da revisão da literatura sobre o assunto, por meio da importação para um mapa sintático das *Road Center Lines* (RCL´s) ou Linhas de Centro Rodoviário. Turner (2005; 2007) utiliza as RCL´s em seus estudos na construção dos mapas de segmentos, a exemplo das linhas de tráfego produzidas em mapas de transportes na Inglaterra[513] e nos Estados Unidos[514]. No Brasil, elas não são unificadas e divergem em nomenclatura a depender do órgão gestor. Na prática, a maioria dos órgãos lida com arquivos do tipo *Esri Shape*, do *software ArcGis* e *Arcview*[515] que são perfeitamente 'portáveis' a qualquer sistema SIG.

[510] Isto dentre as mais diferentes combinações de parâmetros morfológicos.
[511] *Link* ou intervalo de quadras.
[512] Detalhada no segundo capítulo.
[513] No Reino Unido, as RCL´s são conhecidas por *Ordnance Survey Lines.*
[514] Denominam-se por *TIGER Lines.*
[515] Extensão '.shp' da empresa Esri (site: http://www.esri.com)

Em Fortaleza, as RCL´s vêm utilizando utilizadas como *links* de tráfego, portanto, para outros fins (figura 103). A presente proposta metodológica as converteu de *links* de tráfego em segmentos sintáticos ASA e este processo é descrito em onze **etapas** e exemplificado no **anexo 43**. Após subtrair a repetição de quatro mapas, obteve-se **15 mapas ASA** para correlações com os dados de tráfego e de uso do solo (tabela 31). Estes mapas foram originados em duas situações: 'com conectores' (CC) e 'sem os conectores' (SC) de centróides de ZT´s[516]. Na época (20/05/2008), estimava-se a utilização de um mapa ASA para associação visual com de vários raios de conversão, quer fossem: angular, métrica ou *steps*. Foi escolhido o mapa **ASA-08**[517].

Tabela 31. Lista de Mapas ASA_RCL (Axial e Segmentos) processados no DepthMap. Fonte: o autor.

ASA	Arquivo_Data_Versão_Parâmetros(*)	Conectores	Raio(s)	P1 – Tipo de Análise		P2 – Tipo de Raio			P3 – Ponderação
				'Tulipa' (0-180º)	Full (0-360º)	Segmento (steps)	Métrico (metric)	Angular (angular)	(variável do mapa)
0	AXIAL_ASA_RCL_080408_T1024_Rn.dbd(*)	CC	Rn, R100, R200	b		X			
1	ASA_RCL150508_T1024_b_Rn_angular_V1.graph	CC, SC	Rn	b				X	
2	ASA_RCL150508_T1024_b_Rn_metric_CA_V1.graph	CC, SC	Rn	b			X		CA
3	ASA_RCL150508_T1024_b_Rn_metric_SL_V1.graph	CC, SC	Rn,R3, R6, R9, R15, R18	b			X		SL
4	ASA_RCL150508_T1024_b_Rn_metric_V1.graph	CC, SC	Rn	b			X		
5	ASA_RCL150508_T1024_b_Rn_segment steps_V1.graph	CC, SC	Rn	b		X			
6	ASA_RCL150508_T1024_b_Rn_V1.graph	CC, SC	Rn	b		X			
7	ASA_RCL200508_R3-Rn.graph	CC, SC	-						
8	ASA_RCL200508_R3-Rn_STEPS_V1.graph (**)	CC, SC	R3,R6,R9,R12, R15,R18,R21	b		X			
9	ASA_RCL200508_R3-Rn_STEPS_V1.graph	SC	R3,R6,R9,R12, R15,R18,R1000, R5000	b		X			
10	ASA_RCL030708_R3-Rn_METRIC_V1.graph	SC	R3,R6,R9,R12, R15,R18,R100m	b		X	X		
11	ASA_RCL030708_R3-Rn_ANGULAR_V1.graph	SC	R3,R6,R9,R12, R15,R18	b		X			
12	ASA_RCL030708_R3-Rn.graph	SC	R3,R6,R9,R12, R15,R18, R18a R21, R25, R30, R50, R60, R100, R100m, R500	b		X	X	X	
17	ASA_RCL200508_R3-Rn_STEPS_V2.graph	SC	R3, R6, R7, R12	b				X	
19	ASA_RCL030708_R3-Rn.graph	SC	R3,R6,R9,R12, R15,R18, R21, R25, R30, R50, R60, R100, R100m, R500	b		X	X		

(*) Mapa-base INICIAL sem superposição e de associaçao visual, posteriormente unido à base SUE pelo algoritimo GLEN.
(**) início da associação visual de ID´s SHAPE-ASA-USO.

Cada um destes mapas foi originado por combinações entre atributos, parâmetros e variáveis de processamento descritos na tabela 32. Ao final, após 18 combinações de parâmetros e raios, foram obtidas as variáveis secundárias: *T1024 Choice; T1024 Mean Depth; T1024 Node Count; T1024 Total Angular Connectivity; T1024 Total*

[516] Zonas de Tráfego (anexo 6)
[517] OBS: (*) único mapa utilizado para associação visual. Na época não se havia produzido o mapa para processamento'sem conectores'. A manutenção deste mapa não inviabilizou a tabulação futura dos mapas SC,pois todos foram re-associados para regressão utilizando a chave 'GLEN'.

Depth, e *T1024 Total Segment Length*, todas discriminadas com suas variações de ponderação no **anexo 44.**

Ao total foram = (114.493 registros) x ('n' raios) x (22 variáveis ASA[518]) x (04 Axiais), com 'n' oscilando entre: 3, 6, 9, 12,15, 18, 21, 25, 30, 50, 60, 100, 200, 500, 1000 e n (total de 15 raios). A escolha destes raios foi feita obedecendo aos mesmos critérios da literatura encontrados na trabalho de Barros (2006). Além destes optou-se por adicionar raios em dezenas e centenas, após o raio 30, até o limite de 1000.

Tabela 32. Atributos, parâmetros e variáveis de processamento.
Fonte: o autor.

Atributos e parâmetros	Descrição
ASA	código do mapa ASA validado no Depthmap[519];
Arquivo_Data_Versão_Parâmetros	data e parâmetros de criação do mapa ASA;
Conectores	'com' (CC) ou 'sem' (SC) conectores de ZT´s
Raio(s)[520]	No. de conversões ou mudanças de direção. Quando seguido pela letra 'm' é raio metrico e pela letra 'a' é raio angular.
Parâmetro P1	Análise Angular no tipo 'tulipa'[521], de 0º a 180º, e no tipo 'full', de 0º a 360º, para caminhamentos sintáticos.
Parâmetro P2	Tipo de conversão ou raio, podendo ser por: Segmento (steps), Métrico (metric) ou Angular (angular).
Parâmetro P3	Ponderação de P1 e P2 por variáveis primárias e secundárias do mapa[522].
Variáveis primárias	
Ref Number	Código (chave mestra) de referência do segmento/link;
Angular Connectivity	Conectividade Angular (Turner, 2001);
Axial Line Ref	Valor -1 ou +1, indica o sentido de processamento (ex.: norte-sul);
Connectivity	Medida sintática de primeira ordem (Hillier & Hanson,1987);
Segment Length	Comprimento do Segmento (a depender da escala do arquivo '.dxf' importado)

Em virtude das variáveis tráfego e uso do solo estar desagregadas por trecho (face de quadra), analisando as três situações de extração da AC em mapas axiais, vê-se que a melhor opção é o mapa ASA para o processo regressivo. Finalmente dispondo destas informações de tráfego e uso do solo, ficam as perguntas: Como testar correlações, distribuições (aderências) e regressões se as informações estão em formatos diferentes? Como fazer a 'união' das informações em uma mesma escala, a do quarteirão (quadra, ou link de tráfego)? Como evitar as repetições de dados? Quais variáveis, em termos analíticos, por categoria, atendem aos objetivos da pesquisa?

[518] O critério de escolha destas variáveis foi em função da disponibilidade do software em produzi-las. O seu exame detalhado requer novos estudos teóricos sobre seu aprimoramento pelo autor, Alasdair Turner, pesquisador da University College London, Barttlet.
[519] Em média, cada mapa foi processado em 20 horas initirruptas, por um computador com dois porcessadores de 1.88ghz cada. Este processamento foi do tipo 'dedicado',pois nenhuma outra atividade foi compartilhada na laboratório do GETTMA/DET/UFC.
[520] Rn = Raio 'n' (no caso, o total de linhas 114.493);R3, R6,..R200, R300 = número de 'conversões' ou mudanças de direção (3,6,..200,300, etc);
[521] Neste caso, b = ***betweeness*** (ou variável *Choice*), 'escolha', semelhante ao caminho mínimo UTMS, podendo ser ponderado por Choice T1024, onde 'T'= tulipa e '1024' = número de *bins* ou raios de visão originados;
[522] Foram testadas somente a 'CA'= Conectividade Angular, ou *Angular Connectivity e* 'SL'= *Segment Length*, ou Comprimento do Segmento;

5.4.4 Modelagem Sistêmica – Base SIG-SE-USO

União (junção) das bases SHAPE, ASA e USO.

O processo de junção das três bases de dados de maneira SISTÊMICA foi bastante penoso e levou tempo para se obter um resultado satisfatório. Em termos de topologia, têm-se as bases SHAPE e ASA do tipo 'linhas', e a base USO do tipo 'polígonos'. A união das duas primeiras foi testada por diversas estratégias, a saber: 1) Por função 'join dataview' dentro do ambiente SIG-T do *Transcad*; 2) Por algoritmos de associação em programação C^{++}, e; 3) Por associação visual no *TransCAD*.

1) Operação *'Join Dataview'*

Esta operação de 'junção' de matrizes, residente dentro do software *TransCAD,* utiliza um atributo do tipo 'chave mestra', que nada mais é do que uma informação (atributo) existente em uma matriz que é comum a outra que se deseja unir[523].

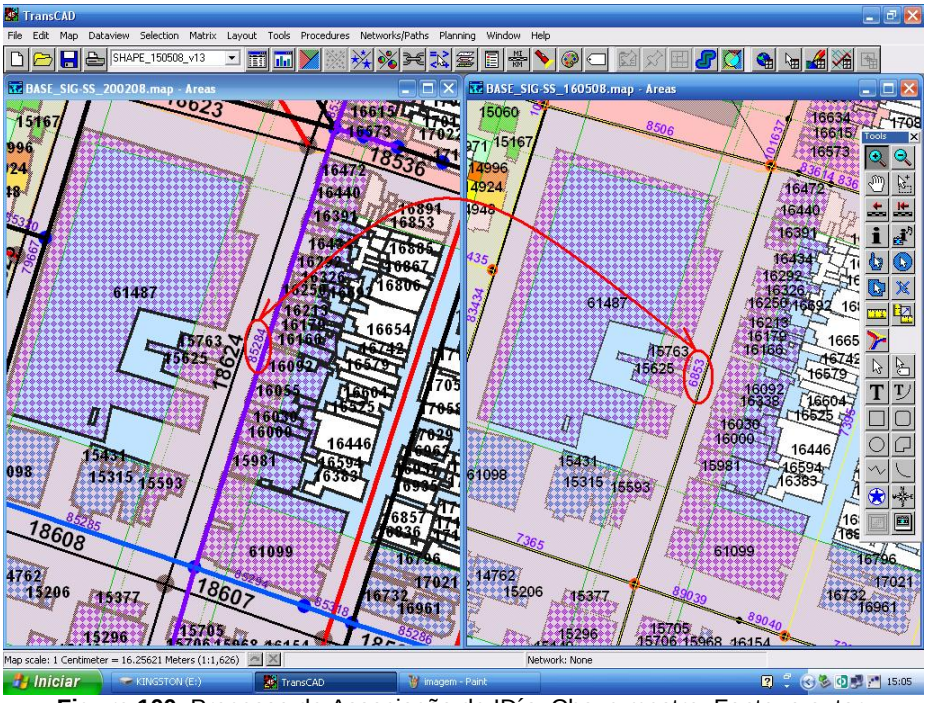


Figura 100. Processo de Associação de ID´s_Chave mestra. Fonte: o autor.

Como apresentado na figura 100, lado esquerdo, vê-se as duas informações. Na cor azul escuro, antes da superposição das duas bases, vê-se no mapa ASA de segmentos um deles, identificado pelo ID 85284, precisamente 'entre' os ID´s SHAPE: 18536 e 18607.

[523] No caso, tinha-se na base de tráfego SHAPE e também na base de segmentos ASA a informação comum (chave mestra) do tamanho dos segmentos coincidentes com os *links* de tráfego, o atributo '*length*'.

Nota-se que acima do ID_SHAPE 18607, existem dois (02) ID´s_ASA: 85294 e 85318. Após o processo de superposição (*overlay*) ocorrer no Transcad por comandos de 'adição de camadas' têm-se a geração de novos ID´s_ASA (lado direito da figura 100). Esta superposição resulta que no link anterior ID_SHAPE 18607 estão 'superpostos' dois segmentos com ID_ASA novos: 89039 e 89040.

Com isso, percebe-se que o anterior ID_ASA 8284 (lado esquerdo da figura 100) torna-se ID_ASA 6853, porém existe uma diferença observada na topologia, suscitando três *situações* de solução do problema:

Situação (1):
O ID_SHAPE 18624 'equivale' em tamanho, comprimento, igual ao ID_ASA 6853. Nessa perspectiva, ambos têm o mesmo tamanho de link, viabilizando a definição da 'chave mestra' *length* para união (*join dataview*) das tabelas de dados de ambas as topologias, a de tráfego e a sintática.

Situação (2):
O ID_SHAPE 18607 'equivale' em tamanho, a 02 (dois) ID´s_ASA: 89039 e 89040. Observa-se que, um *link* SHAPE do tipo 'polilinha' equivale a dois do tipo 'linha' (segmentos axiais), inviabilizando a junção (join dataview) no Transcad, mas possibilita a junção por algoritmo de programação em C^{++}.

Situação (3):
Observa-se que antes e depois da superposição, a camada (layer) USO mantém seus ID´s inalterados! Isto favoreceu a associação visual das informações SHAPE, ASA e USO, mas, somente para um mapa ASA mais significativo em termos de correlação visual entre os fluxos modelados de tráfego e os fluxos modelados pela sintaxe. Em função disto e por ter um número maior de raios, optou-se por usar o mapa **ASA-8**.

RESULTADO**:** A situação (1) viabilizou a associação de 1.292 links SHAPE _ASA para a fase quantitativa de analises por correlação.

2) Por algoritmos de associação em programação C^{++},

Com a ajuda dos programadores do GLEN[524] esta fase foi vencida com sucesso para 85% da base SHAPE, com a associação de seus 65.000 *links* aos 114.493 segmentos ASA. O processo seguiu o uso de algoritmos de associação topológica. Em termos gerais, a associação utilizou três informações básicas para a associação: o tamanho (*length*), a inclinação (coeficiente angular) e os pontos[525] de início e fim dos segmentos ASA em relação aos *links* SHAPE. Na rotina de programação, o algoritmo identificava se o segmento ASA estava 'contido' no *link* SHAPE, verificando se ambos detinham o mesmo coeficiente angular, pontos 'from' e 'to' pertencentes ao *link* SHAPE, e, nos casos mais simples, se os tamanhos de ambos eram coincidentes.

[524] Contribuição dos programadores Ivan e Augusto, do laboratório de Gestão Logística em Energias, o GLEN, da Universidade Federal do Ceará, coordenado pelo Prof. João Bosco Arruda.
[525] Respectivamente: 'from_point_ASA', 'form_point_SHAPE', 'to_point_ASA','to_point_SHAPE'!

RESULTADO: foram associados 36.000 *links* dos quase 65.000 *links* da REDE_MODE[526] (figura 101). Ou seja, uma associação de ID´s_SHAPE a ID´s_ASA. Embora encontradas repetições[527] (figura 101), o ID_SHAPE 18607 tem suas informações duplicadas para os ID´s_ASA: 89039 e 89040), após várias checagens das associações no mapa TransCAD, verificou-se que ¼ ,ou 25% destas estavam em '*links* vizinhos', o que requisitou dos programadores uma revisão futura do algoritmo[528].

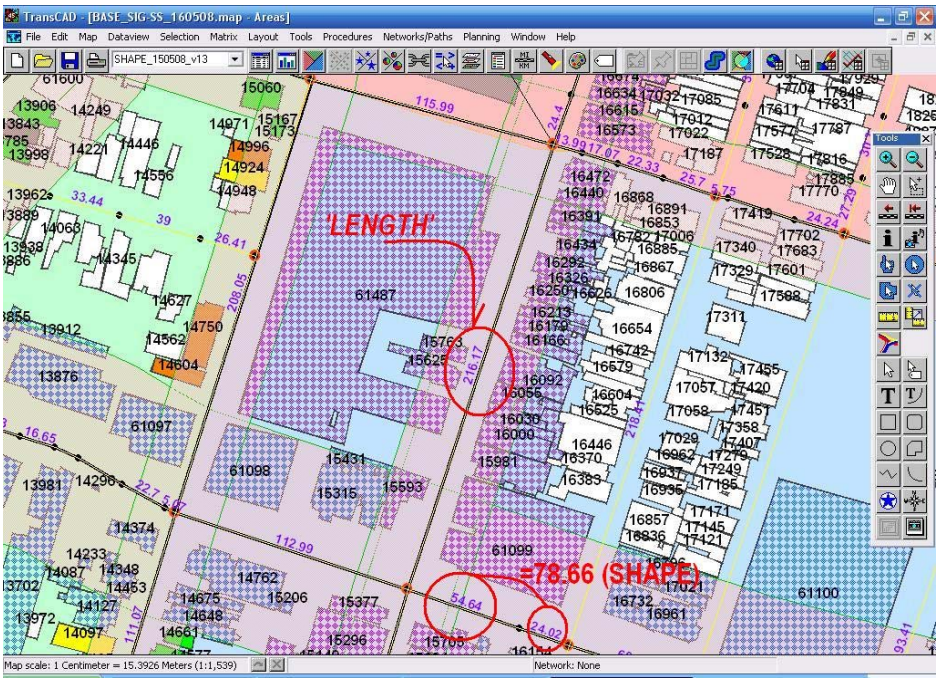


Figura 101. Processo de Associação de ID´s_Algoritimo
Fonte: o autor.

Mesmo com estas restrições, detectou-se que as informações de fluxos (tráfego) como volumes (VMDs), capacidades, tempo, velocidades, saturação (V/C) e outras combinações poderiam ser re-distribuídas por ID_ASA, ao ponderá-las pelo tamanho de seus segmentos (*length_ASA*). Apesar disto, o resultado final foi a associação de 85% da matriz ASA à matriz SHAPE. Segue-se com a terceira solução de associação, ao USO do solo.

3) Por associação visual no TransCAD.

O procedimento utilizado com a associação visual USO-(ASA/SHAPE) foi a visualização simultânea no *Transcad* das três camadas (informações) e a tabulação paralela em uma planilha tipo Excel, exportada com a extensão tipo '.dbf'. Para não demandar muito tempo de digitação de toda a AC e para atender o objetivo específico

[526] Rede estimada de fluxos, composta por linhas e polilinhas.
[527] Embora existisse repetição das informações de rua, numeração, e dados outros que não sejam de fluxos, as informações ASA podem ser correlacionadas em proporção às variáveis de tráfego SHAPE pela ponderação por tamanho de segmento. Por exemplo, (figura 101), o comprimento do ID_SHAPE, igual a 78,66 é a soma dos dois outros ID`s_ASA: 54,64 + 24,02.
[528] Fato gerador de recomendações de estudos futuros no capítulo seis.

deste trabalho, somente 27 vias foram totalmente tabuladas (anexo 53) de um total de 68 vias da subamostra de campo da área crítica (AC).

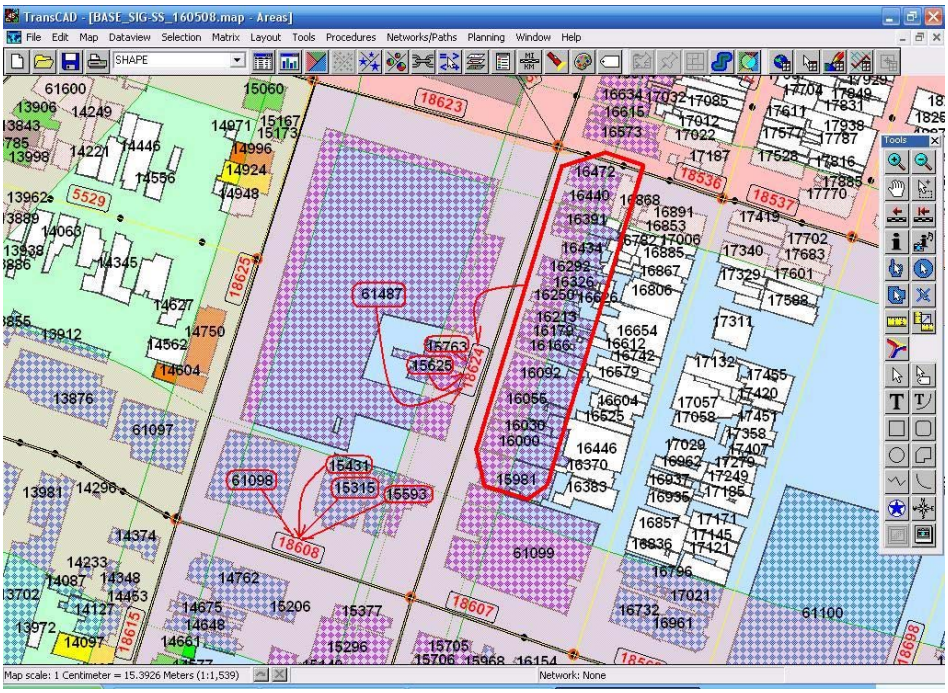


Figura 102. Processo de Associação Visual. Fonte: o autor**.**

Como observado na figura 102, os ID´s_SHAPE: 18608 e 18624 (vermelhos) estão 'associados' aos USOS (polígonos) por quarteirão, aos ID´s respectivos (cor preta). Como cada rua teve sua tabulação 'cruzada', significa que um USO (atividade) de esquina de quadra pertencerá a duas ruas da sub-amostra. Este procedimento, embora tedioso e lento, foi bem executado em paralelo a escrita do trabalho[529].

RESULTADO: 27 vias com as variáveis SHAPE-ASA-USO associadas para os testes quantitativos (correlações e regressões). Por fim, optou-se em usar simultaneamente o método (2) e o método (3) para as analises quantitativas e qualitativas a seguir.

5.5 ETAPA 05. Análise Sistêmica

5.5.1 Análise Quantitativa - CORRELAÇÕES e REGRESSÕES

5.5.1.1Correlações - TRÁFEGO-SE (Fortaleza)

> Cabe enfatizar que embora sejam investigadas equações de correlação e regressão entre as variáveis envolvidas, esta pesquisa não tem como objetivo precípuo definir modelos de previsão de viagens[530], volumes veiculares ou previsão de fluxos e sim investigar a contribuição da malha e da ocupação do solo nos congestionamentos.

[530] È de interesse do autor investigar este tema posteriormente. Neste sentido, consta de sua produção científica, trabalhos de co-orientação ao Aluno do PETRAN/DET/UFC: Antonio Wagner Jales, que utiliza Redes Neurais (RN´s) para estimação de volumes de tráfego tendo variáveis sintáticas como explicação deste (JALES, A.W.L. 2008). O autor diverge desta estratégia, em tese, por entender que esta estimativa somente seria válida para aglomerações urbanas

Muito embora sejam esses os objetivos, a pesquisa passou pela revisão de tentativas de modelagem de fluxos e co-presenças (veículos e pedestres) por diversos autores e cidades no mundo (ver capítulo 2). A maioria destas tentativas utilizou a técnica de correlação associada à regressão linear simples, com uma variável explicativa e para condições de volumes de tráfego contados em campo em áreas pequenas, geralmente bairros. Nesta pesquisa tenta-se o mesmo procedimento *em duas amostras*. A primeira, com *volumes reais* de campo[531] em 960 interseções e a segunda para toda a cidade de Fortaleza, por *volumes estimados* pela Alocação SUE[532]. No caso do SUE considera-se inicialmente todo o mapa de segmentos da cidade, captando seu *efeito primário* de toda a malha. Passo seguinte processa-se somente o mapa sintático da rede alocada pelo método SUE (camada-arquivo: REDE_MODE), considerando-se a existência do *efeito primário* somente para uma parte da malha (cor azul, figura 103).

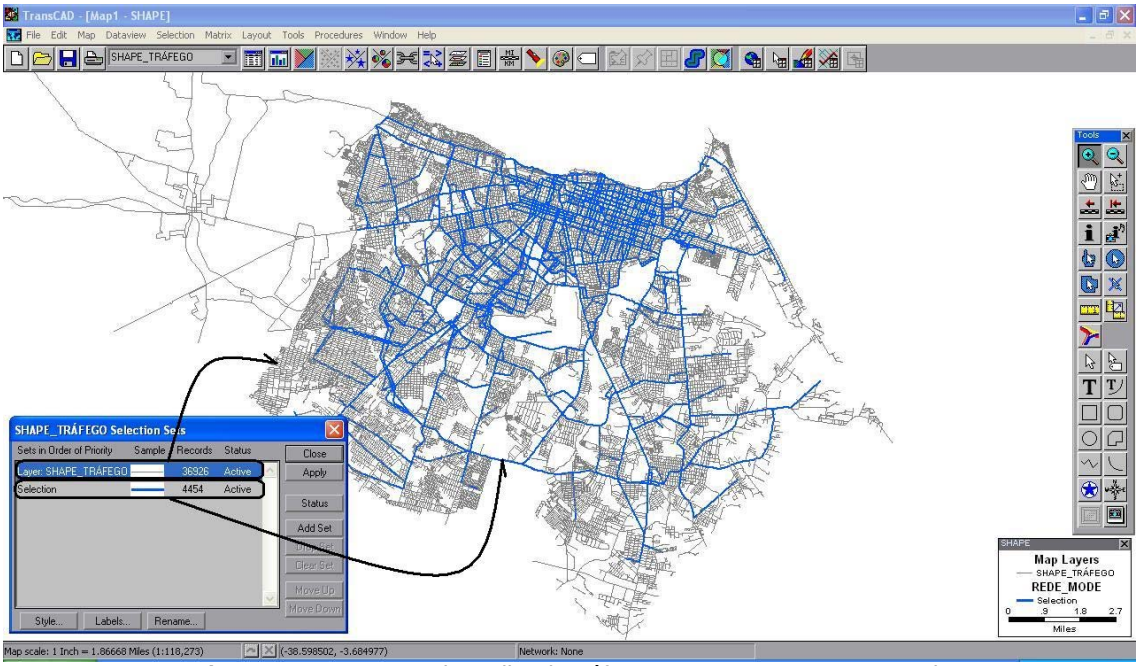


Figura 103. Amostras da malha de tráfego. REDE_MODE na cor azul.
Fonte: Adaptado da AMC.

AMOSTRA_01

A amostra de Volumes Médios Diários (VMDs) em Fortaleza, foi fornecida para análise pela AMC no arquivo 'vmd.dbf'. Em resumo, têm-se os anos de 1991, 1997, 2000, 2001 e 2003 com os registros de veículos em interseções nos picos de tráfego da manhã (MA), do meio-dia (MD) e da tarde (TA). Apenas o ano de 2003 diferencia-se pelo registro captado nos sentidos viários: (A) ou (B): quando a via tem somente um sentido de fluxo, e; (AB): quando a via tem os dois sentidos (anexo 45). Observa-se

(bairros, vias, cidades) totalmente desprovidas dos efeitos outros, que não o *primário*. Ou seja, sem *atratores* e intervenções *operacionais* (semáforos, lombadas, restrições de conversão, etc) e físicas (*'cirurgias urbanas'*);
[531] Por medições automáticas do CTA-For.
[532] Detalhado no capítulo 3.

que estas contagens evoluíram bruscamente, na passagem do ano de 2000, para 2003, situação com ambos os sentidos de vias de grande fluxo incluídas. Assim, testou-se a correlação em cada situação em separado e em conjunto, com o máximo de registros desta amostra. Em resumo, no gráfico da figura 104 são apresentados os resultados das correlações.

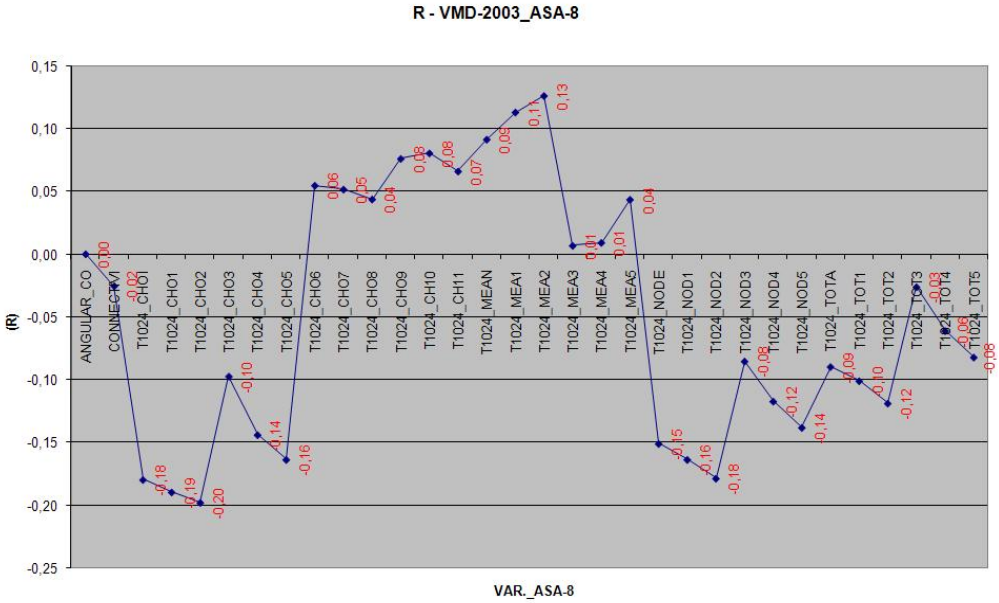


Figura 104. Correlações VMDs x ASA-8 (MAPA 8)
Fonte: o autor.

Observa-se, no gráfico da figura 104, que 'T1024_CHOI2', correspondente à variável ASA 'T1024 *Choice* R18 Step', ou seja, na área onde os VMDs foram registrados em 2003, correspondiam a um mapa sintático de 18 (dezoito) conversões, com 20% de probabilidade 'pequena'[533] de correlação entre os movimentos veiculares e os movimentos potencializados pela malha. Este resultado confirma os estudos de Cavalcante ***et al*** (2007) sobre a variável ***choice*** ser a mais representativa dos movimentos veiculares dentro da AC. Restou então investigar uma amostra maior para verificar se esta variável e o raio 18 persistiria.

AMOSTRA_02

Seguindo a metodologia descrita no início deste item, apresenta-se a seguir as correlações entre volumes estimados e variáveis ASA. No caso dos volumes estimados, recortam-se somente os registros pertencentes à AC, para serem correlacionados aos dos mapas sintáticos 'ASA' gerados e listados na tabela 31. Neste sentido, em um primeiro momento, à guisa de teste e tomando as bases convertidas

[533] Segundo a Escala de Cohen, tabela 9 no capítulo 2.

do item anterior, realizou-se uma 'junção' ou 'join dataview' por meio da 'chave mestra' do algoritmo TYTO[534] de junção de duas matrizes:

Base de TRÁFEGO: ID_REDE_MODE_040608.DBF[535]

Base ASA-SE: **ID**_ASA_RCL200508_R3-RN_STEPS_V1_SEGMENT_MAP.DBF[536]

CHAVE MESTRA: **ID**_SHAPE+REDE_MODE_040608.DBF[537]

MATRIZ ORIGINADA_01/18: SUE_ASA-8.DBD

Ou seja, o arquivo tipo 'CHAVE MESTRA' contém o atributo ID pertencente a ambos os arquivos: de TRÁFEGO e ASA, viabilizando a união das duas matrizes, resultando em uma matriz final de 36.926 atributos unidos pelo mesmo ID. Obtido sucesso com primeira junção, tem-se o primeiro arquivo: 'SUE_ASA-8.DBD', onde o item '**8**' é o arquivo de código '**ASA-8'**, sem conectores (SC), da tabela 31. Com o sucesso deste procedimento de junção replicou-se o processo para outros mapas ASA-SC, cujos resultados de 11 (onze) das 760 (setecentos e sessenta) melhores correlações[538] estão dispostos na tabela 33.

Tabela 33. Resumo das 11 melhores correlações: VOC x Mapas ASA. Fonte: o autor.

mapa_variável	variável ASA	R^2	tipo de VOC
12_5	Angular_Node_Count_R18_00	0,255998	*MAX_VOC*
17_13	Angular_Total_Depth_R7_00	0,238106	*MAX_VOC*
12_7	Angular_Total_Depth_R18_0	0,234075	*MAX_VOC*
12_44	T1024_Node_Count_R100_ste	0,234004	*MAX_VOC*
19_38	T1024_Node_Count_R100_ste	0,234004	*MAX_VOC*
17_4	Angular_Mean_Depth_R6_00	0,221251	*MAX_VOC*
17_6	Angular_Node_Count_R12_00	0,219690	*MAX_VOC*
17_5	Angular_Mean_Depth_R7_00	0,213138	*MAX_VOC*
17_9	Angular_Node_Count_R7_00	0,212837	*MAX_VOC*
17_10	Angular_Total_Depth_R12_0	0,212731	*MAX_VOC*
17_13	Angular_Total_Depth_R7_00	0,200271	*MAX_VOC x Seg Len*

Cabe destacar que as variáveis de saturação foram derivações do VOC (*Volume Over Capacity)* ou volume veicular dividido pela capacidade de absorção de fluxos por trecho que no caso são os *segmentos*. Por este motivo, decidiu-se testar: MAX_VOC, e MAX_VOC x Seg Len, respectivamente o VOC máximo em qualquer sentido das vias: simples (A ou B), ou de 'mão-dupla' (AB), e no segundo caso, a ponderação do primeiro pelo comprimento do segmento. Por lógica, entendeu-se que a melhor medida qualitativa de tráfego para o ASA seriam estas, por se tratarem da sua

[534] Nome dado ao algoritmo segundo seu criador, Augusto Tyto (tytoriddle@gmail.com), aluno do 3º. Ano de computação da UFC e bolsista do Laboratório de Logística em Energias – GLEN.
[535] Arquivo tipo matriz.dbf (banco de dados) gerado na AMC pelo processo de alocação SUE, em 04/06/2008;
[536] Correspondente ao item de código '8', da tabela 31 deste capítulo, com 114.493 segmentos;
[537] Arquivo tipo matriz.dbf (banco de dados) conhecida como 'CHAVE-MESTRA', com os IDs de interseção entre as duas outras matrizes. Foi originado pelo algoritmo TYTO.
[538] Foram extraídas somente as que obtiveram R^2 superior a 0,20.

saturação[539]. A análise revela que o usuário da malha principal de vias arteriais e coletoras decide sua rota primordialmente de duas maneiras. A primeira, pela contagem de 'esquinas' ou 'nós' que está disposto a vencer para atingir seu destino. O percurso que este motorista hipotético percorre está contido em um universo de 7 (sete) a 18 (dezoito) conversões (interseções). Em números, a melhor correlação de 'R^2 = 0,26' mapa ASA-12_5, para a variável Angular_Node_Count_R18_00, atesta que os motoristas estão dispostos a enfrentar até dezoito conversões de esquina nas áreas em vermelho e amarelo (diversas tonalidades) da figura 105. Ao mesmo tempo, na figura 106, do mapa ASA-17_13, a variável Angular_Total_Depth_R7_00, aproxima-se em termos estatísticos e de similitude gráfica com a AC. Ou seja, os motoristas também decidem em função dos ângulos de conversão, que determinam uma relação entre a profundidade[540] e a saturação (MAX_VOC) na área amarela e vermelha do mapa. Desta forma, nesta simulação sintática, comparando a região da AC admitida pela AMC, o motorista também opta por sua rota conduzido pelo espaço da malha, confirmando a existência do efeito primário pré-definido na *hipótese 1*. Conhecido o intervalo entre 7 e 18 raios de conversões seguem-se para o teste de um destes raios para as análises regressivas envolvendo a *hipótese 2*, o efeito quaternário dos *atratores*, o uso do solo.

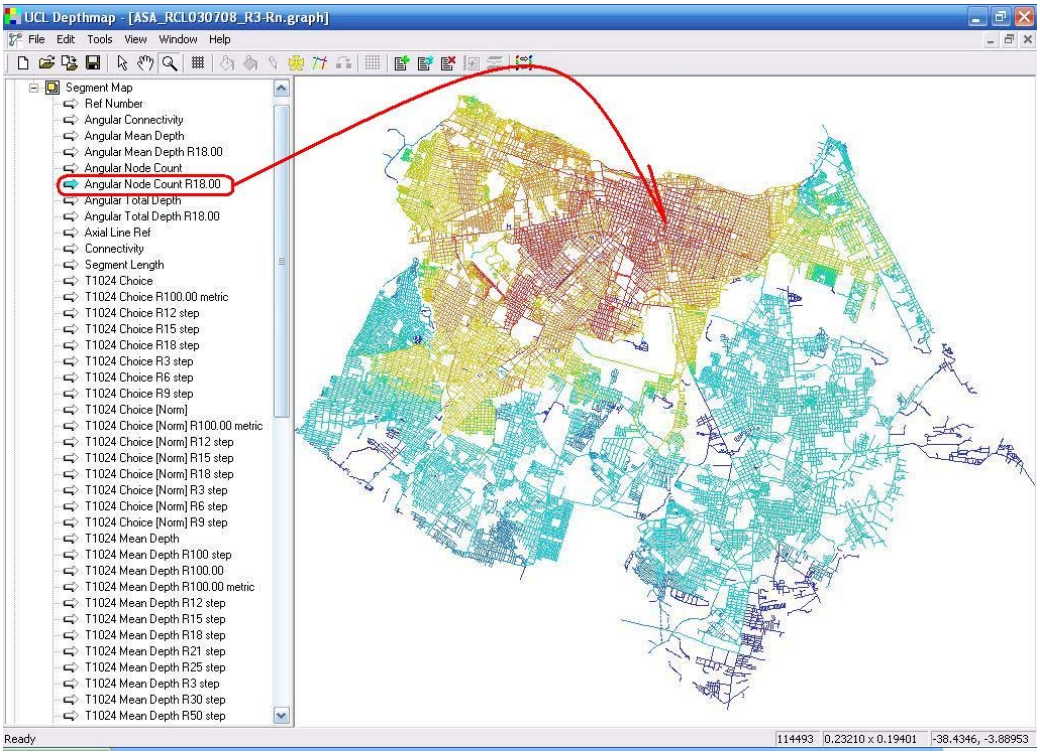


Figura 105. Mapa de melhor correlação Max_VOC ~ ASA-12
Variável Número de Interseções por Caminho Angular_R18.Fonte: o autor.

[539] Outras também foram testadas, como: AB_FLOW, BA_FLOW, TOT_FLOW, AB_TIME, BA_TIME, MAX_TIME, AB_VOC, BA_VOC, MAX_VOC, AB_SPEED, BA_SPEED, CAPACIDAB, CAPACIDBA.
[540] Segundo a escala de Cohen (tabela 9), 'pequena', pois R^2 é igual a 0,24.

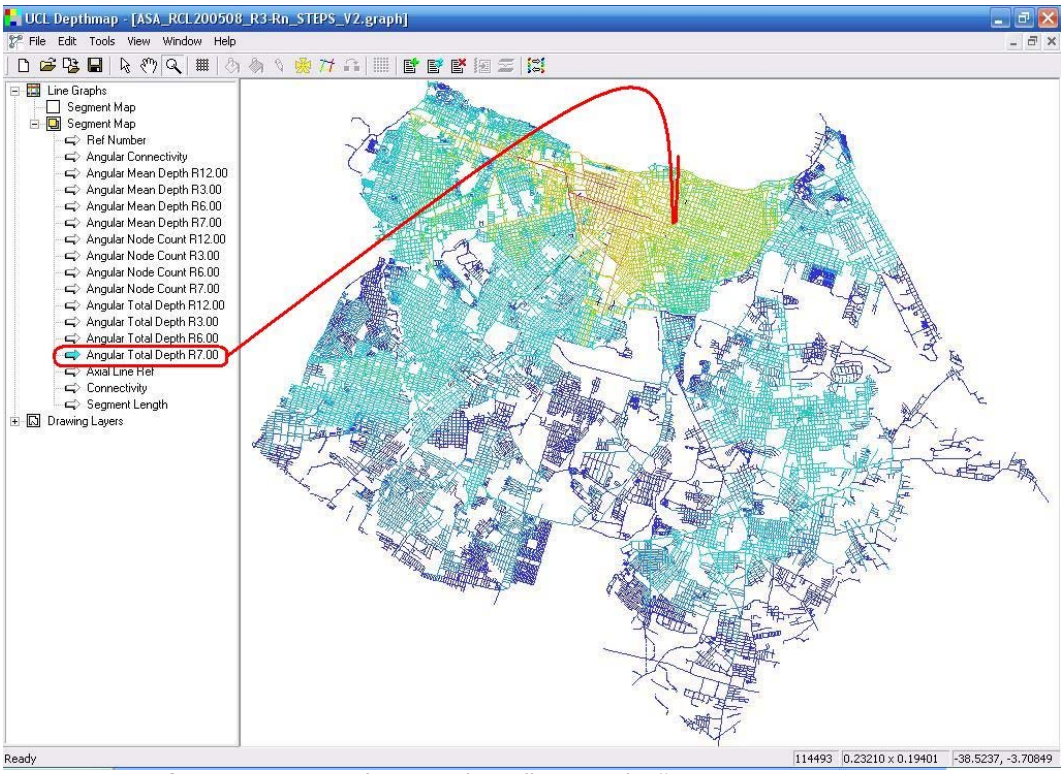


Figura 106. Segundo Mapa de melhor correlação Max_VOC ~ ASA-17 Variável Profundidade Total Angular_R7. Fonte: o autor.

5.5.1.2 Regressões - Equação de Saturação (congestionamento - AC)

> A *hipótese 2* considera também os congestionamentos como uma conseqüência ou efeito da influência dos *atratores*[541] como os principais aceleradores deste fenômeno.

Para testar a confirmação desta hipótese, optou-se pela construção de uma equação explicativa[542] da *saturação do tráfego*, ou congestionamento veicular. Nesta perspectiva, entende-se que sua concepção passa inicialmente pela compreensão do fenômeno e dos tipos de escolha de movimentos que o originam[543]. Por este motivo, os capítulos 2 e 3 discorreram sobre os tipos de escolha para este estudo de caso: a escolha do motorista baseada na previsão de trechos congestionados ou restrições de capacidade estocástica (Alocação SUE), e a escolha do motorista em função do seu conhecimento/desconhecimento da malha, sua *cognição* ou *efeito primário* (efeito 'minotauro' ou labiríntico da SE).

---

[541] *Atratores* para os estudiosos da morfologia, ou *pólos geradores* para os estudiosos dos transportes.

[542] Corroborando com MATOS, M. A. (1995), a técnica de regressão tem dois objetivos básicos: *"O objectivo pode ser explicativo (demonstrar uma relação matemática que pode indicar, mas não prova, uma relação de causa-efeito) ou preditivo (obter uma relação que nos permita, perante futuras observações das variáveis X_k, prever o correspondente valor de Y, sem necessidade de o medir)".* Neste trabalho a predição é uma sugestão e não subproduto, resultando em indicações de estudos futuros.

[543] Neste caso, esta pesquisa já cumpriu seu papel até a presente etapa na explicação dos tipos de escolha que o condutor (motorista) executa na definição dos caminhos que deseja percorrer para partir de determinada origem a um determinado destino.

Uma vez delineados estes dois tipos de escolha, definiu-se como premissa que os trechos congestionados são evidenciados pela existência de *atratores*, ou PGV´s (micro e macro). Em seguida, estes foram caracterizados, identificados e modelados em ambiente SIG. Cabe agora, testar cenários ou iterações entre os atores por meio de combinações entre suas variáveis: saturação (SUE), co-presenças (ASA) e atratores (USO do SOLO). Como as variáveis envolvidas são de dimensões e escalas diferentes, cabe neste momento uma caracterização em termos estatísticos.

Variáveis de saturação - Distribuições

Variáveis de Tráfego (fluidez)

Como dito anteriormente, a modelagem SUE oferece ao analista, diversas variáveis de análise da saturação (tabela 34). Para escolha da melhor variável representativa da saturação realizou-se uma análise quantitativa em distribuição de freqüências e uma qualitativa em discussões com os técnicos da AMC para decidir qual variável seria mais representativa para a subamostra de 27 vias da AC.

Tabela 34. Variáveis de Saturação da Modelagem SUE.
Fonte: o autor.

Variável	Descrição
AB_FLOW	Fluxo de veículos no sentido 1
BA_FLOW	Fluxo de veículos no sentido 2
TOT_FLOW	Fluxo total de veículos nos dois sentidos
AB_TIME	Tempo de deslocamento no sentido 1
BA_TIME	Tempo de deslocamento no sentido 2
MAX_TIME	Tempo de deslocamento máximo dos dois sentidos
AB_VOC	Saturação: Volume/Capacidade no sentido 1
BA_VOC	Saturação: Volume/Capacidade no sentido 2
MAX_VOC	Saturação: Maior Volume/Capacidade por link (1 ou 2)
AB_SPEED	Velocidade do fluxo no sentido 1
BA_SPEED	Velocidade do fluxo no sentido 2

A variável escolhida foi a MAX_VOC, pois esta supostamente identifica a *saturação máxima* por trecho e estaria mais próxima à configuração sintática[544]. Ao analisar as tabelas associadas pelo algoritmo TYTO, viu-se que o TransCAD efetua uma junção da variável Segment_Length (ASA) com repetições para a variável SUE (SHAPE) MAX_VOC. Isto levou a uma semelhança no seu mapa de distribuição por vias observado na figura 107.

[544] Mesmo assim durante a pesquisa, surgiram algumas divergências em se ponderar esta variável pelo tamanho do segmento axial, uma vez que isso evitaria o erro de superposição entre links e segmantos ASA. Ao mesmo tempo, esta ponderação aproximaria os valores simulados ASA ao modelados SUE. Após alguns testes, optou-se pela distribuição da variável MAX_VOC 'sem' ponderação.

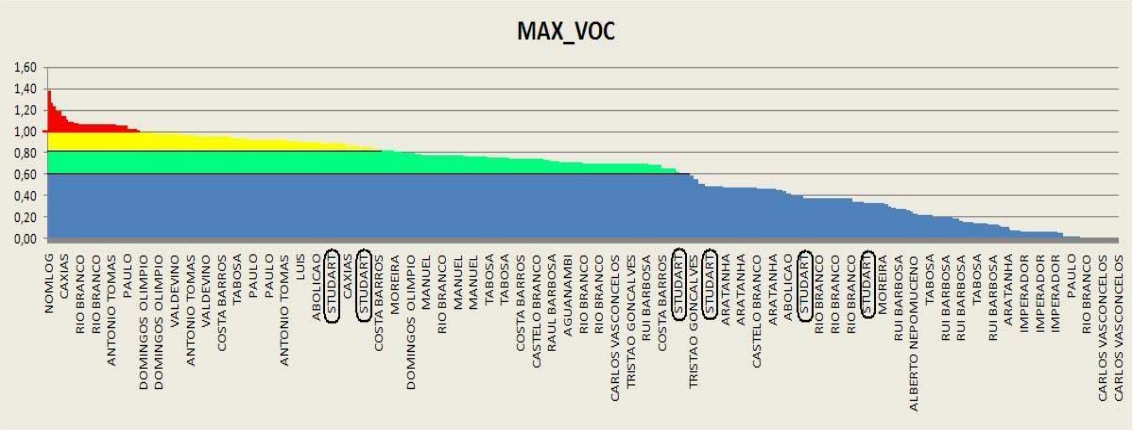


Figura 107. Saturação MAX_VOC 'sem' ponderação
Fonte: o autor.

Constatou-se que trechos na faixa entre 1,00 e 1,40 de MAX_VOC, contém as vias Duque de Caxias, Barão do Rio Branco, São Paulo e Domingos Olímpio as quais, atualmente, são os trechos mais *saturados* ou *congestionados* (ou saturados)[545]. Ou seja, nestas vias o volume veicular no pico é extremamente alto e a melhor correlação observada na tabela 33 confirma a Avenida Duque de Caxias como a mais saturada de toda a malha[546].

A segunda faixa de saturação observada está entre 0,80 a 1,00 (cor amarela). Neste intervalo observam-se vias bem *próximas da saturação*, onde os congestionamentos ocorrem espacialmente mais dispersos na malha. Esta faixa aponta para vias que sofreram grandes alterações de usos (**Padre Valdevino, Domingos Olímpio**), acúmulo de micro pólos geradores (**São Paulo, Costa Barros**) além daquelas que congregam micro e macro PGV´s, como hotéis, pousadas e lojas do setor de turismo (**Av. Monsenhor Tabosa**).

A terceira faixa, de cor verde-claro, apresenta as vias com 'fluxos de passagem', com a extrema direita da área amarela, representada por vias de largura maior ou de 'mão dupla', com 2 faixas por sentido e canteiro central. Caso das Avenidas **Aguanambi, Barão de Studart, Domingos Olímpio, Dom Manuel, Desembargador Moreira, Bezerra de Menezes, Raul Barbosa, Soriano Albuquerque e Tristão Gonçalves**.

Por fim, na última faixa de cor azul, encontram-se as vias tipicamente do *efeito primário*, aquelas que conduzem o tráfego por influência da malha. Surgem nesta categoria, novas vias como **Barão de Aratanha, Abolição, Alberto Neponuceno, Rui**

[545] Estes trechos correspondem exatamente ao núcleo formador da cidade antiga, principalmente a expansão radial ocorrida no início dos anos 80 (plano de 1979). Esta dispersão corresponde também com o desenho sintático dos mapas das figuras 105 e 106.
[546] Cabe lembrar que esta constatação diz respeito aos trechos mais congestionados de toda a avenida, diferentemente da saturação observada pontualmente nas interseções verificadas pelo CTA-For (tabela 25)

Barbosa e Imperador. As vias agregadas desta faixa se caracterizam por grandes volumes veiculares de ocupação do solo e uso comercial mesclado com o uso residencial[547]. Um exemplo mais avançado destas alterações é a **Avenida Barão de Studart**, antes eminentemente residencial, foi transformada em comercial nos trechos mais saturados da faixa verde-claro (MAX_VOC entre 0,60 e 0,80) e ocupada com grandes PGV´s nas interseções com as Avenidas Santos Dumont e Antonio Sales (faixa azul).

Variáveis sintáticas (fluxo veicular)

A longa lista de variáveis sintáticas requer uma análise similar das vias em questão. Por conta da desnecessidade de se abordar todas estas variáveis, optou-se por abordar algumas principais (de primeira ordem) e as mais significativas para as vias da amostra. Para a *conectividade e conectividade_angular*, ambas tidas como básicas da modelagem ASA, vê-se a distribuição de áreas (‘manchas’) de alta conectividade em bairros inteiros, como observado na figura 108.

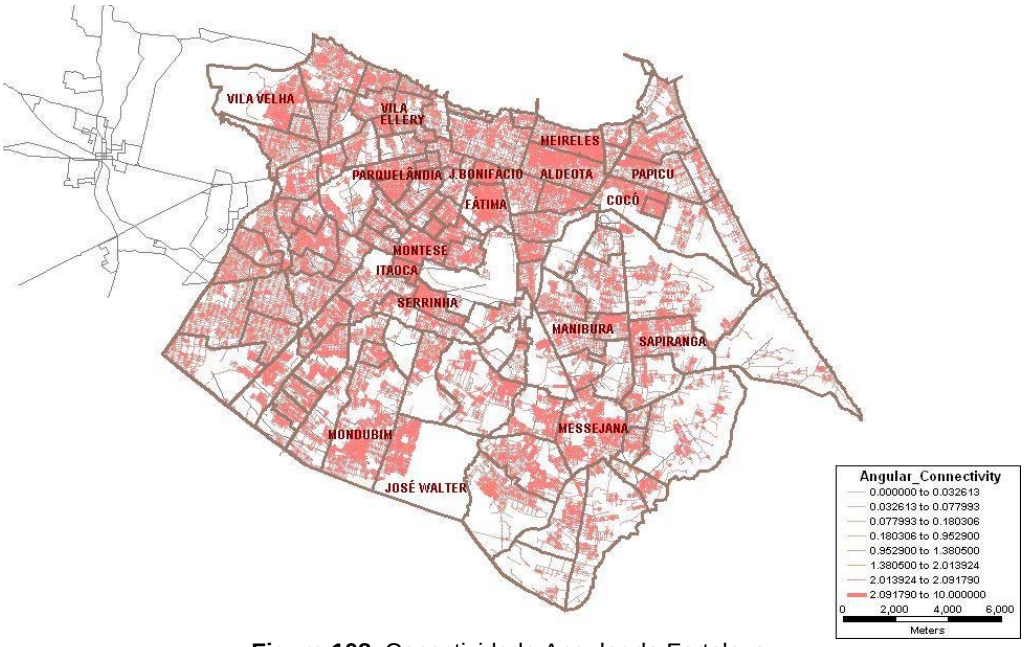


Figura 108. Conectividade Angular de Fortaleza.
Fonte: o autor.

Ou seja, a alta conexão entre as vias nestas áreas favorece o aumento de fluxos e disputa de espaço de circulação: **1)** na **AC**: **José Bonifácio, Fátima, Meireles, Aldeota, núcleo do centro antigo**; **2)** Região oeste: Parquelândia, Vila Ellery, Vila Velha, **3)** a Sudeste: Montese, Itaoca e Serrinha (contorno do Aeroporto) e em; **4)** EGV´s do lado Sul: Messejana, Mondubim e José Walter. Despontam também núcleos de expansão como Manibura e Sapiranga, bairros onde a nova elite comercial se

[547] Ainda são encontrados nestas vias alguns lotes maiores, que fatalmente se transformarão em grandes condomínios ou pólos geradores de serviços e de saúde (clínicas principalmente).

localiza. Junto com ela novos macro-pólos ao longo da Avenida Washington Soares. Um exame mais aproximado da AC para conectividade angular detecta os trechos mais conectados das vias na malha (figura 109).

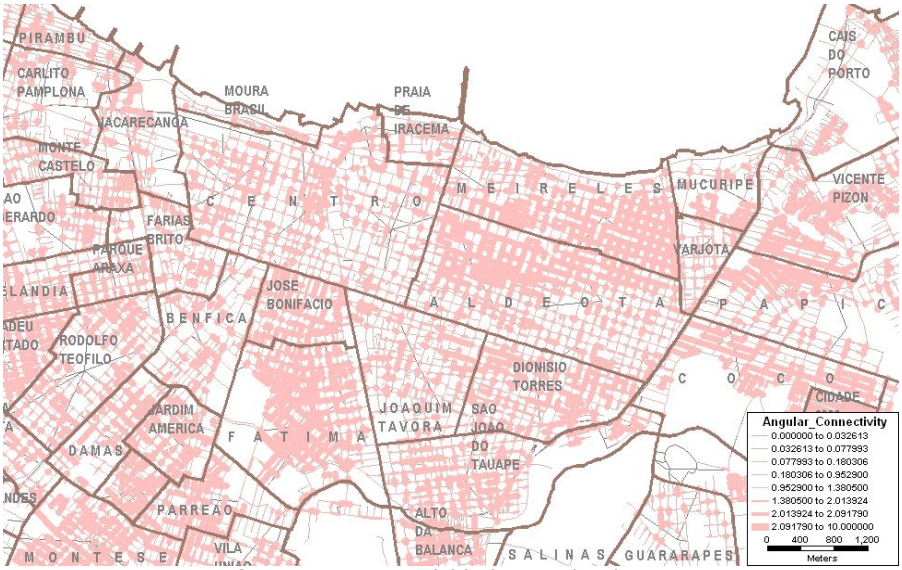


Figura 109. Conectividade Angular da AC.
Fonte: o autor.

Observam-se nitidamente áreas de alta conectividade (entre 2,09 a 10) nos bairros de **Fátima, José Bonifácio e Dionísio Torres**, com uma maior evidência na **Aldeota e Meireles**, os quais são 'divididos' pela Avenida que os separa oficialmente, a Dom Luis. Outra variável ASA de primeira ordem, a *choice*, ou 'escolha rápida', semelhante ao caminho mínimo da modelagem de transportes, revela as vias 'estruturantes' de toda a malha, conhecidas como as mais utilizadas pelos motoristas (figura 110).

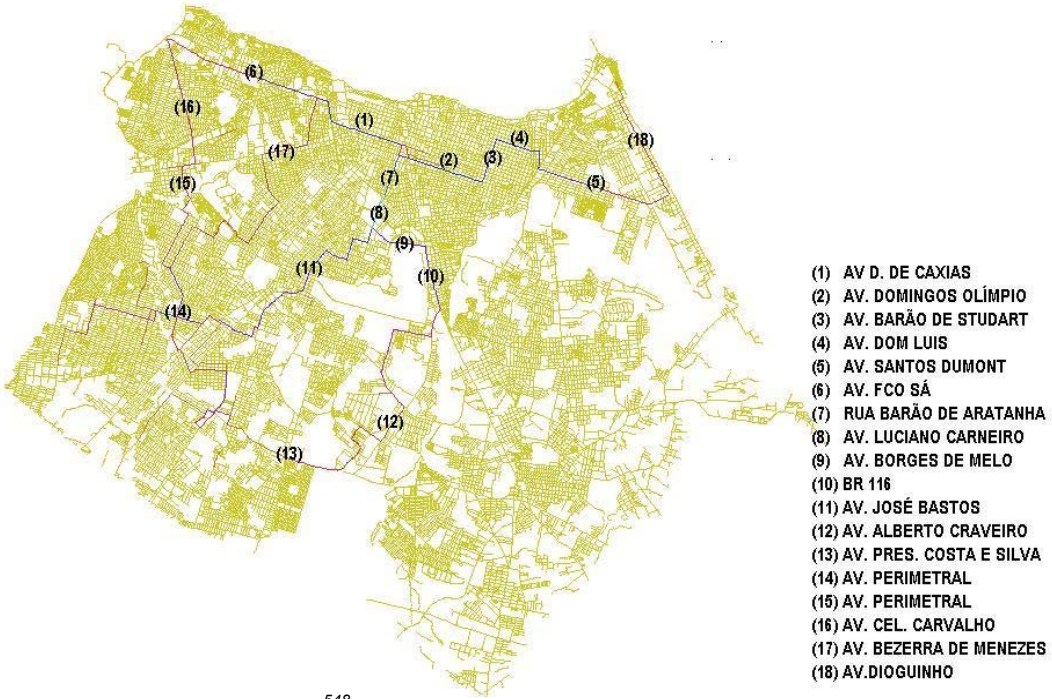


Figura 110. Choice[548] – Escolha Rápida de Fortaleza, Raio *n*. Fonte: o autor.

[548] Extraídos da análise da tabela 31, mapas ASA-12 e ASA-17

Isto traduz os limites e potencialidades deste modelo ASA que ao mesmo tempo viabiliza a rápida identificação de eixos viários mais impactantes do *efeito primário*. Para tanto, identificou-se nestes mapas três variáveis representativas dos movimentos: a **Angular_Node_Count**, a **Angular_Total_Depth** e a **Angular_Mean_Depth**, todas para um processamento do mapa 'com conectores' de zonas de tráfego. Os raios para estas variáveis oscilaram entre 7 e 18 conversões, sendo o raio 12 a sua média aproximada entre os dois extremos, que, neste caso, seria representativo para zonas de congestionamento na cidade. Ao final, os raios e variáveis considerados para análise foram (tabela 35):

Tabela 35. Mapas ASA para análise de distribuição. Fonte: o autor

Mapa_Raio_Variável:	Descrição
ASA-08_R12	Escolha Rápida (T1024_*Choice_R12_step*)
ASA-12_Rn	Conectividade Angular (*Angular conectivity*);
ASA-12_Rn	Conectividade (*Connectivity*);
ASA-12_R18	Contagem Angular de Nós (Angular_Node_Count_R18_00),
ASA-17_R7	Profundidade Total Angular (Angular_Total_Depth_R7_00);

O resumo analítico destas variáveis está disposto nos gráficos de distribuição dos anexos 46 a 52. Vê-se, por exemplo, no anexo 46 que a variável **Escolha rápida** (*Choice*) para doze conversões revela vias que são em sua maioria externas à AC. Isto revela a tipificação do *efeito primário* da malha sobre os movimentos em vias tidas como 'de subúrbios' ou de 'bairros distantes'[549]. Percebe-se também uma pequena faixa, situada entre 4.000 e 10.000 que praticamente contém as mesmas vias estruturantes de todo o sistema (figura 110). Enquanto isso, abaixo de 4.000 está à maioria das demais vias da malha. Tais vias confirmam os principais acessos radio-concêntricos à AC.

Observando-se mais de perto a faixa de vias entre 2.000 e 10.000 de valores de *Choice*, raio 12, detectam-se outras vias que estão mais próximas do contorno externo da AC, como Rui Carvalho, Mister Hull, Gomes de Matos, Chile, Almirante Rubim, José Bastos, Cuiabá, Jovita Feitosa e Ana Nery (anexo 47). Interessante notar que todas estão posicionadas do lado oeste e sudoeste da cidade, enfatizando a forte influência da configuração sobre os movimentos nos bairros que os compõem. Esta influência ratifica que regiões mais distantes da AC estão mais suscetíveis a terem seus movimentos veiculares conduzidos pela organização da malha.

De maneira análoga, observou-se também que a **conectividade angular** (anexos 48 e 49) processada para todo o mapa, revelou que os movimentos dos motoristas estão

[549] Isto caracteriza e confirma a participação da configuração da malha nos movimentos veiculares em meios físicos distantes da área crítica, de difícil mensuração de fluxos pela metodologia tradicional e de baixo controle de ocupação do solo.

distribuídos em categorias. Vê-se no gráfico que a maioria das observações oscila entre 1 a 3 mudanças de direção. Ou seja, o desenho do espaço viário da malha influencia o motorista a mudar de direção no máximo três vezes para grande parte do mapa. Novamente as vias listadas no eixo *x* revelam ruas externas à AC, situadas bem distantes do centro morfológico da cidade.

Enquanto isso se vê no mesmo mapa que o intervalo entre 4 e 8 conversões congrega um menor número de vias. Estas vias se encontram com maior freqüência nas 'manchas' detectadas no gráfico do anexo 50, que também apresenta grande concentração de altas conectividades por segmento nos bairros de maior concentração das atividades *atratoras* de tráfego (figura 109).

A distribuição das **conectividades** apresentada na figura 111 revela que esta segue aproximadamente uma normal, com média '4'. Ou seja, a maioria 30,45% dos segmentos (soma das conectividades 2, 3 e 4) está conectada a, no mínimo, dois ou quatro segmentos vizinhos. Isto revela a permeabilidade da malha, característica de traçados menos regulares ou 'orgânicos'. Enquanto isto, tais conectividades são menores para vias 'estruturantes' do sistema ao mesmo tempo em que revela bairros como Montese, Parangaba, José Bonifácio e Parquelândia como áreas propensas a fluxos veiculares[550].

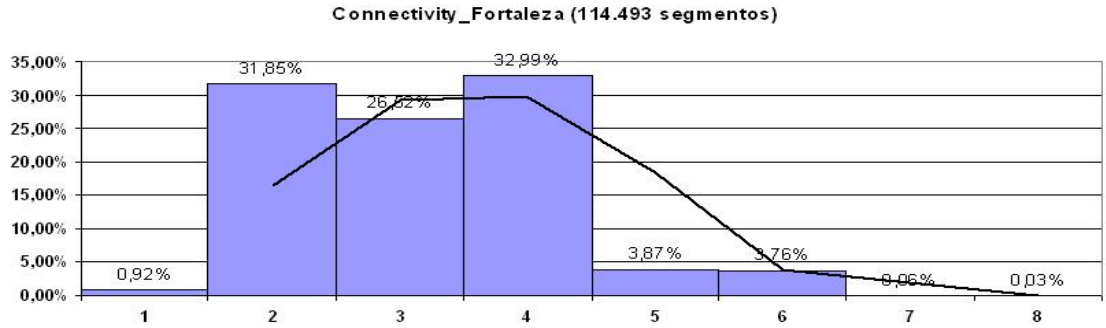


Figura 111. Distribuição - ASA-12_Rn__Conectividade (*Connectivity*) (0-8). Fonte: o autor

Outro mapa, o ASA-12, raio 18, apresenta a maior correlação com os dados simulados de tráfego pela alocação SUE. É o caso da variável Contagem Angular de 'Nós' que representa o número de vezes que o motorista cruza uma interseção viária ('nó'). Esta interseção nada mais é que uma esquina ou encontro de vias[551].

As distribuições (anexos 51 e 52) revelam respectivamente intervalos onde esta variável é mais evidente. Vê-se, no primeiro, que as vias de maior 'passagem' por

[550] Talvez seja por este motivo que vias tidas em planos anteriores como 'Comerciais', caso da Avenida Gomes de Matos (Montese), João Pessoa (Parangaba) terem vias representativas destes bairros no gráfico do 'anexo 50'.
[551] A diferença entre *contagem angular de nós* e *conectividade* clássica é que no primeiro a mudança de direção está no dobrar a esquina entre trechos e no segundo a quantidade de esquinas a serem dobradas por trecho.

suas ‘esquinas’ estão localizadas novamente do lado sudoeste da AC. Caso das vias Almirante Rufino (Montese), João Pessoa (Damas, Parangaba), Padre Guerra (Parquelândia), Júlio César (Damas, Montese), Canindé e Aracaju (Amadeu Furtado, Rodolfo Teófilo). Estas vias estão localizadas em bairros a oeste e sudoeste da AC e estão justamente posicionadas nas manchas vermelhas dos mapas (figuras 108 e 109).

Um olhar mais apurado para outro mapa ASA-17, com correlação R^2= 0,23 em fluxos alocados com a variável Profundidade Total Angular (anexo 52), apresenta vias também neste setor da cidade. Exemplos listados abaixo como a Av. Sargento Hermínio e suas vizinhas ao eixo da Av. Francisco Sá confirmam o mapa com vias mais percorridas pelos motoristas (linhas vermelhas da figura 106).

Um exame desta variável por sua distribuição em histograma (figura 112) revela novamente uma proximidade visual com uma curva *normal*, com média entre 3 a 4 ‘dobras de esquina’ (22,53%). Ou seja, os motoristas tendem a se concentrar nestas áreas quando incluem nas suas decisões de rota, tanto o número de esquinas a vencer, quanto vias mais sinuosas neste percurso, com ângulos mais abruptos de mudanças de direção. Isto confirma o caráter extremamente profundo da malha de Fortaleza nestas áreas com bairros ‘densos’ em termos de movimentos, e em esquinas de grande fluxo que conduzem movimentos para os limites sudoeste e oeste da AC.

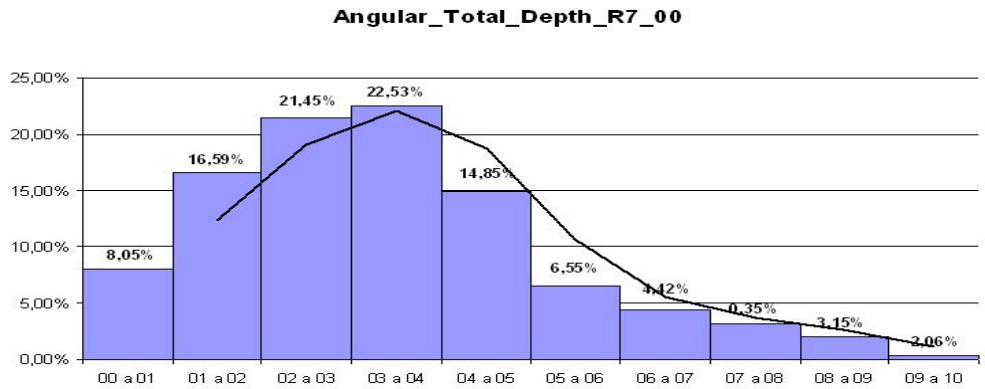


Figura 112. Distribuição % - ASA-17_R7__Profundidade Total Angular (Angular_Total_Depth_R7_00). Fonte: o autor.

Variáveis de atratores (PGV´s)

> Relatado o perfil das principais variáveis morfológicas, apresenta-se a seguir o perfil do uso do solo em Fortaleza, mas, somente para a AC nas 27 principais vias saturadas onde foi levantada ocupação do solo e seus *atratores*.

As principais variáveis envolvidas neste levantamento por lote foram: a caracterização do uso/atividade, seu porte, o nível de acessibilidade/mobilidade na via considerada,

traduzidos pela existência ou não dos evidentes ou potenciais transtornos de tráfego. Além disto, foram tipificados e quantificados os estacionamentos em cada atividade (lote), caracterizando o potencial de acessibilidade de pedestres em cada uso /atrator.

Embora estas pesquisas tenham estimado 68 vias para levantamento, somente foram computadas 44 vias arteriais (de fato) e, destas, somente 27 delas foram validadas como as mais significativas da amostra (anexo 53), incluindo aquelas que foram detectadas nas etapas: 5.2.6 (comparações ocupação-sintaxe) e 5.3.3 (modelagem configuracional-SE).

A análise dos dados coletados nestas vias revela comportamentos interessantes sobre algumas atividades anteriormente compreendidas como 'pouco impactantes' em relação a transtornos no tráfego. Nas observações em contrário identificadas e ratificadas pelos técnicos da AMC, constatou-se que alguns usos tradicionalmente contribuintes para os congestionamentos elevaram sua Taxa de Ocupação (T.O.) e seu Índice de Aproveitamento (I.A.) (figura 113)

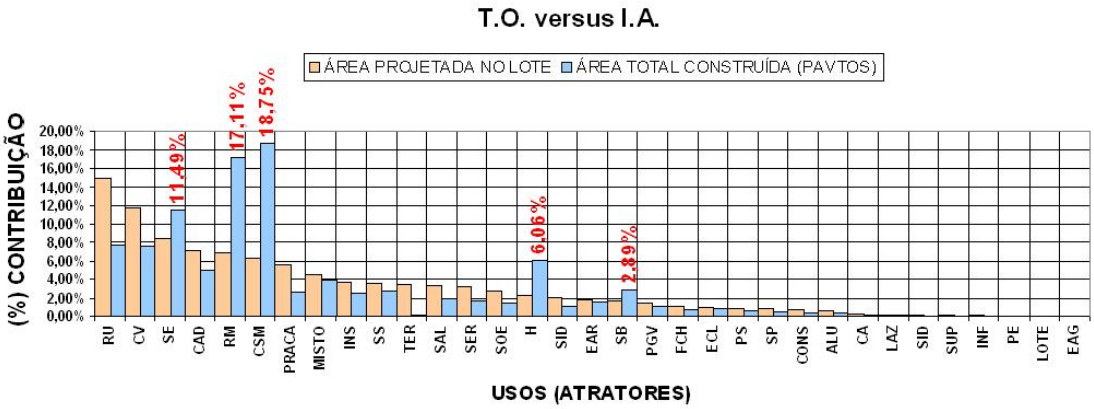


Figura 113. T.O. *versus* I.A. nas vias validadas.
Fonte: o autor.

Vê-se que nos usos: Serviços de Educação (11,45%; S.E.), Residencial Multifamiliar (17,11%; R.M.), Comércio e Serviços Múltiplos (18,75%; C.S.M.), Hotéis (6,06%; H) e Serviços Bancários (2,89%; S.B.) as densidades de ocupação nestas vias em muito elevaram seu índices de aproveitamento por lote. Ou seja, seu crescimento percentual quase que duplicou em relação a sua taxa de ocupação por lote. Neste caso, estas atividades são propensas a aglomerar grande volume de pessoas, e, por conseqüência, devem em tese, atrair grande número de viagens, transtornos e congestionamentos em suas proximidades, comprometendo a acessibilidade. Portanto devem ser consideradas como Macro-PGV´s ou Grandes Atratores.

Ao comparar estas taxas de ocupação, com estes usos em relação aos transtornos captados *in loco,* por lote, como TRANSTORNOS[552], resultante da soma dos tipos QTDEVEICLOT[553] e QTDEVEICVIA[554], vê-se algo interessante (figura 114).

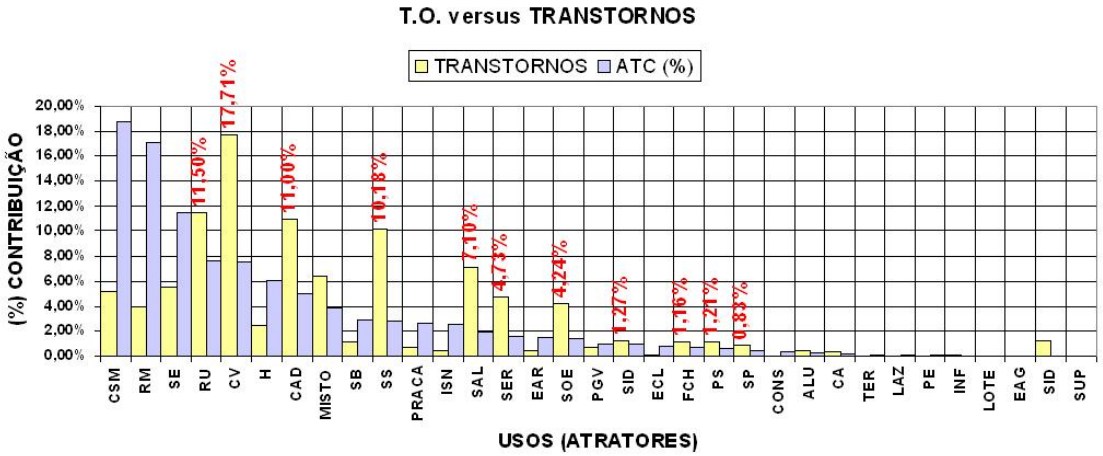


Figura 114. T.O. *versus* TRANSTORNOS.
Fonte: o autor.

Observa-se que diversos usos detêm transtornos bem acima do espaço ocupado por lote. Atividades tidas anteriormente como 'pouco impactantes' surgem como indutoras de transtornos de tráfego e são analisadas a seguir.

- Comércio Varejista (CV) – 17,71%

Os CV´s detectados pela pesquisa lideram os diversos usos identificados, e encontram-se distribuídos espacialmente nas principais vias de *acessibilidade* na área central da AC (**Av. Duque de Caxias, São Paulo, Domingos Olímp**io, etc) bem como naquelas vias do seu lado leste, **Av.Santos Dumont, Barão de Studart, Antonio Sales, Monsenhor Tabosa**, etc.). A diferença é que nas duas residem os 'nichos' de alta conectividade detectada na análise morfológica (sintática) para os bairros destas duas áreas, respectivamente, o Centro Antigo e os bairros de Meireles e Aldeota (figuras 108 e 109).

Apesar desta característica, foram encontradas baixas taxas de ocupação destas atividades (pequenos comércios no centro antigo e lojas de melhor acabamento no 'novo centro') que caracterizam a destinação comercial e de serviços da cidade. Apesar de lojas e salas com áreas menores (8% de TO[555] em relação ao total), estas representam quase 18% de contribuição dos transtornos (todos) nestes usos!

[552] Soma Percentual de todos eles
[553] Veículos estacionados 'dentro' do lote, ou em recuos visíveis.
[554] Veículos estacionados 'em frente' ao uso, na rua.
[555] Na figura 115, a Área Total Construída, ou ATC % = T.O, a Taxa de Ocupação percentual da amostra.

Talvez o motivo deste baixo valor de TO seja compensado pela quantidade e acúmulo, na mesma via, destas atividades de comércio varejista[556]. Vê-se também uma repetição destas atividades nos bairros do 'centro da minoria', caso da Aldeota e Meireles. O mesmo processo de ocupação se repete com lojas alinhadas ao longo de vias 'de passagem' do fluxo veicular, como nos casos da: Av. Monsenhor Tabosa e Av. Barão de Studart. Notam-se em ambas as alterações de usos que casas foram re-aproveitadas para um casario de pequenos comércios de vestuário e utensílios, sofrendo um processo de re-leitura do espaço de compras, tornando-se um pequeno *shopping a céu aberto*[557].

O processo se repete na segunda via de exemplo, mas de outra forma. Av. Barão de Studart foi formada pelo plano de 1962, em paralelo a Rua Tibúrcio Cavalcante, originou uma ocupação de grandes residências, de lotes bem maiores. Após processo lento de ocupação do lado leste da AC, liderado pela expansão da Av. Santos Dumont, a malha regular desta região ocupa-se de lojas de departamentos e *shoppings*, que mudam a destinação residencial e criam espaços comerciais e a verticalização com grandes condomínios, onde surgem guaritas, insegurança e medo de sair à noite.

A avenida é pujante pela manhã e esquecida a noite, repete-se o desgaste de convivência da Av. Monsenhor Tabosa, em outra escala, a do veículo. Os problemas se repetem como o estacionamento com dificuldade, a disputa de espaço de passagem, os recuos de frente das edificações tornam-se exíguos e não preparados para receber tanto carro! Os bares fecham, surgem os *self-services*[558].

- Residencial Unifamiliar (RM) – 11,50%

Tradicionalmente, as edificações residenciais têm sido consideradas como pouco impactantes. No entanto, na pesquisa de campo observou-se, para o período de levantamentos, que os RM´s são macro-PGV´s de pico de tráfego, uma vez que as pessoas saem de seus apartamentos quase que ao mesmo tempo com destinos de trabalho e estudo. Já os dados coletados para RU´s de contribuição dos transtornos por residências em relação a sua T.O. revelam uma pesquisa nos *entre-picos* em que os transtornos detectados se caracterizam por estacionamentos indevidos e veículos

[556] No centro antigo, por exemplo, é fácil encontrar inúmeras 'lojinhas' de roupas, utensílios domésticos, artigos de R$1,99, e outras atividades comerciais pouco expressivas (lojas de peças de bicicletas, por exemplo). Contudo a aglomeração, em um mesmo trecho (quadra) destas atividades origina transtornos de acessibilidade a estes usos, bem como uma baixa mobilidade viária em frentre aos lotes dos CV´s.

[557] Estas lojas se acumulam e dividem a a mesma parede de divisão, sendo do tipo 'conjugadas'. Em frente, diversas pessoas, turistas em maioria, se amontoam a percorrer o lugar. Largas calçadas dão espaço às pessoas diurnamente. À noite, as portas se fecham, e o local fica sombrio.

[558] A vida noturna fica restrita a poucos restaurantes de comida japonesa. As pessoas que vivem nos quateirões imediatamente após a via comercial se 'escondem' e se 'enclausuram' para assistir vídeo.

que se utilizam do espaço público em frente às residências que estejam próximas a atividades mais impactantes (SE, SS, etc.). É o caso das RU´s posicionadas nestas vias[559].

- Comércio Atacadista e Depósitos (CAD) - 11,00%

Os CAD´s são o terceiro uso mais expressivo na relação *taxa de ocupação* e *transtornos* de congestionamentos e se compõem principalmente por lojas de departamento, de autopeças, farmácias, padarias, confeitarias, etc. São atividades que exigem pouco espaço para comercialização, mas requerem área de estacionamento e horário específico para carga e descarga (C&D). Isto é o inverso do que acontece na amostra, pois suas vias estão repletas de atividades deste tipo e com a prática de C&D em horários e locais indevidos. Os principais transtornos detectados foram de posicionamento, como proximidade de esquinas, com CAD´s sem recuo ou área específica para carga e descarga[560].

- Serviços de Saúde (SS) – 10,18%

Nestes serviços são incluídas todas as atividades de tratamento, acompanhamento e insumos para as áreas médicas e odontológicas. Seu surgimento também acompanhou os processos sociais de deslocamento da centralidade comercial do centro antigo para o centro da minoria. Seu processo de ocupação mudou de salas comerciais do centro antigo para grandes grupos de clínicas e laboratórios nos lotes maiores da nova centralidade da Aldeota e Meireles[561]. Outros bairros, como Dionísio Torres e Fátima também acompanharam este processo e novas atividades setorizadas de tratamento clínico e ambulatorial surgiram em vias de grande fluxo, repetindo a prática de re-usos de RU´s para SS´s nestas vias da amostra.

O percentual de contribuição de transtornos de 10,18% dos SS´s contrasta com a baixa taxa de ocupação que requerem para seu funcionamento, cerca de 2,5% da área total de construção das vias da amostra. Isto revela o caráter indutivo de viagens de destino a esta atividade e a alta rotatividade de seu uso, cerca de 15 a 30 minutos, em média, para atendimento e manobras de estacionamentos em frente a seus lotes.

- Outras atividades

[559] Exatamente as residências remanescentes daquelas que sofreram alteração de uso para CV´s relatados anteriormente. Carros que não podem ser estacionados em frente às lojas encontram espaços nas vias paralelas ou em casas na mesma via.

[560] Momento em que o caminhão, camionete, van, etc, estaciona na via pública para atender o comércio e disputa espaço com os veículos do próprio CAD ou aqueles que passam em frente ao lote, gerando transtornos.

[561] Revisto no capítulo 1, em estudos de Cartaxo Filho (2005).

As atividades a direita do gráfico da figura 114 logo após o uso SS, são todas superiores em termos de contribuição de transtornos em relação a sua ocupação nas vias da amostra. Usos como SAL, SER, SOE, PGV (postos de gasolina), atividades sem identificação (SID), PS, SP e outras estão com contribuição de transtornos superiores a sua área total construída. Estas atividades, apesar de pouco representativas em termos de densidade construída, quando juntas somam 19,27% de contribuição de transtornos de congestionamento.

Isto fica mais evidente quando se encontram posicionadas estas atividades juntamente com grupos das anteriores já comentados. Dentre estas atividades, destacam-se os *Serviços de Alimentação de Lazer (SAL)*, que são compostos por lanchonetes, bares, restaurantes, *self-services* e atividades de lazer associadas à alimentação[562].

Outra análise percentual importante a ser feita é a referente à *taxa de ocupação veicular* comparada a *taxa de ocupação de usos* nas vias da amostra (figura 115).

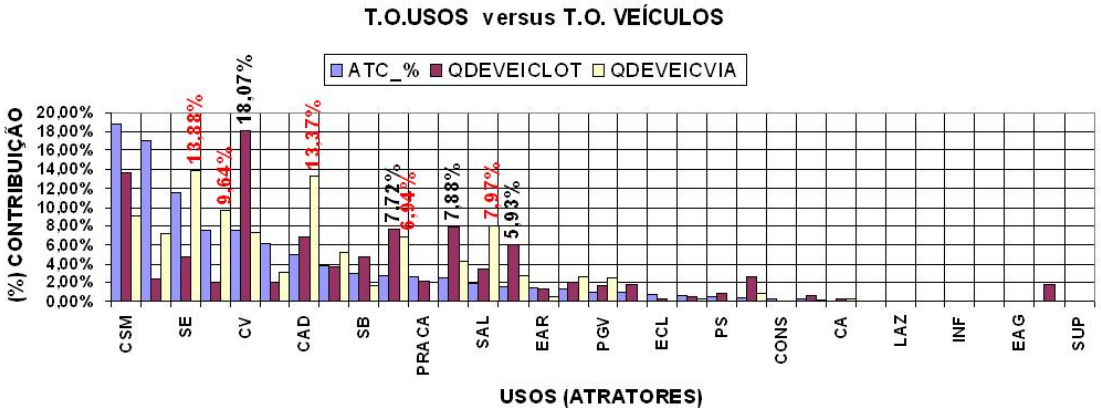


Figura 115. ATC% *versus* T.O. Usos *versus* T.O.Veicular.
Fonte: o autor.

Neste quesito, a Área Total Construída (ATC%) representa a densidade de ocupação por lote de cada atividade e, as variáveis QTDEVEICLOT e QTDEVEICVIA, indicam, respectivamente, a taxa de ocupação de veículos por lote/atividade e a taxa de ocupação de carros em frente ao lote/atividade.

Na comparação, novamente os CV´s lideram com 18,07% a quantidade de veículos que estacionam no recuo ou no lote. Em repetição, tais atividades precisam de baixa ocupação de área para atrair grande quantidade de veículos. Em segundo lugar estão,

[562] Estes serviços que somam 7,10% de contribuição de transtornos contra 2% de contribuição na taxa de ocupação também requerem pouco espaço para funcionarem e seus principais impactos estão nos C&D no horário diurno e nos estacionamentos e acessibilidade no horário noturno.

quase juntos, os SS´s e as INS´s com quase 8% de veículos da amostra estacionando dentro dos lotes, ou em recuos de frente destes. Novamente, tais atividades lideram este quesito e por isso nota-se a dificuldade em ir a uma consulta, estacionar e manobrar o veículo para sair.

Da mesma forma, instituições públicas e de economia mista, como agências, repartições de atendimento público por também ser resultado de re-usos de antigas residências de loteamentos, não estão preparadas para receber tanto veículo, não havendo espaço para estacionar e isto leva as pessoas a disputar espaço nas imediações, originando transtornos e congestionamentos. Enfim, esta primeira comparação, em uma categoria de análise local (pontual), caracteriza o problema de difícil *acessibilidade* das pessoas às atividades urbanas nas vias sintaticamente mais utilizadas.

Em relação ao quesito *acessibilidade*, em uma análise *global*, apesar dos impactos serem localizados em frente às atividades, utilizou-se a comparação entre a quantidade de veículos estacionados na via, em frente à atividade (uso), no espaço restrito de sua testada.

Vê-se que nesta comparação as atividades de Serviços de Educação (SE´s) lideram os transtornos de *circulação do tráfego* nas suas proximidades, com quase 14% da amostra de veículos estacionados para embarque e desembarque,por exemplo, de estudantes.
O segundo lugar, verifica-se os Comércios Atacadistas e Depósitos (CAD´s) que neste caso encontram-se em maioria representados por atividades de distribuição de alimentos (carnes, distribuidores de utensílios domésticos, supermercados) e comércio de alimentos (padarias, confeitarias, açougues). Verifica-se nestas atividades a baixa capacidade de oferta de espaço para estacionar e permanecer durante o tempo de compras. Também representadas por quase 14% de demanda de veículos fora do lote, tais atividade requerem também pouco espaço para funcionarem (cerca de 5% da distribuição da densidade da amostra).

> Finalizadas as análises das três variáveis (Tráfego, Sintaxe e Uso do Solo) sugeridas na proposta de modelagem do fenômeno dos congestionamentos, descreve-se a seguir a elaboração do cálculo de regressão entre as variáveis para duas simulações da *saturação*.

5.5.1.3 Comentários sobre o processo de regressão

Realizada esta caracterização apresenta-se a seguir o tipo de análise estatística a ser aplicada para estas variáveis, no caso, a *Regressão Linear Múltipla - RLM.* Por

definição, a RML é utilizada para modelar o valor de uma variável de escala *dependente* baseada nos relacionamentos *lineares* com uma e/ou outras variáveis *independentes* preditoras (ou de previsão) (SPSS, 2004). Portanto, no modelo de regressão linear assume-se que exista uma relação retilínea ou 'linear' entre uma variável *dependente* e cada uma das variáveis *preditoras/explicativas independentes*. Este relacionamento segue a descrição da equação (17):

$$y_i=b_0+b_1x_{i1}+...+b_px_{ip}+e_i \quad (17)$$

Onde:
y_i = é o valor do *enésimo* caso da variável de escala variável
p = é o número de variáveis preditoras
b_j = é o valor do coeficiente *j*, dado j= de 0,...,até p
x_{ij} = é o valor do *enésimo* caso do *j preditor*
e_i = é o *erro* do valor observado para cada *enésimo* caso.

O modelo é *linear* porque ao aumentar o valor de *j* do preditor em uma unidade, aumentará o valor da variável dependente em *bj* unidades. O valor de b_0 é o *intercepto,* ou seja, onde a linha 'cruza' o eixo 'y' e o valor da variável dependente, neste caso, será o mesmo para qualquer preditor, que terá valor igual a zero.
A *estatística* ou medidas de análise para cada *variável* considerada serão: (1) O número de casos válidos; (2) Média, e; (3) Desvio padrão.

Já as *estatísticas* ou medidas de análise para cada *modelo regressivo* são: (1) Coeficientes de regressão; (2) Matriz de correlação; (3) Correlações parciais; (4) R múltiplo; (5) R^2 (quadrado); (6) R^2 ajustado; (7) Mudança de R^2; (8) Erro padrão de estimativa; (9) Tabela de análise de variância (ANOVA); (10) Valores preditos, e; (11) Valores residuais.

Além destes parâmetros de natureza principal existem outros, de características secundárias que não serão incluídos nesta RLM, ficando seu uso para estudos futuros[563]. É importante esclarecer que o uso das RLM´s tem como propósito o teste de hipóteses acerca de valores dos parâmetros do modelo, ou seja, as variáveis de TRÁFEGO, SINTAXE e USO (x_{ij} da equação) e, para tanto, assume-se algumas premissas para confiabilidade do modelo (SPSS 2004):

(1) O '*erro*' (e_i) tenha uma distribuição normal com média 0 (zero);

[563] Igualmente, 95% de intervalo de confiança para cada coeficiente de regressão, matriz de variância e covariância-fator de variância, tolerância, teste de Durbin-Watson, medidas de distâncias (Mahalanobis, Cook, e valores estratégicos), DfBeta, DfFit, intervalos de predição, e diagnósticos comparativos. Gráficos, histogramas, distribuições normais. Fonte: SSPP13 Online Tutorial;

> **(2)** A *variância* do *erro* (e_i) é constante entre os casos e *independente* das variáveis no modelo (equação). Ou seja, um *erro* com uma *variância* não-constante é heterocedástico, e;
> **(3)** O valor do *erro* (e_i) de um dado caso é *independente* dos valores das variáveis no modelo e dos valores do *erro* para os outros casos"[564].

Muito embora esta pesquisa não seja inovadora em relação ao uso de variáveis sintáticas como preditoras ou 'explicativas' do fenômeno da *tendência a movimentos,* viu-se na literatura que as tentativas de estimação não envolveram *modelos regressivos múltiplos* que considerassem simultaneamente, variáveis sintáticas associadas, ao mesmo tempo, a medidas de tráfego e de ocupação do solo. Por este aspecto, o presente trabalho de doutoramento é inovador.

Tendo-se este prisma de avaliação, deixa-se claro também que as limitações operacionais de consolidação de uma amostra da AC detectadas na fase de captura de dados de campo e tabulação foram devidamente tratadas para minimizar os erros de estimação. Vencida esta etapa, mesmo assim, a fim de garantir um método referencial estatístico de análise, optou-se por adotar o critério sugerido por MARQUES de SÁ (2007). O autor relata que a construção e avaliação do modelo regressivo é um processo penoso e requer sensibilidade do analista em testar diversas variáveis 'candidatas' a serem explicativas/preditoras do fenômeno observado[565]. Neste sentido seria externo ao presente trabalho, encontrar um modelo 'ideal' ou 'ótimo' de previsão da *saturação* para a quantidade de matrizes investigadas (variáveis dos mapas sintáticos). Em função disto optou-se por considerar um mapa 'médio', de raio 12, intermediário entre os raios 7 e 18 encontrados na fase de correlação.

Seguindo o raciocínio de Marques de Sá associado ao critério do mapa médio, seguiu-se a indicação dos melhores valores das estatísticas: (1) SSE (minimização); (2) R^2 (square) (maximização); (3) *t* statistic (maximização); (4) *F* statistic (maximização) , e; (5) significância (minimização).

Agregado a estas, Sá sugere também testar a regressão nos modos '*enter'* e '*stepwise'*. No primeiro, todas as variáveis são processadas sem uma adição gradual ao modelo. Na segunda, *stepwise,* este procedimento é testado de maneira cumulativa, verificando as relações entre as variáveis, resultando em um melhor refino.

Além disto, é possível adicionar variáveis consecutivas ao modelo, denominado por método '*forward search method'*, ou, remover as variáveis a partir de uma combinação inicial, processo conhecido como: *´backward search method'*. Este procedimento

[564] Registros da variável a ser explicada, no caso, a *saturação*.
[565] No caso a *saturação*, representada por MAX_VOC.

executa a retirada/inserção de cada variável, nas suas diversas combinações. Este processo de combinação entre os modos de verificação (*enter* ou *stepwise*) e métodos de busca (*search* ou *backward*) ajudam o analista na comparação dos resultados e, por conseqüência, na 'garimpagem' dos dados para a obtenção de melhores estatísticas.

Adotados estes cuidados, premissas, métodos e técnicas, foram testadas duas matrizes amostrais, extraídas: 1) do mapa '0'[566] e, a segunda: 2) do mapa 17[567]. Essas matrizes foram denominadas por arquivos do SPSS e foram resultantes da combinação os parâmetros, ou variáveis do modelo, na agregação/desagregação de dados de: TRÁFEGO, SINTAXE e USO. A primeira amostra, foi a 'EQ_SAT_AC_240708_V10.sav' e a segunda amostra, foi a 'EQ_SAT_BS25.sav'. A RLM destas matriz originou as estatísticas resumidas nos anexos 54 e 55.

5.5.1.4 Análises das Estatísticas - Amostras

AMOSTRA-1 (Anexo 54)

> A primeira amostra adotada foi a equação 'EQ_SAT_AC_240708_V10.sav' oriunda da junção das matrizes:
>
> 1) Matriz de variáveis de Uso do Solo: EQ_SATURAÇÃO_270708_V2.DBF;
> 2) Matriz de variáveis sintáticas do mapa: AXIAL_ASA_RCL_080408_T1024_Rn.dbd;
> 3) Matriz de variáveis da alocação SUE: SHAPE_SUE_VOC_180608.xls

As doze iterações da *AMOSTRA-1* revelam que as variáveis de tráfego AB_VOC e BA_VOC contribuem fortemente para explicar a saturação (entre 15 a 40%). Obviamente que a modelagem SUE aplicada forneceu estes dados, mas eles podem ser pré-determinados pelo analista-urbanista, caso queira estimar com uma margem de erro entre 9 a 10 % (*Std. Error of the Estimative*) na obtenção da *saturação* para as 27 vias da amostra.

Claro que o intuito preditivo da RLM testada ainda não foi plenamente atingido, pois se verifica que após as iterações restam ainda alguns refinos a serem feitos. Primeiro, a seqüência da RLM iniciou na 1E com o teste de todas as variáveis sintáticas do mapa '0'. Os resultados de R, R^2, R^2 ajustado, teste F e significância foram bons, mas boa parte das variáveis sintáticas obteve baixos valores de contribuição (teste 't') e significância estatística ('sig.'). Apenas a *Conectividade Angular, T1024_CHO2 (T1024_Choice_R200_step e média), T1024_CHOI (T1024_Choice_Rn e média),* obtiveram bons resultados.

[566] Mapa que originou todas as associações anteriores, contendo Rn,R100, R200 e método 'step'(tabela 33)
[567] O motivo da escolha deste mapa resulta dos bons resultados de correlação obtidos na fase de análise quantitativa ASA-TRÁFEGO, exposta na tabela 33;

Contudo, a variável de uso do solo AREA_M2, que contém a densidade construída por uso foi totalmente descartada em '1E'. Algo indica que as médias ou os valores das variáveis 'reprovadas' deveriam ser retirados e, novas iterações serem submetidas no processamento da matriz. Isto foi testado nas iterações seguintes, de 2E a 5E, mas nenhuma variável ASA derivada ressurgiu positivamente (campos dos itens 8 a 20) e nem mesmo a área construída revelou ter parcela importante na explicação da saturação (MAX_VOC).

Passo seguinte, adotou-se a estratégia de mesclar os métodos '*enter'* e '*stepwise'* combinados com as técnicas de ponderação WLS além da inclusão das variáveis DANPGT e DANTRANS como *dummies* de calibragem. Assim foi feito para as iterações 7ED1, 8ED1-D2, 9ED1-D2 e 10SD1-D2. Os resultados (itens 21 a 28) incluem a área dos *atratores,* mesmo com pouca significância, dando pistas onde trabalhar o modelo.

Verificou-se também uma melhora nos resultados 't' e 'sig.' na iteração 9ED1-D2 com as mesmas variáveis surgidas em 1E, agregado a *dummy* DANTRANS como mais representativa da saturação. Ou seja, os transtornos de congestionamento quando utilizados como ajuste das estatísticas, revelam-se ser mais significativos que a classificação do *atrator* (uso do solo e/ou PGV) representado pela outra *dummy* DANPGT.

> Estes resultados levaram a se testar uma terceira estratégia, a de investigar se os dados que qualificavam os PGV´s estariam mais bem representados em uma amostra menor, somente de edificações que na LUOS de Fortaleza tivessem características de construção como grandes pólos geradores.

Optou-se em seguida, nas iterações 11E;D2 e 12S;D2, testar esta sub-amostra de usos que fossem PGT´s com área superior a 1.000m^2 ('>1000',na linha 21) e os resultados foram satisfatórios pois simultaneamente à ponderação dos dados de tráfego e ASA foram testadas as variáveis entre si no processo *stepwise* da décima segunda iteração, em que somente aquelas atividades com área superior de 1.000 metros quadrados de área (geralmente macro-PGV´s) apresentaram excelentes estatísticas 't' e 'sig.' Para as variáveis *explicativas/preditoras* de *Conectividade Angular*, *T1024_Choice_Rn* e *T1024_Choice_R200*.

Isto faz realmente sentido para grandes pólos de atração de viagens, uma vez que somente aquelas atividades que requerem grandes afluxos e permanência de pessoas (*shopings centers*, supermercados, clínicas de grande porte e escolas com alta

densidade construída) poderiam atrair movimentos veiculares de longas distâncias, como de raio 'n' ou '200' para toda a malha.

Vale salientar que a iteração 12 foi a melhor até então e já explica e comprova em termos de hipótese qualitativa, que ***a malha exerce influência nos movimentos*** e, conseqüentemente, na ***saturação.*** Contudo, apesar dos bons valores de R = 0,88, R^2= 0,77, dos resíduos na estatística 'F' terem sido menores (igual a 63, contra os 198 anteriores) e o erro geral da estimativa ter caído para 9% (item 26), estes resultados suscitam futuras investigações de refino, em sintonia fina com a desagregação dos usos do solo, testando iterações com outros mapas combinados aos subgrupos mais impactantes antes detectados, como os SS, SE, CV, CAD, e RM´s.

Por fim, adotando-se um resultado final, forçando a reta passar pela origem (constante =zero), para uma reta padronizada, tem-se a ***equação de saturação da AC*** (equação 18), definida pelos coeficientes em negrito da iteração 12S;D2 (tabela 36).

Tabela 36. Coeficientes -12S;D2, stepwise 10.
Fonte:o autor, adaptado do SPSS (2004).

Stepwise	Variáveis			Coeficientes				
	Variáveis (Descrição)	Variáveis (Termos da equação)	Variáveis (RLM)	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
				B	Std. Error	Beta	t	Sig.
10 ..?			(Constant)	0,2614	0,0342		7,65	0,000
	Saturação sentido AB	AB_VOC	AB_VOC	0,4588	0,0300	0,701	15,27	0,000
	Saturação sentido BA	BA_VOC	BA_VOC	0,5269	0,0333	0,674	15,82	0,000
	Média Choice – Raio *n*	MC_Rn	AVG_T1024_	0,0000	0,0000	0,974	5,60	0,000
	Conectividade Global	CONN	CONNECTIVI	-0,0068	0,0019	-0,164	-3,57	0,000
	Média Choice Normalizada – Raio *200 (step)*	MCN_R200s	AVG_T10245	7,9934	4,5698	0,478	1,75	0,082
	Média Choice – Raio *200 (step)*	MC_R200s	AVG_T10242	0,0000	0,0000	-1,672	-4,51	0,000
	Choice – Raio *200 (step)*	C_R200s	T1024_CHO2	0,0000	0,0000	1,315	3,97	0,000
	Choice Normalizada – Raio *200 (step)*	CN_R200s	T1024_CHO5	-5,2114	1,7371	-0,866	-3,00	0,003

MAX_VOC = 7,65 + 0,701**(AB_VOC)** +0,674**(BA_VOC)** + 0,974**(MC_Rn)** – 0,164**(CONN)** + 0,478**(MCN_R200s)** – 1,672**(MC_R200s)** + 1,315**(C_R200s)** – 0,866**(CN_R200s)**

AMOSTRA-2 (anexo 55)

> Concluída esta etapa metodológica, segue-se para a última, a geração de uma *Equação de Saturação por via*. Como objetivo secundário à identificação de categorias de análise, realizou-se uma aplicação microscópica para uma via-exemplo, testando-se uma nova RLM para esta via que foi escolhida em função de sua representatividade sintática e pela diversidade de sua ocupação.

Esta diversidade é representada por inúmeros micro e macro PGV´s detectados nas análises anteriores de uso do solo, nas taxas de ocupação veicular *versus* ocupação do solo (densidade) e pelo posicionamento desta via ao atravessar dois bairros, Aldeota e Meireles, identificados pela metodologia como sendo os mais problemáticos em termos de conectividade, ou seja, determinações históricas da própria malha ao

efeito primário. Portanto, em função destes parâmetros, da importância histórica de expansão da AC (plano de 1962, Etapa 01), escolheu-se a Avenida Barão de Studart, tipo arterial 2, sentido AB (sul-norte) e BA (norte-sul), com canteiro central e duas faixas por sentido, repleta de micro e macro PGV´s[568].

Para processar a RLM da via escolhida, optou-se pelo uso do mapa **ASA-8** (figura 116), ou 'ASA_RCL200508_R3-Rn_STEPS_V1.graph', por ter sido o primeiro mapa com extração simultânea de dados pelo método 2 (algoritmo TYTO) e 3 (visual). Este mapa traz consigo raios de conversão R: 3,6,9,12,15,18 e 21 que para AC, torna-se representativo por conter diversos raios identificados no intervalo de correlações entre 7 (mapa 12) e 18 (mapa 17) conversões (tabela 36).

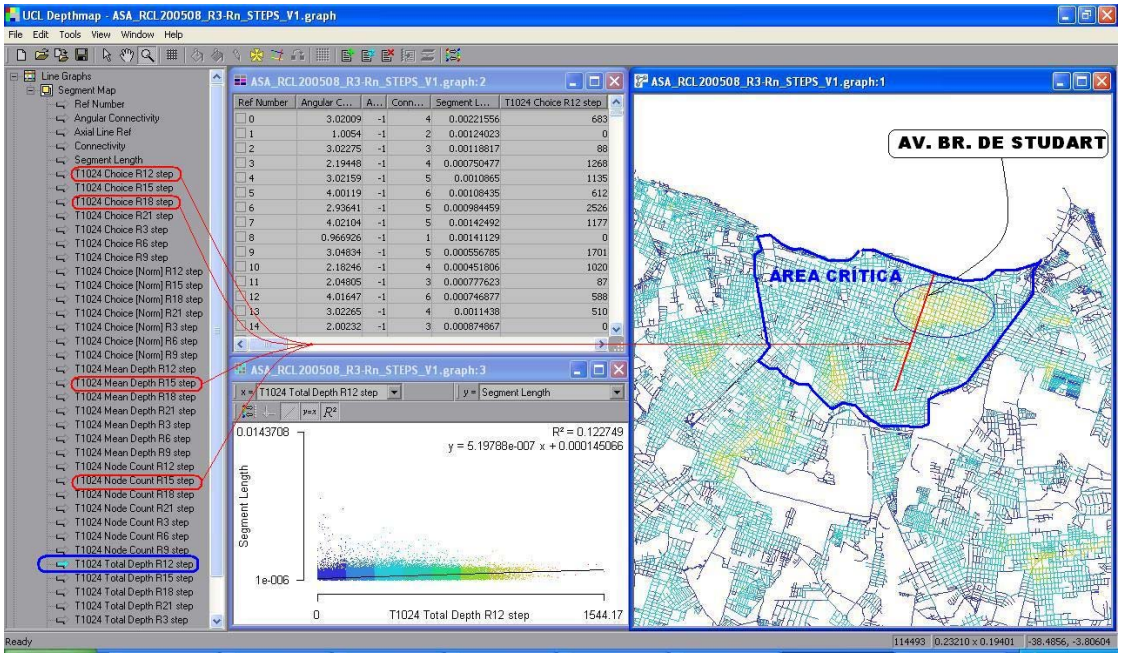


Figura 116. Fortaleza/AC modelada na Etapa 3.3 para 12 'conversões' (raios sintáticos).
Av. Barão de Studart (cor vermelha) na área mais congestionada (cor amarela).
Fonte: o autor

As análises foram baseadas no arquivo 'BS25_USO+VOC+ASA.dbf', inserido no SPSS, por sua vez decorrente da junção das matrizes:

1) Matriz de variáveis de Uso do Solo: EQ_SATURAÇÃO_270708_V2.DBF;
2) Matriz de variáveis sintáticas do mapa: ASA_RCL200508_R3-Rn_STEPS_V1.dbd;
3) Matriz de variáveis da alocação SUE: SHAPE_SUE_VOC_180608.xls

Após processamento das iterações os resultados são apresentados no anexo 55. A análise das 10 iterações da matriz 'EQ_SAT_BS25.sav' revela a constatação, em nível de categoria *microscópica* que a forma da malha como um todo *determina* a saturação

568 CV´s e clínicas médicas (SS), alem de macro-PGV´s (CAD´s) como os Supermercados: Carrefour, Bom Preço e Pão-de-Açúcar, os SAL´s Habib´s, diversas Padarias e confeitarias, Residências em desuso, Edifícios de Apartamentos (RM´s) ainda ocupados, o Palácio do Governo do Estado (INS) e o Colégio/Faculdade Christus (SE).

(*congestionamentos*). Contudo, o percurso descrito para se chegar a esta conclusão é de natureza *explicativa* e não *preditiva* das 37 variáveis encontradas[569].

O mapa **ASA-8** processado anteriormente, é sem dúvida o que agrega um maior número de variáveis e raios de conversão: 3,6,9,12,15,18 e 21. Ao mesmo tempo, a junção das informações de USO, TRÁFEGO e ASA originou algumas restrições destas variáveis, visto que no processo de junção o *TransCAD* criava novas matrizes com a *média das variáveis,* originando dois grupos: o ASA-1 e o ASA-2. O primeiro grupo lista todas as variáveis por valores absolutos e o segundo por valores médios.

Em relação às variáveis *candidatas explicativas* do fenômeno da *saturação* (MAX_VOC) estas se organizam em três tipos[570]: As de **TRÁFEGO**, as **ASA** (1 e 2), e as de **USO** (ÁREA_M2, QTDEVEICLOTE e QTDEVEICVIA). Agreguem-se a estas as variáveis de *calibração do modelo,* ou '*dummies'*: DANTRANS (TRANSTORNO) e DANPGT (PGV). As variáveis de TRÁFEGO: AB_VOC e BA_VOC foram originadas na modelagem UTMS de Viana *et al.* (2007) e já trazem consigo os valores de saturação por sentido de via[571].

Pela SE, tem-se juntas por valores absolutos ('T1024..') e por médias ('AVG_..'), as variáveis ASA (1 e 2)[572]: Conectividade, Choice (*betweeness*), Profundidade Média (*Mean Depth*), Contagem de 'Nós' (ou 'esquinas', *Node Count*), e Profundidade Total (*Total Depth*).

A estratégia adotada para inclusão ou retirada das variáveis por iteração (processamento no SPSS) foi a de testar todas as variáveis e parte delas segundo dois tipos de métodos estatísticos já comentados, o '*enter'* e o '*stepwise'*. Além destes pode-se também testar subamostras da via em relação aos PGT´s existentes, separando para o processamento pelos critérios de *'Case labels'*[573], os '*Selection Variable'*[574] e por '*WLS Weigth'*[575]. Nesta estratégia, foram testadas 10 iterações,

[569] Coluna 'ITEM' na anexo 54;
[570] Coluna 'PREDITORA' da anexo 54;
[571] AB_VOC = VOCI e BA_VOC= VOCV ('indo' e 'voltando'), revelando os dois sentidos da via,quando existem. Apesar de forte contribuição na explicação do modelo, tais variáveis foram incluídas por acreditar-se que possibilitem que o processamento matemático identifique colinearidades com as variáveis sintáticas e de uso, viabilizando uma '*percepção'* do processamento das *vias de mão-dupla* que a sintaxe não revela, corrigindo esta deficiência já comentada nas críticas à SE;
[572] Coluna 'VARIÁVEIS/ESTATÍSTICAS', anexo 54;
[573] Somente os registros não-nulos;
[574] Quando uma variável 'condiciona' certo valor, i.e: AREA_M2> 1000;
[575] Por ponderação, multiplicando-se cada estatística por uma variável pré-escolhida;

nomeadas segundo o *método* de teste das variáveis independentes*, explicativas ou preditoras* com os códigos: 1E (*enter*), 2S (*stepwise*),etc[576].

> Os melhores resultados obtidos por cada valor foi realçado em **negrito** na tabela do anexo 55, e cada etapa é comentada a seguir.

Na **iteração 1E**, percebe-se que a conectividade, a conectividade angular, a profundidade média para os raios 12 e 15, além de suas correspondentes médias, já sinalizam para caracterizar que a malha influência positivamente na saturação (MAX_VOC) com as primeiras variáveis: Conectividade Angular (item 5), Conectividade (item 6) e Profundidade Média-Raio 12 (item 13) bem como suas médias. Contudo, os valores ainda são baixos em termos de teste 't', e menos ainda quando envolve a variável uso do solo (AREA_M2) e as novas obtidas em campo (QTDEVEICLOTE e QTDEVEICVIA).

Opta-se na **iteração 2S** por testar o método *stepwise* com as mesmas variáveis. Eis que surge Choice-Raio 12, acompanhada de suas médias nos raios 15 e 21. Novamente as variáveis que envolvem impactos dos movimentos (itens 35, 36 e 37) foram excluídas. A *dummy* de transtornos (item 4) esboça sua contribuição e conexão com as variáveis sintáticas, mas o modelo ainda não estava 'fechado'.

A **iteração 3E** retorna com o método 'enter' e a retirada das variáveis excluídas. Com isso, eis que reaparece o raio 15 (itens 10, 16, 26, 28 e 30), tanto para Choice como para Mean Depth, revelando que a acessibilidade local aos lotes, representada pelas variáveis excluídas é pouco captada pela sintaxe que se mostra mais competente para revelar a acessibilidade global (ou mesoscópica, da AC). No todo, modelo ainda não estava fechado, mas novamente verifica-se que os transtornos compõem esta acessibilidade com a variável *dummy* DANTRANS (item 4).

A **iteração 4S** é mesma 3E, porém, é pelo método *stepwise* retirando-se as variáveis relativas à acessibilidade local (itens 36 e 37). Nota-se uma melhora nas respostas, mas mesmo assim, reafirma-se o raio 15, para as médias das variáveis Choice, Mean Depth e Node Count. Nos valores absolutos (ASA_1) apenas Choice-R12 é adicionada e a *dummy* DANPGT surge timidamente, ressaltando que os transtornos tornam-se menos evidentes com a retirada das variáveis 36 e 37. Mesmo com as variações, constata-se a forte contribuição de Choice-R12, que elevou seu valor de 't' para

[576] A tabela do anexo 55 resume este processo e apresenta em colunas, por iteração as estatísticas 't' e 'sig.' para cada etapa, as quais, ao final de cada coluna, tem-se listadas as estatísticas comparativas entre estas etapas iterativas: R, R^2,R^2 ajustado, Erro de estimativa,alem do teste 'F' (Fisher) e seu valores de significância obtidos.

‘27,54’, anteriormente não registrado nas iterações[577]. As iterações seguintes foram feitas com a retirada das variáveis pouco significativas em relação às estatísticas obtidas.

A **iteração 5E** revelou melhores estatísticas ‘t’ e ‘sig.’ para Choice-R15, Mean Depth-R15, com drástica redução do teste F. O método ‘enter’ foi re-aplicado em **6E**, mas com a retirada do AB_VOC e BA_VOC. Isto ocasionou uma sensível redução nas estatísticas,comprovando a forte participação destas variáveis no modelo. Por isso, vê-se o teste F com 21,0820 e R^2 = 0,7005, além de um aumento no erro de estimativa.

A **iteração 7E** retoma as variáveis de tráfego (1 e 2) e as *dummies* de calibração. Após processamento, com a omissão das variáveis de uso, ressurge a variável Choice-R12 como a mais significativa, porém o modelo continua incompleto. Foi quando se decidiu utilizar somente as variáveis que foram se consolidando como significativas nas iterações anteriores e descartando aquelas que foram excluídas mais de uma vez.

Assim nas **iterações** finais **8E, 9S** e **10S** as variáveis foram gradativamente sendo retiradas e a variável de uso do solo ‘AREA_M2’ foi agregada como seleção (Selection Variable) ou ‘subamostra’ por meio da técnica de restrição (caso da 10S) com o processamento somente das atividades que detivessem área construída total superior a 250,00 m^2. Esta estratégia trouxe, após testes de colinearidade dentro do processo *stepwise*, a evidencia de somente duas delas com significâncias muito boas: Average_Choice-R12 e Average_Mean Depth-R12, com R^2 = 0,9757. Em termos de uso de todas as variáveis, este resultado de mínimos quadrados foi inferior à iteração 1E, porém **na 10S** o modelo ficou completo.

5.5.1.5 Conclusões - Quantitativas

> As análises apresentam claramente respostas positivas quanto à contribuição da morfologia da cidade de Fortaleza para o fenômeno dos *congestionamentos*, traduzidos pela variável de *saturação* MAX_VOC. Esta constatação é verificada em todas as escalas de análise detalhadas a seguir.

1) Macroscópica:

- As estatísticas de correlações observadas para toda a cidade demonstraram, apesar das limitações metodológicas do algoritmo de associação, que existe

[577] Apesar da melhora nas significâncias e teste ‘t de student’, e melhores valores de R=0,9965, R^2= 0,9930, R^2 ajustado = 0,9925, erro de estimação = 0,0205, novamente as variáveis relativas ao uso do solo foram descartadas, revelando que seu uso ainda era inadequado ou ‘não-aplicável’,pois os valores do teste ‘t’ e significância ainda eram baixos (-2,06: 0,041).

participação da forma da malha nos movimentos das vias do sistema viário principal (arteriais e coletoras), confirmando a *hipótese 1* em seu *efeito primário.*

- O resultado da AMOSTRA-1 revelou 20% de probabilidade de correlação *pequena* entre os valores *observados* em campo pelo CTA e a modelagem ASA (figura 104). O procedimento aplicado ao mapa **ASA-8** revelou que os VMDs dentro da AC se aproximam da variável *Choice,* para raio 18.
- Já a **AMOSTRA-2**, com outro procedimento que utilizou valores *estimados* pela alocação SUE *versus* todos os mapas ASA processados, revelou MAX_VOC como a melhor para saturação. Após a aplicação para o mapa **ASA-8**, observou-se 25,6% de probabilidade de correlação com a variável Angular_Node_Count_R18_00 e 23,8% para Angular_Total_Depth_R7_00.
- Comparando estas correlações, vê-se que os resultados para valores *observados* foram piores que os valores *modelados*. Talvez isto ocorra em função das escalas envolvidas[578].

2) Mesoscópica:

- Partindo-se para confirmação da *hipótese 2*, foram testadas estatísticas regressivas para variáveis qualitativas do uso do solo e seus atratores, tendo como intuito um foco explicativo ou não-preditivo apenas para AC.
- Com este perfil, foram analisadas todas as variáveis de tráfego sendo novamente escolhida a MAX_VOC como a mais representativa para a *saturação*.
- As estatísticas 't','sig' e 'F' das 27 vias escolhidas da AC constataram o lado oeste da área, o 'centro da maioria', como o mais impactado pela determinação da malha, pois as vias mais saturadas recebiam os fluxos da região mais profunda da malha advinda dos lados oeste, sudoeste e sul de Fortaleza.
- O processo regressivo, resumido no anexo 54, revelou que o *efeito quaternário* torna-se mais evidente com o envolvimento das variáveis sintáticas na **iteração 12S;D2**, demonstrando que a *conectividade, Choice_R200 e Choice Rn* contribuíam para a identificação da saturação da AC[579].
- A equação-resultado de saturação da AC apenas indica um tipo de solução preditiva, mas por certo **explica e confirma a *hipótese -2*.**

[578] A primeira incluiu apenas interseções do sistema principal, em área menor enquanto que a segunda incluiu trechos viários mais importantes do sistema principal, com uma amostra bem maior.

[579] tendo-se como fator de calibração a variável Dummy DANPGT, que pondera (WLS) no momento do processamento se determinado uso 'é' ou 'não-é' pólo gerador (atrator). Além disto teve-se o cuidado e uma pré-seleção de usos somente com área superior a 1000m^2.

3) Microscópica:

- A título de exemplo, confirmou-se a hipótese 2 na escala de via, testando-se a mesma regressão para uma via representativa da AC, a Av. Barão de Studart.
- A tabela do anexo 55 revelou após 10 iterações uma situação diferenciada dos raios e condições para análise mesoscópica. As excelentes estatísticas encontradas, de R^2=0,97, superiores a 0,87 da AC, revelaram novos raios e variáveis. No caso, a avenida supostamente representaria movimentos menos profundos dentro da AC, com as variáveis *choice_R12 e R15 e Mean Depth_R15* indicando movimentos de passagem pela AC;
- Em termos de *atratores* o melhor resultado foi conseguido com um corte amostral de usos acima de 250m^2 de área, o que revela o caráter 'pulverizado' desta regressão[580].
- Os resultados obtidos revelam que os *dados agregados de área* parecem encobrir melhores resultados do modelo, o que faz pensar que a desagregação das atividades em grupos de uso poderia, por exemplo, explicar que atividades atraem mais congestionamentos, ou favorecem a ocorrência de conflitos de tráfego.
- Cabe destacar que o exemplo da Avenida Barão de Studart é apenas a melhor modelagem sistêmica apresentada, mas não é representativa da malha. Isto apenas revela que para esta avenida em especial, com os raios 12 e 15 que a avenida pode estar sendo utilizada como 'rota de fuga' dentro da AC, revelando a sua alta *acessibilidade*[581]. Por outro lado, novas equações para outras vias podem revelar raios e variáveis como melhores explicações dos fluxos veiculares[582].
- Vale também destacar as limitações desta modelagem em relação aos valores de 'F'[583] os quais foram muito elevados, e no caso da Av. Barão de Studart, mostrou-se ser *bastante significante*, uma vez que se detectou que todos os valores encontrados são sempre maiores do que seu valor crítico[584];

Por fim, em relação ao objetivo principal deste trabalho, pode-se afirmar que foi plenamente atingido, com a comprovação quantitativa da contribuição da forma da malha no fenômeno da *saturação*.

---

[580] Uma sugestão futura de desagregar os usos dentro desta subamostra.
[581] Uma vez que este raio local é o mesmo raio global R12 adotado pelo mapa médio!
[582] Fica como sugestão para estudos futuros, a validação e a pesquisa de novas equações, por exemplo, em análises multivariadas ou em critérios de hierarquias dos próprios fluxos, de forma também sistêmica.
[583] A distribuição F de Fisher-Snedecor, mais conhecida como distribuição F de Fisher (em honra a Ronald Fisher) ou distribuição F de Snedecor (em honra a George W. Snedecor) mede a razão entre duas chi quadrado independentes. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Distribui%C3%A7%C3%A3o_F_de_Fisher-Snedecor
[584] $F_{0,05,\ 1,\ h}$ = 3,84 (de valor crítico).

5.5.2 Análise Qualitativa

> As análises de freqüência das variáveis: ASA, de tráfego e de uso do solo, associadas aos resultados estatísticos e da evolução das centralidades urbanas verificados nos capítulos 1 e 5, conduzem a confirmações de aspectos socioespaciais e funcionais do uso da malha viária de Fortaleza, a saber:

1) A patologia social é ação/reação da lógica de distribuição espacial da cidade, traduzida por seu *espaço de circulação*.

Viu-se que Fortaleza cresceu desordenadamente, sem um devido controle da ocupação do solo. Isto foi fisicamente consolidado com ações urbanísticas que resultaram naquilo que é hoje a cidade. Os grandes projetos estruturantes da malha atual passaram por crises econômicas e o planejamento urbano da cidade 'seguiu' estes eventos que atualmente estão voltados para uma evidência do terceiro setor.
Neste sentido, a AC passou por um processo de *deslocamento socioeconômico* de suas centralidades, configurando 'duas cidades' e 'dois centros econômicos' que juntos definem a área crítica de congestionamentos. A primeira Fortaleza, dos pobres e da classe média ascendente tem IDH-M baixo a médio, no máximo, e está situada do lado oeste (noroeste, sudoeste) e sul, e que tem o centro antigo, tradicional ou 'da maioria' como seu núcleo de encontro das pessoas. A outra Fortaleza, dos ricos e da classe média em ascensão, de IDH-M médio e alto, composta até por investidores de outros países, situada do lado leste (nordeste e sudeste), que tem o novo centro ou subcentro aqui definido como 'da minoria', que ganha até 40% da renda da cidade e reúne mais áreas para especulação imobiliária. Em paralelo, as vias de acesso a AC agem como termômetros destas duas centralidades, uma vez que contém interseções de alto fluxo, de máxima saturação, e que sofrem em maior evidência os *efeitos* da malha e a distribuição *desigual* do uso do solo.

2) Os padrões de movimentos veiculares confirmam a malha como parte da causa dos congestionamentos:

As distribuições de freqüência de saturação e sintaxe da malha revelam conjuntamente que a expansão da malha (seus recortes) originou áreas de alta conectividade (figura 108 e 109). Sem desmerecer os estudos em andamento e ações de mitigação, o *efeito quaternário* de ajustes da malha em suas descontinuidades faz-se necessário e periódico. Isto porque também foi observado que mesmo atuando no controle da operação da frota a malha em si tem configuração propensa ao uso de vias de alta saturação (figura 110) para uma simulação em raio máximo.

Os gráficos de comportamento das medidas sintáticas ASA revelam que em termos de *acessibilidade global* a malha da cidade é bastante compreensível para que utilize seus trechos 'troncais' ou vias arteriais. Contudo, basta sair de uma destas vias que o motorista sente-se perdido, pois as inúmeras descontinuidades e conectividades podem levá-lo a outro destino[585]. Do ponto de vista de *inteligibilidade* entre a integração global e a local, o motorista que não conhece a cidade, o faz em meio a um *labirinto* de vias estreitas cuja característica difere-se em 'duas' *cidade*s e *centralidades*. Este labirinto é composto de bairros extremamente profundos do lado oeste, noroeste e sudoeste, com ruas recortadas e sinuosas e as vias retilíneas, mas não menos esparsas do lado oeste, noroeste e sudeste de Fortaleza, com loteamentos interligados entre si, ou 'costurados' com vias mais largas[586].

Os encontros destas 'costuras' resultam em trechos de *congestionamentos*. Estes encontros oscilam em decisões dos motoristas, ora em função do conhecimento de seus pontos críticos, ora por domínio cognitivo da malha, alterando entre um algoritmo operacional e/ou sintático. No que tange o segundo, em termos globais, o raio médio de conversão está entre 7 e 18 conversões (AMOSTRA-2), com uma maioria de conectividades angulares de quatro vias por viagem, com 32,99% para os 114.143 segmentos analisados.

Isto também se confirma com a profundidade angular da malha, que reúne do lado oeste da cidade (em maioria) cerca de 22,53% para o raio médio mínimo R7. Estes valores revelam a cidade mais labiríntica oeste *versus* a cidade menos labiríntica a leste. Em termos de impactos mais visíveis de *saturação*, nota-se que vias radiais de expansão como a Avenida Bezerra de Menezes e José Bastos ainda atendem a demanda e 'coletam' os veículos em direção a AC (Centro e Aldeota), com uma grande parte destes movimentos ainda representados pelo transporte público[587].

3) A ocupação do solo acirra áreas de desigualdade social e espacial.

> A análise dos gráficos de freqüência (figuras 113,114 e 115) dos usos do solo, seus tipos, transtornos, ocupações e combinações entre si revelam curiosidades.

[585] Isto caracteriza a 'colcha de retalhos' de diferentes loteamentos e arruamentos construídos ao longo de planos diretores que não tinham continuidade para as vias coletoras e locais.

[586] Caso da Av.Washington Soares que suscita futuras centralidades de caminhamento morfológico-econômico da cidade.

[587] Acredita-se que a gradativa elevação do tamanho da frota venha a solicitar soluções futuras de alargamentos viários, pois a população deverá 'migrar' para o modal privado, caso contrário, esperam-se melhorias na oferta de outros modais públicos (metrô, terminais, bicicletários, etc). Ou seja, enquanto não ocorrem 'ações físicas' características do *efeito quaternário*, as 'ações operacionais', típicas do *efeito terciário* continuam a ocorrer, retardando o fechamento do 'círculo virtuoso'.

Os usos que requerem pouca ocupação são os que mais impactam ou causam transtornos na acessibilidade à via lindeira e a estes próprios usos[588]. Usos anteriormente tidos como 'não-impactantes' são detectados pela pesquisa, onde se vê que residências próximas a atividades comerciais e de serviços foram retratadas com transtornos em frente a seus lotes. Isto se deve aos usos próximos como às atividades: SS, CV, CAD, SAL, SER e SOE de maior para menor relevância, que atraem viagens e acumulam veículos (e pessoas) nas suas proximidades. Por não disporem de espaço intra-lotes para receber esta demanda, ocasionam impactos nas proximidades, causando congestionamentos ou valorizando/desvalorizando a urbanidade da região.

Este processo localizado contribui para a desigualdade social e espacial em escala global, pois a vivência destes espaços parece replicar, em escala microscópica, a mesma lógica socioespacial nas escalas meso e macroscópica.

Em tese, os CV´s, CAD´s, SE´s e os SS´s são os que aglomeram mais pessoas[589]. Neste caso, vias que acumulam estes usos bem próximos entre si, caso das vias: **Av. Barão de Studart, Av. Antonio Sales, Av. Santos Dumont, Av. Duque de Caxias, Av.Domingos Olímpio**, e outras, detém uma urbanidade maior, mas, também uma maior probabilidade de infortúnios e transtornos. As interseções destas áreas de impacto (ou de influência) entre si originam novas centralidades e concorrência de mercados.

Em termos sintáticos, viu-se que *os movimentos influenciados pela malha convergem para estas áreas*, confirmando sua '*resposta espacial'* a uma distribuição social e econômica *'desigual'.*

5.6 ETAPA 06. Validação

5.6.1 Levantamento de Campo

Devido à impossibilidade de tempo e de pessoal para se alocar equipe de pesquisa em novas contagens de tráfego, além do levantamento de uso do solo nas 68 vias da amostra, optou-se por sugerir esta etapa para trabalhos futuros em que utilizem a RLM com um *intuito preditivo* da participação das variáveis *morfológicas* e *atratores* como candidatas e contribuintes nas hipóteses estipuladas.

[588] Em termos pontuais, estes infortúnios ocasionam congestionamentos que, em função do seu posicionamento, somatizam os transtornos em uma mesma via ocasionando atrasos em 'cadeia' e probabilidade de acidentes.
[589] Ao considerar uma média de 2 pessoas por veículo e uma área de impacto de até 600m.

5.6.2 Validação

A título de trabalhos futuros, sugere-se uma nova pesquisa no mínimo nas 27 vias da amostra da AC, tentando captar os reusos do solo e suas alterações 'inter' e 'entre' grupos de atividades urbanas. Neste processo, também se recomenda o teste em duas situações. A primeira, com a reclassificação de usos a ser determinada pela prefeitura por ocasião da outorga do novo Plano Diretor da Cidade de Fortaleza. A segunda, com a construção de um modelo *preditivo* por via classificada segundo a hierarquia sintática e não operacional[590].

[590] Sabe-se que a AMC encontra-se em processo de nova coleta de dados de uso do solo para microsimulações (efeito terciário),caracterizando novamente uma cultura de olhar somente os pontos críticos, procurando remediar problemas. Reomendou-se que estes levantamentos replicassem a metodologia desta pesquisa, e que futuros estudos possam incorporar as duas amostras, possibilitando a consolidação das hipóteses.

CAPÍTULO 6

CAPÍTULO 06 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

> Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões e críticas em termos teóricos, metodológicos e técnicos sobre o problema e os processos utilizados para confirmação das hipóteses explicativas.
>
> Estas conclusões referem-se às categorias acessibilidade local e global buscando correlacioná-las à realidade da cidade nas escalas macro, meso e microscópica.

Como dito na introdução deste trabalho, o presente estudo é uma *interface* investigativa entre o Urbanismo e os Transportes. As contribuições extraídas são indicadas para ambas as áreas.

6.1 Contribuições

6.1.1 Contribuições Teóricas

> Em relação ao objetivo geral, confirmou-se teoricamente e com bases estatísticas que a consideração da morfologia da cidade de Fortaleza realmente contribui para uma metodologia sistêmica de análise de congestionamentos de sua malha viária.

Os resultados estatísticos para a malha da cidade (114.493 segmentos), para a AC e suas centralidades, confirmaram que sua forma evoluiu de maneira desigual, acompanhando as configurações econômicas que levaram a cidade a ser o que é hoje. A distribuição de conectividades confirmou aspectos sociais fortes, como a segregação do lado oeste, parte menos equipada e de uma parte leste, com melhores traçados e infraestruturas.

Apesar das constantes ações de controle, a elaboração dos espaços de circulação passa necessariamente pela participação da arquitetura e do urbanismo como vetor econômico e cultural deste processo. Isto se dá porque na medida em que se mantém uma mesma prática de criação dos *espaços de circulação* e sua conseqüente oferta de maior ou menor *acessibilidade local* e *global* (figura 117). Na prática, isto colabora com a lógica de mercado na expansão espacial (fluxos A-B) e socioeconômica (PGVs) da cidade, originando conseqüências sérias.

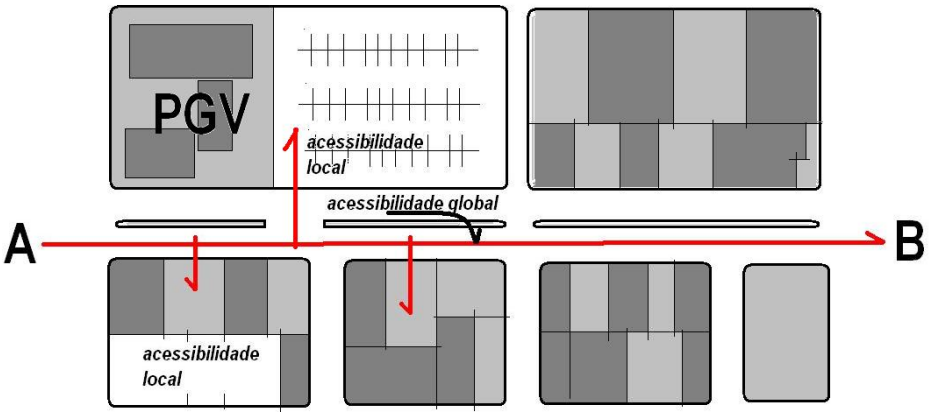


Figura 117. Esquema dos tipos de acessibilidade: Local (PGVs e Usos) e Global.

A teoria da arquitetura ensinada na academia deve por conta disto atualizar-se e agregar outros aspectos morfológicos em seu escopo teórico, levando a uma formação que perceba e seja mais flexível com novas teorias e métodos que estudem as mobilidades sociais, mas também as espaciais. Neste segundo aspecto, acredita-se ser a sintaxe espacial uma das mais atuais.

Como teoria em andamento, a SE ainda está sendo difundida em nosso país e este trabalho agrega um foco investigativo confirmando a influência do espaço de circulação nos movimentos veiculares e, conseqüentemente, nas urbanidades e centralidades. A grande contribuição da SE neste sentido resgata a formação do arquiteto e urbanista e este trabalho visa somar a esta intenção, de maneira crítica, valorizando as atribuições tanto do urbanismo como da engenharia.

6.1.2 Contribuições metodológicas

> A pesquisa foi capaz de contribuir em novos métodos de análise para o problema dos congestionamentos. Para tanto, apoiou-se em duas metodologias vigentes, diferenciando-as entre si e unindo suas potencialidades em uma só metodologia sistêmica, composta.

Para tanto, em escala *macroscópica*, foram identificadas categorias analíticas do desempenho sociológico dos motoristas em relação à distribuição desigual da sociedade que realiza estes movimentos, na medida em que acompanham o caminhamento de centralidades e com isso disputam espaço em transtornos indesejáveis de interseções e trechos críticos da saturação (*congestionamentos).*

Em nível *mesoscópico*, a metodologia conseguiu detectar o caminhamento das centralidades de ‘duas Fortalezas’, a do centro antigo, tradicional, da ‘maioria’ e o outro subcentro, com outro perfil econômico e social, mais rico e equipado, o centro da ’minoria’. A análise provou, sintaticamente, que estes centros congregam movimentos diferentes, onde o primeiro aglomera pessoas e movimentos de várias origens (bairros) das camadas populares da cidade e isto é detectado por um número de conversão maior, devido a altas profundidades médias de locomoção, custo e tempo.

O segundo centro (Aldeota, Meireles) reúne movimentos internos da população que vive e utiliza seus espaços, aliando-se nos horários de pico, a movimentos de transporte público e privado, advindos de bairros do lado oeste. Isto foi verificado nas poucas mudanças de direção ou raios sintáticos entre R7 a R18, com média em R12, caracterizando movimentos internos a AC mais bem distribuídos em termos de

integração. Nota-se, por exemplo, nas vivências e ocupações das pessoas nesta subárea que a fluidez e acessibilidade divergem consideravelmente em relação ao centro antigo. Isto porque a urbanidade desta área é maior também em decorrência do fluxo veicular, traduzidos pelo acesso das pessoas (motoristas e passageiros) às atividades como *shoppings centers* e serviços especializados.

Foi observado que o deslocamento socioeconômico das atividades impactantes detectadas pela pesquisa (SS, SE, CV, CAD, SAL) migrou intensamente a partir do plano diretor de 1979, mais fortemente nos anos 80, do centro antigo para a Aldeota e Meireles, bairros em que comprovadamente a malha detém altas taxas de conectividade e permeabilidade ao veículo (menos labiríntico). Esta característica é ***causa*** e ***efeito*** de uma cronologia de desenhos urbanísticos de Fortaleza, definindo uma malha do tipo *colcha de retalhos* que confirmam pesquisas anteriores de Medeiros (2006) e de Amorim e Medeiros (2007). Nesta *colcha*, observam-se '*costuras'* de diversas expansões físicas em cada período de crescimento econômico, evidenciando áreas planejadas que acompanharam este crescimento e outras que ficaram a mercê de expansões espontâneas e micro loteamentos.

Como conseqüência, o traçado da malha, em certas áreas, como a AC, contribui negativamente para a fluidez. A SE parece ser uma técnica mais adequada na detecção preventiva da evolução desta malha e sua acessibilidade, revelando em termos de traçado o que acontece em termos sociais e econômicos. Deve ficar claro que usar isoladamente a SE para 'resolver' a cidade não é possível, mas associá-la a outras metodologias sim, viabiliza uma aproximação entre a arquitetura e o urbanismo e outras áreas do urbano. Desta forma os primeiros passam a ser vistos de maneira menos estética e mais de maneira prática e participante do desenho de cidades. A responsabilidade neste processo deve, entretanto, respeitar as potencialidades de outros *saberes* existentes da engenharia de transportes que lidam muito bem com a dinâmica dos movimentos. Contudo, as engenharias também precisam considerar o espaço *estático* como algo que impacta este *dinâmico*, à medida que também muda.

Neste sentido a principal contribuição teórica é a confirmação, pela SE, que a configuração dos espaços de circulação ordena ou induz os movimentos veiculares, pois a feição dos espaços ocupados (quadras, espaços públicos) acaba por impactá-los negativamente. Primeiro, na ocorrência de estacionamentos indevidos (tomada do espaço público pelo privado), segundo, no acesso local a atividades (pólos geradores,

atratores) e terceiro, na acessibilidade geral da malha (saturação/congestionamentos), conclusões empíricas que vão além dos modelos gerados pelos transportes.

6.1.3 Contribuições técnicas

> Devido à temática de *interface* as contribuições técnicas que utilizaram a SE com a modelagem UTMS estão distribuídas simultaneamente para o urbanismo e os transportes, na medida em que:

1) Para o planejamento de transportes e tráfego:

- O uso da técnica de axialidade consorciada a outras modelagens vigentes viabiliza mais rapidamente identificar hierarquias de movimentos na malha, testando novas conexões (novos desenhos viários) mesmo antes de sua implantação;
- Da mesma forma, esta técnica permite simular ocupações em nível de projeto, uma prática comum para países que já a utilizam. Na realidade local, sugere-se que seu uso, devido à atual facilidade de contagens em tempo real, viabilize comparar estatisticamente os volumes *observados* e *estimados* com variáveis sintáticas, melhorando cenários e propostas de futuras cirurgias urbanas.

2) Para o planejamento urbano:

- A replicação do uso das técnicas de axialidade e análises de segmentos (ASA) viabiliza a identificação imediata de fortes áreas de *conectividades* e propensões a *encontros* e *permanências* (medidas sintáticas), mesmo em nível de projeto;
- A técnica permite testar ocupações do uso do solo e outras variáveis ou aspectos de desempenho da arquitetura: *sociológico* (índices de crescimento social: IDH, índice de Gini), *econômicos* (faixas de consumo, tributação, etc), *sustentabilidade ambiental* (índices de conforto, desgaste climático) além de outros. Enfim, todos estes desempenhos da arquitetura podem ser correlacionados a diversas variáveis, surgindo novos *olhares* do mesmo problema;
- O uso dos SIG´s é incontestável no planejamento urbano e urbanismo e a SE agrega suas técnicas aos processos de decisão dos analistas, permitindo novas potencialidades de intervenção, que não inviabilizam os métodos antigos de abordagem, mas os atualizam.
- No campo das variáveis e relações entre *espaço de circulação, atratores* e *fluxos veiculares* detectou-se que estas não são lineares, principalmente entre duas combinações (correlações), mas estas mudam drasticamente quando todas estão envolvidas (regressões).

6.1.4 Contribuições para a Cidade de Fortaleza

A pesquisa revelou que em termos urbanísticos, ao contrário da modelagem sistêmica, o UTMS-4E não consegue detectar que **o problema do congestionamento, não está no tráfego em si, mas, a que ele serve**, ou seja, ao uso e ocupação do solo, às atividades urbanas. A prática de gestão da cidade precisa ser revista, adequando-se constantemente ao seu desenho. Este desenho deve envolver estudos de domínio da arquitetura e urbanismo tanto quanto de áreas afins. A SE pode ser uma resposta quantitativa e qualitativa a esta lacuna.

Viu-se que os usos que ocupam pouco espaço urbano e ao mesmo tempo atraem muitas pessoas (veículos) são: SS, SE, CV, CAD, INS e SAL. Esta constatação, no mínimo, põe em questionamento a regra (procedimentos e parâmetros) que é utilizada para aprovar estas atividades na cidade. A expedição de alvarás de funcionamento, guardados os casos especiais, deve ser revista, e novas exigências que incluam estudos de impactos de *acessibilidade global e local* (ao lote) na via lindeira sejam rigorosamente verificadas, sob pena de acirrarem no futuro os transtornos nestas atividades *atratoras*.

Este trabalho sugere o uso continuado da morfologia (com a sintaxe espacial) associada ao controle da ocupação do solo (modelagem urbana) para acompanhar mudanças do *efeito quaternário* a exemplo dos projetos estruturantes de Fortaleza. (exemplo: TRANSFOR e METROFOR). Estas mudanças devem considerar alguns problemas típicos mais importantes de traçado e ocupação da cidade relativa à: *acessibilidade (local e global)* e, em segundo momento, compondo com a *mobilidade dos modais de transportes.*

Para a *acessibilidade global* foram detectadas *patologias* existentes no traçado da Cidade, que são sintetizadas na AC, e estão resumidas na figura 118: 1) o labirinto (malhas altamente recortadas, mescladas com o traçado 'xadrex'); 2) as descontinuidades (quebras de continuidade viária, em 'L' ou 'T'); 3) controle (únicos pontos de acesso viário entre regiões da cidade). Para a *acessibilidade local:* 1) posicionamento de atividades (acúmulo de micro e macro PGV´s sem um distanciamento que evite congestionamentos); 2) centralidades (superposição de área s de influência de centralidades, EGV´s, PGV´s), e; 3) segregação (separação física-topológica associada a social e econômica).

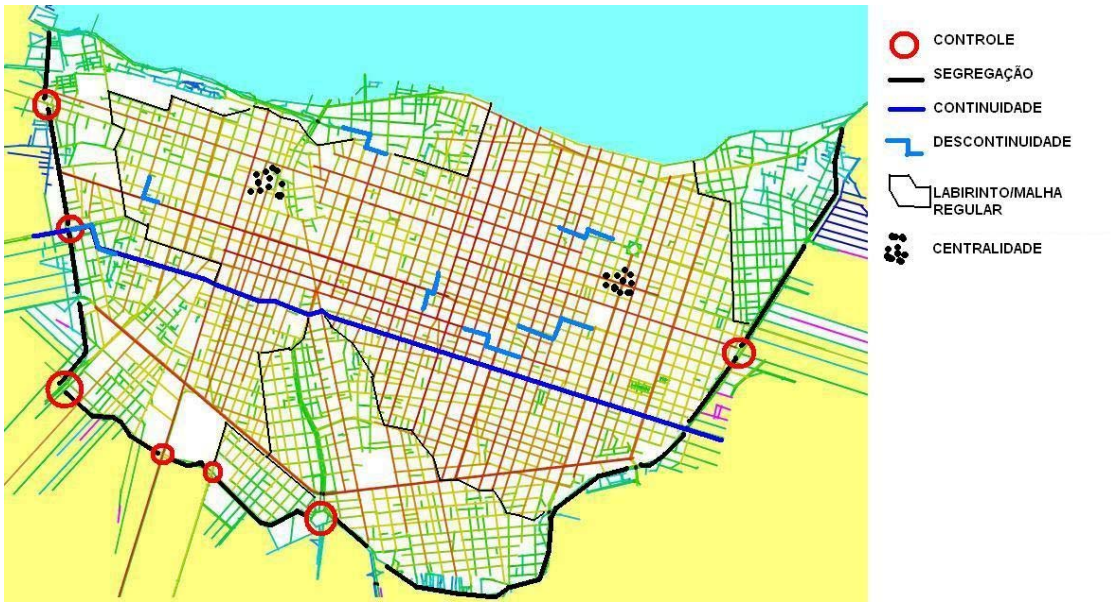


Figura 118. Patologias da AC. Fonte: o autor.

Os exemplos representados na figura 118 estão mesclados com a modelagem sintática da AC de maneira intencional, pois a detecção destas *patologias* permite visualizar *efeitos* da malha nos movimentos e nas ocupações. Entretanto ao quesito *posicionamento de atividades,* que não está disposto nesta figura, cabe recomendar a investigação de melhores critérios para a *localização*, *distanciamento* e *influências* que as atividades *atratoras* exercem na malha e nas pessoas. Os *acessos* a estas *atividades* precisam ser repensados e torna-se crucial rever critérios de *sua aprovação e posicionamento*.

A pesquisa identificou, em termos históricos, de desenho e de lógica de ocupação que este posicionamento serve a anseios culturais e de mercado. Faz-se necessário incluir aspectos *sociológicos e funcionais* atrelados à *forma-espaço de circulação* sob pena de continuar perpetuando os problemas de planejamento da cidade.

6.2 Recomendações – estudos futuros

> Em resumo, as recomendações sugeridas atingem tanto os aspectos teóricos do urbanismo como dos transportes. Contudo, são tratadas indicações específicas da pesquisa, no seu processo de aprimoramento.

6.2.1 Nas metodologias

- Novas pesquisas precisam ser desenvolvidas com aspectos *descritivos* e *relacionais* da SE. No caso dos *descritivos*, neste trabalho, recomenda-se a investigação futura da axialidade em função da sinuosidade e altimetria, por meio de representações topográficas e topológicas, em conjunto.

- Embora não sejam utilizadas nesta pesquisa, cabe sugerir estudos futuros ainda pouco conhecidos no Brasil sobre as RCL´s e dados geográficos viários dos sistemas: Ordnance Survey inglês e TIGER[591] americano de bases viárias convertidas em segmentos axiais, no intuito de desenvolver um sistema nacional.
- Para aspectos *relacionais* da SE, investigar relações entre a morfologia nas dimensões: funcional e socioespacial em escala macroscópica para outras cidades de porte médio onde a SE consegue captar com mais precisão as influências do traçado das malhas.

6.2.2 Na coleta de dados

Recomenda-se que novas pesquisas de *validação* dos *efeitos* e *estatísticas* sejam investigadas em futuro próximo. Para tanto, um aprimoramento na *coleta de dados* deve ser feita em relação à captura de aspectos *cognitivos* (percepção da malha pelo caminhante) e *sociológicos* (dados sociais e culturais) agregados que melhorem as respostas em escala *meso* e *microscópica* futuras. Sente-se que a identificação das categorias analíticas foi *parcialmente atendida* em nível *macroscópico e mesoscópico* e que não se esgota nesta pesquisa a possibilidade de melhorar formas de captura dos dados neste sentido. Para tanto, recomenda-se o uso de tecnologias, como GPS, 'imagens termais', bases alternativas de dados auxiliares às RCL´s, como mapas de consumo de energia elétrica, de tributação (IPTU, RAIS-COFINS) e de fluxos de celulares.

6.2.3 No tratamento dos dados

Tabulação

Os problemas originados na tabulação foram muitos. A falta de recursos operacionais não inviabilizou o teste das hipóteses. Contudo, o teste poderia ser melhorado com o uso de plataformas SIG-T para tabulação direta. O treinamento de tabuladores requer tempo para entender o manuseio de *softwares* SIG e com isso o autor permaneceu individualmente responsável pela correção dos erros de tratamento dos dados. Etapas de correção de ocupações e desenhos da malha são necessários para extração de índices e variáveis para as futuras simulações e, neste sentido, sugere-se o aprimoramento contínuo dos tabuladores e analistas.

[591] TIGER - *Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing System*. Bureau do Censo Americano, que disponibiliza as plantas das vias dos Estados Unidos para *download*;

Estatísticas

As respostas estatísticas confirmaram as hipóteses e demonstraram serem fortes aliadas nas análises sistêmicas. Contudo, faz-se necessário o teste de outras formas de distribuição de dados (geométrica, exponencial, logarítmica) além de comparativos entre estatísticas 'F', 't' e outras em modelos *desagregados* de usos e ocupação do solo (*atratores*), associados às variáveis dos modelos *preditivos* da AC e das vias.

A tomar pela literatura vindoura, o uso de Redes Neurais superará os modelos regressivos. Contudo ambos deverão futuramente considerar testes periódicos de expansão e intervenções de traçado, pois o cenário investigado é apenas um retrato da realidade, mas já acena para que os analistas utilizem a base de dados construída em processo contínuo, atualizando-a em termos de alterações na ocupação e no desenho da malha.

6.2.4 Na propagação da metodologia

Recomenda-se que o estudo seja propagado para outras cidades em melhoramentos e adaptações da metodologia, realizando estudos *comparativos* entre elas, a exemplo dos estudos de Medeiros (2006) e Medeiros & Amorim (2007), no melhoramento da taxonomia de cidades, não se restringindo à morfologia, mas agregando outras *visões* dos processos de urbanização.

xxx

BIBLIOGRAFIA

ALVES, D. A. S. (1999). Estudo Comparativo entre Modelos Configuracional e de Alocação de Tráfego na Análise e Avaliação da Circulação Urbana de Pedestres em Áreas Centrais. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil. Brasília.

ALMEIDA, E. M. M. A. G. d. (1997). "Modelos Integrados de Uso do Solo - Transportes, Perspectivas de Aplicação à Área Metropolitana de Lisboa," Tese de Mestrado, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa;

AMC, (2006) Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e de Cidadania de FortalezaSite: http://www.fortaleza.ce.gov.br/amc

ARRUDA, J.B.F. (1989). O Problema da Análise do Sistema de Transportes. Texto de Manheim. Nota de aula. Disciplina TCP 720. Professor Felipe G. Loureiro. Mestrado em Engenharia de Transportes – PETRAN/UFC. Sem.2005.2;

ARRUDA, M. M. de M. B. (1979) *O Processo de Planejamento dos Transportes Urbanos: Análise de Casos Brasileiros.* Rio de Janeiro, 1979. 230 p. Dissertação (Mestrado). COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

BANDEIRA, M. I. V. Q. B. (2005). Metodologia de Priorização da Expansão da Rede de Distribuição de Gás Natural com Base na Sintaxe Espacial: uma Aplicação no Setor Residencial em Fortaleza. Dissertação de Mestrado. PETRAN/UFC; 31/12/2005.Orientadores: Prof. Dr. João Bosco Furtado Arruda

BARROS, A. P. B. G._ (2006). Estudo Exploratório da Sintaxe Espacial como Ferramenta de Alocação de Tráfego, 171p. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, Unb;

BARROS *et al* (2005), Sintaxe Espacial como Ferramenta de Definição de Parâmetros de Hierarquia Viária. Artigo Científico. XIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Recife, PE, 07 a 11 de Novembro de 2005.

BATES, John (2000). *History of Demand Modelling*. Chapter 2. Handbook of Transportation Modelling. Edited by D. A. Hensher and K. J. Button. Elsevier Science Ltd., USA;

BATES, J. J. & DISGUPTA, M. (1990). Review of techniques of travel demand analysis: ínterim report". Transportation and Road research laboratory, Crowthorne, Constructor Report 186.

BATISTA, Jovino Filho (2002). Alternativas de Redes Multimodais para o Transporte Público da Zona Oeste da Região Metropolitana de Fortaleza, 2002. XIII, 118 fl., Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

BATTY, M., (2004) A new theory of space syntax, Working Paper 75. CASA, UCL, London.

BATTY M, 2001, ``Exploring isovist fields: space and shape in architectural and urban morphology'' Environment and Planning B: Planning and Design 28 123 ^ 150

BATTY M, Rana S, (2004) "The automatic definition and generation of axial lines and axial maps''. Environment and Planning B: Planning and Design 31 615 – 640;

BATTY M, Jiang B,Thurstain-Goodwin M,(1998). "Local movement: agent-based models of pedestrian flow'',WP 4, Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London, London;

BAVELAS, Alex (1948): "*A mathematical model for group structure.". Applied Anthropology 7: 16-30*

BERNAL, Cleide. A Metrópole Emergente. Fortaleza: Editora UFC/Banco do Nordeste, 2004.

BONABEAU, Eric (2002). *Agent-based modeling Methods and techniques for simulating human systems*. *In* Arthur M. Sackler Colloquium of the National Academy of Sciences, ‘‘Adaptive Agents, Intelligence, and Emergent Human Organization: Capturing Complexity through Agent-Based Modeling,’’ held October 4–6, 2001. 7280–7287 _ PNAS _ May 14, 2002 _ vol. 99 _ suppl. 3;

BOVY, P. H.L. (2007). *Modeling Route Choice Sets In Transportation Networks. A Preliminary Synthesis*. Artigo para TRISTAN V Conference, Phuket (Thailand), June 2007.

BPR, (1964). Traffic assignment manual, U.S. Bureau of Public Road. Department of Commerce, Urban Planning Division,Washington, DC.

BRASIL, Estatuto da Cidade (2002). Estatuto da Cidade: Guia para Implementação pelos Municípios e Cidadãos: Lei No. 10.157 de 10 de julho de 2001,que estabelece diretrizes gerais de Política Urbana – 3 ed. – Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações 2005. 273 p. –(Séries fontes de referência; n. 61);

BRUTON, M. J. (1979). Introdução ao Planejamento dos Transportes. 3ª Edição. Ed.: Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo;

BUCHANAN REPORT:Traffic in Towns,(1963),Her Majesty Stationary Office, London.

BURELL J. E. (1968) Multiple Routs and its Application to Capacity Restraint. In. W. Leutzbach and P. Barou (eds).

CALIPER (1996). *Travel Demand Modelling With TransCAD 3.0*. version 3.0 for Use with Microsoft Windowns. Academic Version. Caliper Corporation. USA

CALIPER (2007).Site da Caliper, distribuidora do *software* de SiG-T TransCAD: http://www.caliper.com/TCTravelDemand.htm#Trip%20Generation/Production;

CAVALCANTE, A. P. H. & JALES, A. W. L. (2008). Utilização Da Sintaxe Espacial Na Análise Da Expansão Urbana Da Cidade De Fortaleza - CE: Uma Abordagem Morfológica. Paper_647. 3º CONGRESSO LUSO BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL (PLURIS 2008). Santos, SP;

CAVALCANTE, A. P. H. & JALES, A. W. L. (2008).. Utilização da Sintaxe Espacial na Análise da Expansão Urbana da Cidade de Fortaleza - Ce: Uma Abordagem Morfológica. Resumo 647 para o PLURIS 2008. (disponível em: http://www.stt.eesc.sc.usp.br/pluris08/pt_abs_ac.html)

CAVALCANTE, A.P.d., AZEVEDO, M.A., JALES,A.W.L. (2008).Caracterização da População Flutuante dos PGV`s de Uso Misto que Utilizam o Sistema de Transporte Público. No *prelo.* Artigo a ser submetido à Revista do Congresso da ANTP.

CAVALCANTE, A. P H., MESQUITA PAULA, F. S. e FRANÇA, D. B. de (2007). Análise do uso do Solo utilizando Sintaxe Espacial para a Determinação de Locais críticos para Implantação de Pólos Geradores de Viagens. Trabalho publicado no 16º. Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito – ANTP, de 1 a 5 de outubro de 2007, Maceió, Al;

CAVALCANTE (2007). Metodologia de Identificação de Pontos Críticos para Mitigação de Tráfego. Proposta para o Alfaville – Eusébio. Apresentação.

CAVALCANTE, A. P. H. & HOLANDA, F. R. B. (2005). Uso da Sintaxe Espacial Na Análise da Dinâmica da Hierarquia Viária Na Cidade de Fortaleza, Ceará. Artigo Científico para o XIX Congresso de pesquisa e Ensino em Transportes, PE, Brasil, 07 a 11 de Nov. de 2005;

CAVALCANTE, A. P. H. (2002). Metodologia de Previsão de Viagens a Pólos Geradores de Uso Misto – Estudo de Caso para a Cidade de Fortaleza. Dissertação de Mestrado, COPPE-UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ;

CARTAXO FILHO (2004). O Centro da Maioria – Tendências Sócio Espaciais da Cidade de Fortaleza na Atualidade. Dissertação de Mestrado. FAU-USP. 139p.;

CONROY, Ruth (2001). *The secret is follow your nose: route path selection and angularity*. Proceedings of the Third International Symposium on Space Syntax, Georgia Institute of Technology, Atlanta, 2001.

COUTINHO, Evaldo (1970). *O espaço da arquitetura*. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1970.)

CTA-FOR (2007). Controle de Tráfego em Área de Fortaleza. Prefeitura Municipal de Fortaleza – PMF. Site: http://www.amc.fortaleza.ce.gov.br/modules/wfchannel/index.php?pagenum=12

CUTINI, V., Petri, M. and Santucci, A., (2004) From axial maps to mark point parameter analysis (Ma.P.P.A.) - a GIS implemented method to automate con¯gurational analysis, in: Computational Science and Its Applications - ICCSA 2004, Lecture Notes in Computer Science 3044, Springer-Verlag, Heidelberg, p. 1107-1116

.

CYBIS, H. B. B.; Turkienicz, B.; Sclovsky, L.; Lindau, L. A. (1996). Análise Comparativa entre Modelos Configuracionais e de Alocação de Tráfego. Anais do X Congresso da Associação Nacional de Pesquisas e Ensino em Transportes - ANPET. Brasília, Brasil.

DALTON, N. (2003) Storing directionality in axial lines using complex node depths, in. Proceedings of the Fourth Space Syntax Symposium, London.

DALTON, N. S., Peponis, J. and Conroy Dalton, R., (2003) To tame a TIGER one has to know its nature: extending weighted angular integration analysis to the description of GIS road-centerline data for large scale urban analysis, *4th International Space Syntax Symposium*, UCL, London.

DALTON, N., PEPONIS J, DALTON-CONROY (2003) To tame a TIGER one has to know its nature 1: Extending weighted angular integration analysis to the description of GIS road-centerline data for large scale urban analysis, in: Proceedings of the Fourth Space Syntax Symposium, London.

DALTON, N. (2001) Fractional Configurational Analysis and a solution to the Manhattan problem, Proceedings of the Third Space Syntax Symposium, Atlanta, 2001. http ://undertow.arch.gatech.edu/homepages/3sss/

DE LA BARRA, 1989; Integrated Land Use and Transport Modelling: Decision Chains and Hierarquies. Cambridge Urban and Architectural Series: no. 12. Cambridge University Press, 1989;

DE LA BARRA, Tomas (1989). Integrated Land Use and Transport Modelling, Cambridge University Press.

DE LA BARRA, Tomas (2009). Professional Team. Site da Modelística: http://www.modelistica.com/professional_team.htm;

DENATRAN (2001) Departamento Nacional de Trânsito. Manual de Procedimentos para o Tratamento de Pólos Geradores de Tráfego. Brasília: DENATRAN/FGV, 2001. 84f . il. ; 20 ,28 cm. Fundação Getúlio Vargas. II. Título. CDU 656.054.4

DEPTHMAP 6.08 (2007). Comandos e Acessos do programa. Por Turner (2004);

DESYLLAS, Jake (2000).The RelationShip Between Urban Street Configuration and Open Office Rent Patterns in Berlin. Phd Thesis. Doctor of Philosophy in Architecture. University College London

DIAL, R. B. (1971) A probabilistc multipath traffic assignment model which obviates path enumeration. Transportation Research;

FERREIRA Ricardo. Sistema de Informação de Trânsito utilizando Teoria dos Grafos de Floyd-Warshall, Moore e Dijkstra. 2002. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Informática) - Universidade Católica do Salvador. Orientador: Grinaldo Lopes de Oliveira.

FREEMAN, Linton C. (1977). A Set of Measures of Centrality Based on Betweenness. Sociometry-American Sociological Association., Vol. 40, No. 1. (Mar., 1977), pp. 35-41.Stable URL:: http://www.jstor.org/view/00380431/dm993188/99p0498l/0 último acesso em 15/03/08

FORTALEZA (2008). PDP-FOR - Plano Diretor Participativo**.** Disponível em: <http://www.sepla.fortaleza.ce.gov.br/planodiretor>. Acesso em 15 de set. de 2006.

FORTALEZA (1972). Prefeitura Municipal de Fortaleza. Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Fortaleza. PLANDIRF. Fortaleza, 1972.

GOROVITZ, M. (2006). *Brasília, uma questão de escala.* São Paulo: Projeto, 1985, p. 60;

GIFONI, Emiliana Araújo (2006). As Diferenças entre as Legislações Municipais Referentes a Pólos Geradores de Viagens e sua Contribuição para a Legislação de Fortaleza. Dissertação de Mestrado. XII, 117fl. (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Programa deMestrado em Engenharia de Transportes/PERAN. UFC.

GIRÃO, Raimundo (1979). Geografia estética de Fortaleza. Fortaleza: Imprensa Universitária de Fortaleza, 1979.

GIRÃO, Raimundo (1943).. "Planos de Urbanização de Fortaleza - subsídios para sua história". Revista do Instituto do Ceará, Tomo LVII, Ano LVII, 1943.

HARARY, F. (1972). Graph Theory (Addison-Wesley, Reading, MA)

HANSON, Susan (1995) The Geography of Urban Urban Transportation. Guilford Press. New York, N. Y., EUA;

HENSHER, David A. & BUTTON Kenneth J. (2000). Handbook of Transportation Modelling. Handbooks in Transport. Edited by D. A. Hensher and K. J. Button. Pergamon Elsevier Science Ltd., USA;

HILLIER, Bill & HANSON, Julienne. (2001) The Social Logic of Space. Bartlett School of Architecture and Planning, UCL, Cambridge University Press, London, 2001;

HILLIER Bill & PENN Alan (2004). Rejoinder to Carlo Ratti. Environment and Planning B: Planning and Design 2004, volume 31, pages 501 ^ 511. DOI:10.1068/b3019a;

HILLIER, Bill & LEAMAN, Adrian (1972) "A new approach to architectural research", RIBAJ, Dec. 1972.

_____**"**How is design possible?" RIBAJ, JAR 3/1, Jan. 1974, pp. 4-11.

_____**"**Architecture as a discipline" RIBAJ, JAR 5/1, March 1976, pp. 28-32.

HILLIER *et al* (1976). "Space Syntax" Environment and Planning B, Vol 3, pp 147-185;

HILLIER, Bill *et al.*(1987). "*Creating Life: or, does Architecture Determine Anything*. Artigo da *Architectural & Comportamental/ Architectural Behavior*, Vol. 3, n^{o} 3, p. 233-250. Barttlet School of Architecture, Great Britain, UK (1987);

HILLIER, Bill (1996). *Space is the machine*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996,

HILLIER, B, (1999), The hidden geometry of deformed grids: or why space syntax works, when it looks as though it shouldn.t, Environment and Planning B: Planning and Design 26(2) 169-191

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 29 ^ 66;

HILLIER *et al* (2005) (http://www.casa.ucl.ac.uk/working_papers)

HILLIER, B. (1973) “In defense of space”, RIBAJ, nov 1973, pp 539-44. (tradução para o português: Em defesa do espaço, por Frederico Holanda e Jussara Zothman);

HOLANDA, Frederico de (2003). Notas de Aula. Notas de aula da disciplina Teoria do Conhecimento e dos Espaços Construídos PPG-FAU/Unb.

HOLANDA, Frederico de (2006; 2007). Notas de aula da disciplina Teoria do Conhecimento e dos Espaços Construídos PPG-FAU/Unb.

HOLANDA, Frederico de (org.) (2003). Arquitetura & Urbanidade. São Paulo: ProEditores Associados Ltda. 2003.

HOLANDA, Frederico R. B. de (2002). O Espaço de Exceção. Brasília; Editora Unb, 466 p.: il. – (Coleção Arquitetura e Urbanismo) ISBN:85-230-0658. Brasília, DF.

HOLANDA, Frederico de, MOTA, Ana Maria P., LEITE, Antonio Alexandre C., SOARES, HOLANDA, Frederico & KOHLSDORF, Günter. Sobre o conceito de arquitetura. In: SEMINÁRIO NACIONAL – O ESTUDO DA HISTÓRIA NA FORMAÇÃO DO ARQUITETO, 1995, São Paulo. Anais. São Paulo: FAUSP/FAPESP, 1996.

HOPKINS, W. G. (2002). A New View of Statistics. Disponível em: < http://sportsci.org/resource/stats/effectmag.html> Acesso em 29/05/2006

HUNT, J. D. (1997). Stated-preference examination of local choice behavior of small retail firms. Transportation Research, Washington, D.C., Record 1606, p.25-32.

HUNTS, D. *et al* (2005). Current Operational Urban Land-Use-Transport Modelling Frameworks: A Review. Transport Review Journal. Vol. 5, Issue 3, p.329-376. University of Nebraska Lincoln. Main Library;

IACONO, M. *et al* (2008)

IIDA, S. and HILLIER, B., (2005) Disaggregated spatial line-network analysis with non-Euclidean weighting, Proceedings of the Fifth International Space Syntax Symposium, Delft, TU Delft (forthcoming).

ITE. (1994). Manual of Transportation Engineering Studies. Institute of Transportation Engineers. Transportation Planning data. Chapter 7. (p.103 a126);

IPLAM (1979). “Lei 5.122-A 13/03/79, de Uso e Ocupação do Solo do Município de Fortaleza.” , Instituto de Planejamento do Município- IPLAM, Prefeitura Municipal de Fortaleza, Fortaleza.

JIANG B, CLARAMUNT C. (2002). Integration of space syntax into GIS: new perspectives for urban morphology, *Transactions in GIS,* 6, 151-162.

KNEIB, E. C. & SILVA, P. C M. (2005) Contribuição Conceitual à Análise dos Impactos Relacionados a Empreendimentos Geradores de Viagens. Apresentação Oral, No. 25.

PLURIS 2005, 2º CONGRESSO LUSO BRASILEIRO para o PLaneamento, Urbano, Regional, Integrado, Sustentável.Braga, Portugal;

KNEIB, E. C. (2004) Caracterização de empreendimentos geradores de viagens: contribuição conceitual à análise de seus impactos no uso, ocupação e valorização do solo urbano. Dissertação de mestrado em Transportes, Universidade de Brasília.

KOSTOF, Spiro (1999). *The City Shaped*. Urban Patterns and Meanings Through History. London: Thames and Hudson Ltd., First Paperback edition 1999 – 352 pp.

KRÜGER, M.J.T. & TURKIENICZ,B. (1986). Medição da Continuidade Espacial Urbana. Anais do II Seminário sobre Desenho Urbano no Brasil.Brasília, 141-52;

LAW, A. M. e KELTON, W. D. (2000). Simulation Modeling and Analysis. 3rd edition. Ed.: McGraw-Hill, USA.

LOPES FILHO, José Iran de Oliveira (2003). Pós-Avaliação da Previsão de Demanda por Transportes no Município de Fortaleza. Fortaleza, 2003. XV, 178 fl., Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

LOUREIRO, C. F. G.; LEANDRO, C. H. P. e OLIVEIRA, M. V. T. (2002) Sistema Centralizado de Controle do tráfego de Fortaleza: ITS Aplicado à Gestão Dinâmica do Trânsito Urbano. Anais do XVI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Natal, RN, Comunicações Técnicas, p. 19-26.

LOWRY, I. (1964). A Model of Metropolis. Rand Corporation, Santa Monica, California, USA.

MACNALLY, Michael G. (2000) *The Four Step Model*. Chapter 3. *In* Handbook of Transportation Modelling. Handbooks in Transport. Edited by D. A. Hensher and K. J. Button. Pergamon Elsevier Science Ltd., USA

MAHA, Y. B. (1997). Metodologia para a Definição de Corredores de Ônibus Urbanos com a Aplicação da Sintaxe Espacial. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil. Brasília.

MANHEIM, Marvin L. (1989). Artigo: *Search and Choice in Transport System Analysis*. Tradução por ARRUDA, João B.. Curso de Especialização em Engenharia dos Transportes Urbanos, Fortaleza, CE. Publicado no Periódico Highway Research Board, No. 203.MIT/USA;

MARCH L, & STEADMAN P, (1974). The Geometry of Environment (Methuen, London)

MARQUES, Regina Elizabeth do Rego Barros (1986). Urbanização, Dependência e Classes Sociais: O Caso de Fortaleza. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 1986.

MATURANA, Humberto & VARELA, Francisco (2003). *A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana*, São Paulo, Palas Athena. ISBN 8572420320.

MATURANA, Humberto; VARELA, Francisco (1997). *De máquinas e seres vivos: autopoiese – a organização do ser vivo,* Porto Alegre, ARTMED, 1997. ISBN 8573073020.

MEDEIROS, Lucas F. and AMORIM, Luiz. 2007. *Decoding the urban grid: or why cities are neither trees nor perfect grids*. 6th International Space Syntax Symposium, 12-15 Jun 2007, Istanbul, Turkey.

MEDEIROS, Lucas F (2005). Mindwalk 1.0 – Space Syntax Software, Laboratório de Estudos Avançados de Arquitetura – LA2, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Disponível em: http://www.mindwalk.com.br/papers/Figueiredo_2005_Space_Syntax_Software_pt.pdf

MEDEIROS, L. F. de (2004) Linhas de Continuidade no Sistema Axial. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, MDU. Universidade Federal de Pernambuco, UFPE.

MEDEIROS, V. A. S. (2002). Da Praça-Forte Seiscentista aos Grandes Eixos. Natal: Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Trabalho Final de Graduação – TFG, Natal.

MEDEIROS, Valério Augusto Soares de (2006). *Urbis Brasiliae ou sobre cidades do Brasil: inserindo assentamentos urbanos do país em investigações configuracionais comparativas* / PPG/FAU/UnB, 2006. 519 p.: il. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília;

MELLO, J. C. (1975). Planejamento dos Transportes. Ed.: McGraw-Hill do Brasil, SP;

MODESTO, Hélio (1968) "Problemas de planejamento urbano". Revista Arquitetura, nº 72, jun/jul/1968.

MODESTO, Hélio. "Necessário a habilitação do urbanista para equacionar o equilíbrio urbano". Revista de Administração Municipal, nº 34, mai/jun/1959.

MENDES, L. T. & MAGALHÃES, F. (2002). "Centro de São Paulo: uma Análise da Evolução Morfológica sob a Ótica da Sintaxe Espacial". Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Mackenzie. V.2, n. 1, p. 41-60. São Paulo, SP;

MESQUITA PAULA, F. S. (2006). Proposta de Adaptação da Metodologia do Highway Capacity Manual 2000 para Análise de Vias Arteriais Urbanas em Fortaleza. XIII, 158 fl., Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia,Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

MULLER, Peter O´(1995). *Transportation and Urban Form. Stages in the Spatial Evolution of the American Metropolis*. Chapter 2, *In* The Geography of Urban Urban Transportation. Edited by Susan Hanson, Clark University. Guilford Press. New York, N. Y., EUA;

MUNIZ, M. A. P. C., (2006). O Plano Diretor como Instrumento de Gestão da Cidade: o Caso da Cidade de Fortaleza/CE / 397p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Natal / RN, 2006.

MUSEU DO CEARÁ (2006) Cópia cedida pela administração.

MONTELLO, D. R., (1991) Spatial orientation and the angularity of urban routes: a eldstudy, Environment and Behavior, 23, p. 47-69.

NOGUEIRA, A. D. (2005). Analysis of a High Sub-Centrality of Peripheral Areas at the Global Urban Context. Paper at the 5th Space Syntax Simposium – SSS5. Delft, Holanda.

OPPENHEIM, Norbert (1995). *Urban Travel Demand Modeling: from individual choices to general equilibrium.*John Wiley & Sons, New York, NY, EUA;

ORTÚZAR, J. D. (2000). Modelos de Demanda de Transporte. 2ª Edição. Ed.: Alfaomega,México.

ORTÚZAR , J. de D.& WILLUMSEN, L. G. (1994). Modelling Transport. 2nd Ed. Great Britain, Chichester, Inglaterra;UK,

O'SULLIVAN, David. *Graph-based irregular cellular automaton models of urban spatial processes*, London, UCL, 2000, chapter two: *Space: definitions and models*, chapter four:

An overview of urban morphology and micro-scale analysis. Disponível em: http://www.geog.psu.edu/people/osullivan/phd/

OUTTES. Joel. O Recife Pregado à Cruz das Grandes Avenidas. Uma Contribuição à História do Urbanismo (1927-1945). Dissertação de Mestrado. Mestrado em Desenvolvimento Urbano/UFPE, 1991.

OWEN, B.; Brock, G.; Masterbrook, P.; Pavlik, R.; Rao, S.; Stallard, C.; Sunkari, Z.; Zhang, Y. (1996). A compendium of Traffic Model Validation Documentation and Recommendations: Phase I, Tasks A-H. USA: Department of Transportation, 1996. Disponível em url: http://www.itsdocs.fhwa.dot.gov/%5CJPODOCS%5CREPTS_TE/30401!.PDF Acesso em maio de 2005.

PAS, Eric. I. (1995). Chapter 3. *The Urban Transportation Planning Process. Overview of the Urban Transportation Planning Process* (p 59 – p 73). In The Geography of Urban Transportation Edited by Susan Hanson, Clark University. Guilford Press, New York, NY, EUA;

PEREIRA NETO W. A.; OLIVEIRA NETO, F. M. e LOUREIRO, C. F. G. (2003) *Avaliação da Qualidade do Tráfego nas Vias Arteriais de Fortaleza utilizando o Highway Capacity Manual 2000*. Anais do XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Rio de Janeiro, RJ.

PENN, Alan and TURNER, Alasdair (2002) *Space Syntax Based Agent Simulation.* In: Pedestrian and Evacuation Dynamics. Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp. 99-114. ISBN 3540426906

PENN A, Conroy R, Dalton N, Dekker L,Mottram C,Turner A, 1997, ``Intelligent architecture: new tools for the three dimensional analysis of space and built form'', in Proceedings of the 1st International Symposium on Space Syntax University College London, London, pp 30.1 ^ 30.19

PENN, A. and DALTON, N. (1994) The architecture of society: stochastic simulation of urban movement, in N. Gilbert and J. Doran (eds.), Simulating Societies: The Computer Simulation of Social Phenomena, UCL Press, London, pp. 85-125.

PEPONIS J,Wineman J, Bafna S, Rashid M, Kim S H (1998). "On the generation of linear representations of spatial configuration'' Environment and Planning B: Planning and Design25 559 ^ 576;

PEPONIS *et. al* (1997). The Structure of Urban Space, Movement and Co-presence: the Case of Atlanta. Geoforum, Vol. 28, No. 3-4, pp. 341-358. Great Britain, UK.

PDOT (2007). Plano de Ordenamento Territorial do Distrito Federal. Site: http://www.seduh.df.gov.br/001/00101001.asp?ttCD_CHAVE=260&btOperacao= (último acesso: em 22/11/07, as 12:30)

PMF (1997). *Plano Diretor.* Prefeitura Municipal de Fortaleza, 1ª ed. Fortaleza/CE. (Lei 7.987de Uso e Ocupação do Solo).

PMF (1982) *Fortaleza A Administração Lúcio Alcântara Março 1979/Maio 1982.* Prefeitura Municipal de Fortaleza, Fortaleza/CE.

PMRJ (2001). PROJETO DE LEI COMPLEMENTAR N.º 31/2001. (Mensagem n.º 88/2001). Poder Executivo. Câmara Municipal do Rio de Janeiro, RJ;

PORTUGAL, L.S. e L.G. GOLDNER (1992) Análise das Metodologias de Previsão do Número de Viagens Geradas pelos Shopping Centers: o Caso do Norte Shopping/RJ. *Anais do VI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Rio de Janeiro, v. 2, p.687-692.

PORTUGAL, L. S. ; GOLDNER, L. G. (2003). Estudo de Pólos Geradores de Tráfego e de seus Impactos nos Sistemas Viários e de Tranportes. 1. ed. São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 2003. v. 1. 322 p

PORTUGAL, L. S. (2005). Simulação de Tráfego: Conceitos e Técnicas de Modelagem. Ed: Interciência, Rio de Janeiro.

RATTI, C. (2004a). Space syntax: some inconsistencies. Paper on Environment and Planning B: Planning and Design 2004, volume 31, pages 487 – 499.

RATTI, C. (2004b). Rejoinder to Hillier and Penn. Paper on Environment and Planning B: Planning and Design 2004, volume 31, pages 513 – 516.

RIBEIRO, José Otacílio de Saboya (1947). "Memorial Justificativo do Plano de Remodelação e Extensão da Cidade de Fortaleza" (Apresentado à Prefeitura Municiapal de Fortaleza em 1947). Revista do Instituto do Ceará, Tomo LXIX, Ano LXIX, 1955.

RIBEIRO, José Otacílio de Saboya (1952). O espaço exterior na composição arquitetônica. Tese de Livre docência. Escola Nacional de Engenharia, 1952.

SABIDUSSI G, 1966, ``The centrality index of a graph'' Psychometrika 31 581 ^ 603;

SADALLA, E. K. and Montello, D. R., (1989) Remembering changes in direction, *Environment and Behavior*, 21, p. 346-363;

SALES, JOSÉ ALBIO MOREIRA DE (1996). O Desenho Da Cidade Moderna Em Fortaleza Um Estudo Dos Planos: Saboya Ribeiro e Hélio Modesto. Dissertação. Mestrado em Desenvolvimento Urbano - MDU. Departamento de Arquitetura e Urbanismo do Centro de Artes, Arquitetura e Comunicações. UFPE;

SILVA, P. C. M. (2001). Apostila de Engenharia de Tráfego: Teoria do Fluxo de Tráfego. Universidade de Brasília - Faculdade de Tecnologia – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – Área de Transportes, Brasília.

SOUSA, M. S. de (1978) *Fortaleza – Uma Análise da Estrutura Urbana.* 3° Encontro Nacional de Geógrafos. AGB – Associação dos Geógrafos Brasileiros. SUDEC – Superintendência do Desenvolvimento do Estado do Ceará, Fortaleza/CE.

SPSS (2004). Statistical Program for Social Science. SPSS 13.0 Software For Windows. Online Help Topics. Linear Regression, Base System.

SRBLJINOVIC, A. & SKUNCA, O. (2003). *An Introduction To Agent Based Modelling And Simulation Of Social Processes*.Interdisciplinary Description of Complex Systems 1(1-2), 1-8, 2003. Received: 26 May, 2003. Accepted: 17 June, 2003. Oikon Ltd. Zagreb, Croatia;

STEADMAN, P(1983). Architectural Morphology (Pion, London)

STYLIANOU, Soteris, FYRILLAS, Marios M., CHRYSANTHOUS, Yiorgos (2004). Scalable Pedestrian Simulation for Virtual Cities. VRST 2004, City University of Hong Kong, Hong Kong, 9-12 November, 2004;

TAAFFE, E. J. (1996). Geography of Transportation. 2ª ed., Ed.: Prentice Hall, London.

TEIXEIRA, G. L. (2003). Uso de Dados Censitários para Identificação de Zonas Homogêneas para Planejamento de Transportes Utilizando Estatística Espacial. Brasília.

THOMSON, Robert C (2003). Bending the axial line: smoothly continuous road centre-line segments as a basis for road network analysis. Proceedings of the Fourth International Symposium on Space Syntax, University College London, London, 2003.

TONI, J. D. (2000). Planejamento e Transportes: Possibilidades Metodológicas Alternativas. 13ª Congresso da Associação Nacional de Transporte Público - ANTP, Porto Alegre.

TURNER, (2007a) New Developments in Space Syntax Software. ITU Faculty of Architecture. Istanbul 2007;

TURNER, Alasdair (2007). From axial to road-centre lines: a new representation for space syntax and a new model of route choice for transport network analysis. Environment and Planning B: Planning and Design 2007, volume 34, pages 539 - 555. DOI:10.1068/b32067;

TURNER, Alasdair (2005). Could A Road-centre Line Be An Axial Line In Disguise?. Paper in 5th Space Syntax Simposium - SSS5. Delft, Holland.

TURNER, A. & DALTON, N.(2005). *A Simplified Route Choice Model Using the Shortest Angular Path Assumption*. Bartlett School of Graduate Studies, University College London, UCL.

TURNER, Alasdair *et al* (2005). An algorithmic definition of the axial map. Environment and Planning B: Planning and Design 2005, volume 32, pages 425 - 444. The Bartlett, University College London, London,UK;

TURNER, Alasdair (2005). Could A Road-centre Line Be An Axial Line In Disguise?. Paper in 5th Space Syntax Simposium - SSS5. Delft, Holland.

TURNER, A., (2004). *Depthmap 4* | A Researcher's Handbook", Bartlett School of Graduate Studies, UCL, London. Revision 1 15-Sept-04. This handbook is for Depthmap versions 4.06r to 4.09r. Draft Version without ¯gures and appendices. Copyright © 2004 Alasdair Turner. http://www.vr.ucl.ac.uk/depthmap/handbook/depthmap4r1.pdf

TURNER, Alasdair (2000). Angular Analysis: a method for the quantification of space. CASA – Centre for Advanced Spatial Analysis – University College London, Working Paper Series, n. 23, 2000. Disponível em: <http://www.casa.ucl.ac.uk/working_papers.htm> Acesso em 28 fev. 2004, 16:35:10.

TURNER, Alasdair (2001). Angular analysis. Proceedings of the Third International Symposium on Space Syntax, Georgia Institute of Technology, Atlanta, 2001.

VAN NES, Akkelies (2003a). A configurative approach to understand pedestrian-based and car-based shopping centres. Configurative studies on Oslo and Eindhoven. 21st February 2003

VAN NES, Akkelies (2003b). *The use of Space Syntax in an Impact Assessment of proposed road projects in the town Tonsberg.* Faculty of Architecture. TU Delft. The Netherlands 1st July 2003.

VAN NES, Akkelies (2002). *Road building and urban change. A morphological and con_gurative explanation of how ring roads change the pattern of distribution of shops in city and town centres.* Faculty of Architecture. TU Delft. The Netherlands.1st November 2002

VAN VLIET, D. (2004). Saturn 10.5: User Manual. Leeds, UK: Institute for Transport Studies, University of Leeds.

VARELA, G.C. **& PESSOA**, M.P.S. (1994). Configuração Espacial e Econômica de Movimentos em Áreas Urbanas. *Anais do VIII Congresso da ANPET*, P. 451-465;

VASCONCELLOS, E. A. (2001). Transporte Urbano, Espaço e Equidade: Análise das Políticas Públicas. Ed.: Annablume, São Paulo.

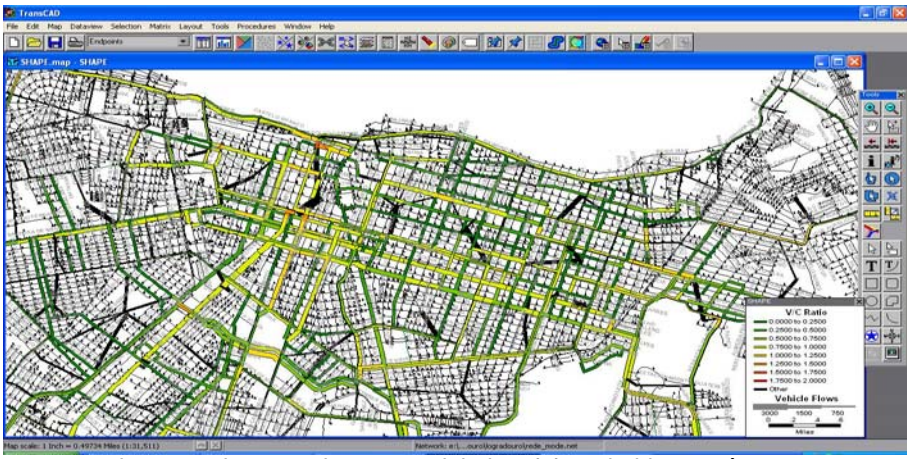
VASCONCELLOS, E. A. (2000). Transporte Urbano nos Países em Desenvolvimento. 4ª Edição. Ed.: Annablume, São Paulo;

VIANA, Filipe Ribeiro; PAULA, F. S. M.; SOUZA, D. D. M. R. (2007) Obtenção de volumes de tráfego na malha viária principal de Fortaleza a partir da calibração e validação de um modelo de alocação de tráfego. In: 160 Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito, 2007, Maceió, AL.

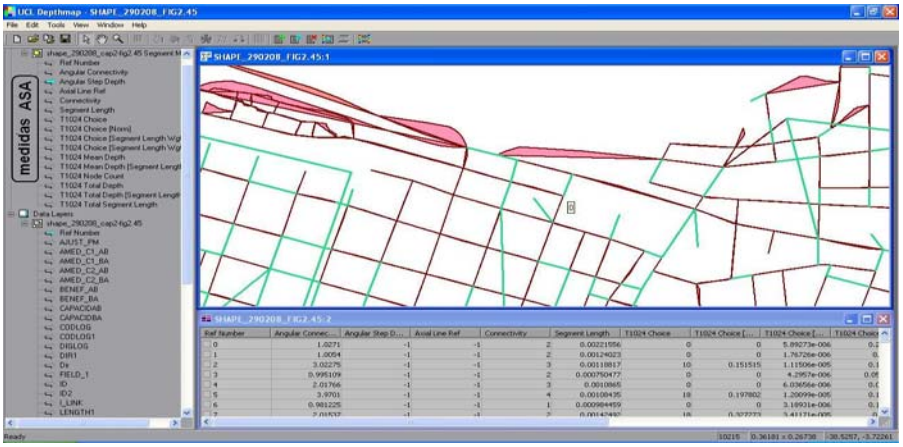
VILLAÇA, Flávio (2001). Espaço intra-urbano no Brasil. São Paulo: Nobel: FAPESP: Lincoln Institute. 2001.

WARDROP, J. G., (1952). Some theoretical aspects of road traffic research, Proceedings, Institute of Civil Engineers, PART II, Vol.1, pp. 325-378.

ANEXOS



Anexo 1. Fortaleza - Rede 'Logradouros' modelada. *Links* coloridos e 'nós' em pontos pretos. Fonte: Software TransCAD, adaptado da AMC(2007).



Anexo 2 Fortaleza – Zoom no mapa de segmentos axiais: medidas ASA processadas , *Software Depthmap*, importado do *Transcad*.

Anexo 3 Normalização dos valores angulares entre 0^0 – 180^0. Método de Hillier e Iida (2005).

valor	normalização	valor	normalização	valor	normalização	valor	normalização	valor	normalização	valor	normalização
180	**2,000**	150	1,667	120	1,333	90	1,000	60	0,667	30	0,333
179	**1,989**	149	1,656	119	1,322	89	0,989	59	0,656	29	0,322
178	**1,978**	148	1,644	118	1,311	88	0,978	58	0,644	28	0,311
177	**1,967**	147	1,633	117	1,300	87	0,967	57	0,633	27	0,300
176	**1,956**	146	1,622	116	1,289	86	0,956	56	0,622	26	0,289
175	**1,944**	145	1,611	115	1,278	85	0,944	55	0,611	25	0,278
174	**1,933**	144	1,600	114	1,267	84	0,933	54	0,600	24	0,267
173	**1,922**	143	1,589	113	1,256	83	0,922	53	0,589	23	0,256
172	**1,911**	142	1,578	112	1,244	82	0,911	52	0,578	22	0,244
171	**1,900**	141	1,567	111	1,233	81	0,900	51	0,567	21	0,233
170	**1,889**	140	1,556	110	1,222	80	0,889	50	0,556	20	0,222
169	**1,878**	139	1,544	109	1,211	79	0,878	49	0,544	19	0,211
168	**1,867**	138	1,533	108	1,200	78	0,867	48	0,533	18	0,200
167	**1,856**	137	1,522	107	1,189	77	0,856	47	0,522	17	0,189
166	**1,844**	136	1,511	106	1,178	76	0,844	46	0,511	16	0,178
165	**1,833**	135	1,500	105	1,167	75	0,833	45	0,500	15	0,167
164	**1,822**	134	1,489	104	1,156	74	0,822	44	0,489	14	0,156
163	**1,811**	133	1,478	103	1,144	73	0,811	43	0,478	13	0,144
162	**1,800**	132	1,467	102	1,133	72	0,800	42	0,467	12	0,133
161	**1,789**	131	1,456	101	1,122	71	0,789	41	0,456	11	0,122
160	**1,778**	130	1,444	100	1,111	70	0,778	40	0,444	10	0,111
159	**1,767**	129	1,433	99	1,100	69	0,767	39	0,433	9	0,100
158	**1,756**	128	1,422	98	1,089	68	0,756	38	0,422	8	0,089
157	**1,744**	127	1,411	97	1,078	67	0,744	37	0,411	7	0,078
156	**1,733**	126	1,400	96	1,067	66	0,733	36	0,400	6	0,067
155	**1,722**	125	1,389	95	1,056	65	0,722	35	0,389	5	0,056
154	**1,711**	124	1,378	94	1,044	64	0,711	34	0,378	4	0,044
153	**1,700**	123	1,367	93	1,033	63	0,700	33	0,367	3	0,033
152	**1,689**	122	1,356	92	1,022	62	0,689	32	0,356	2	0,022
151	**1,678**	121	1,344	91	1,011	61	0,678	31	0,344	1	0,011
										0	0,000



Anexo 4. Mapa sintático axial de Fortaleza processado no *Mindwalk* 1.0 – Rn



F-16 SORIANO ALBUQUERQUE/VISCONDE DO R BRANCO. (19/06/08, 07:20')
Sentido oeste-leste da AC, inicia-se o acúmulo de veículos em direção às Av. 13 de maio e Aguanambi. A ocupação do solo a direita com pequenos comércios, sem passeios, resultado de cirurgia urbana anterior de conexão entre a Rua Cel. Pergentino Ferreira e a Av. 13 de maio. Mais uma ação do *efeito quaternário.*



Av Jovita Feitosa depois da AC, 07:40'
Flagrante da transformação de uso do solo, de residencial para comercial. O antes recuo do lote residencial é impróprio para um recuo comercial. Um futuro micro-atrator (PGV) será instalado.

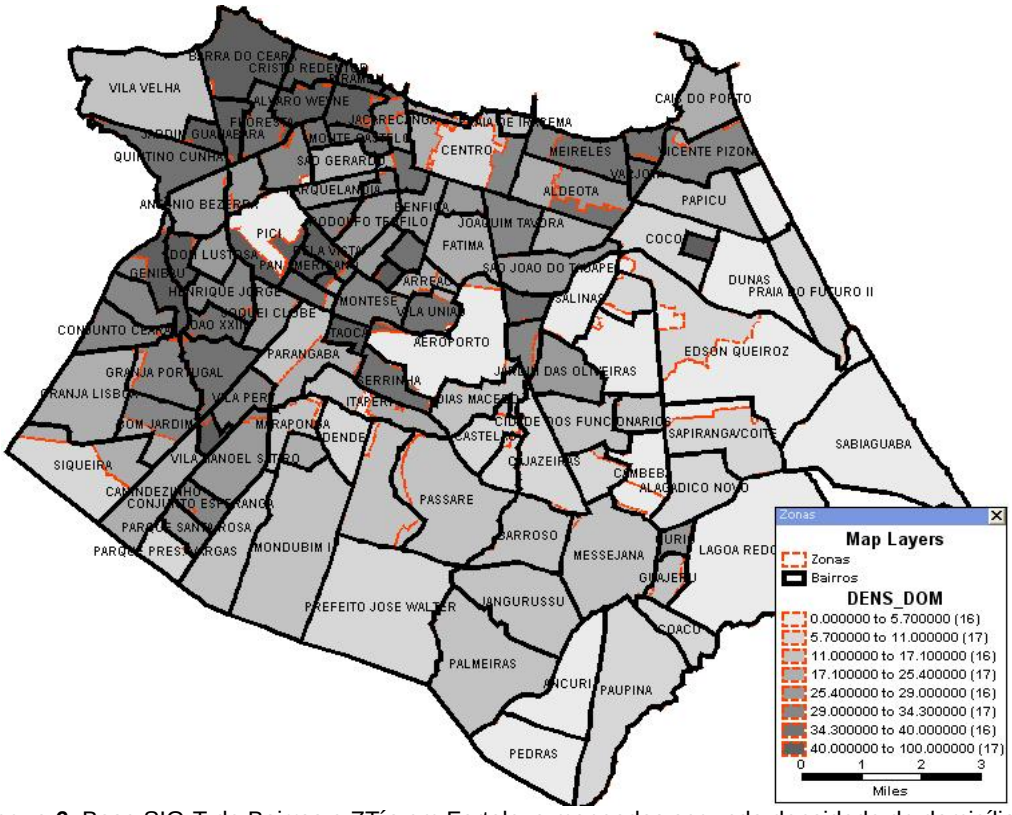


F-38 VIRGILIO TAVORA/CLINICA OSTEO. (19/06/08, 07:40')
Continuação. Vê-se o veículo Pickup a esquerda tentando 'tomar a frente' do veículo sedan a nossa frente. Disputa de espaço exíguo. De quem é a culpa? Existiria tal disputa se a clínica não existisse? O veículo cor branca estacionou e o espaço que ocupava passa a ser disputado pelo pelotão de veículos que o seguiam. Ficamos na espera da briga!

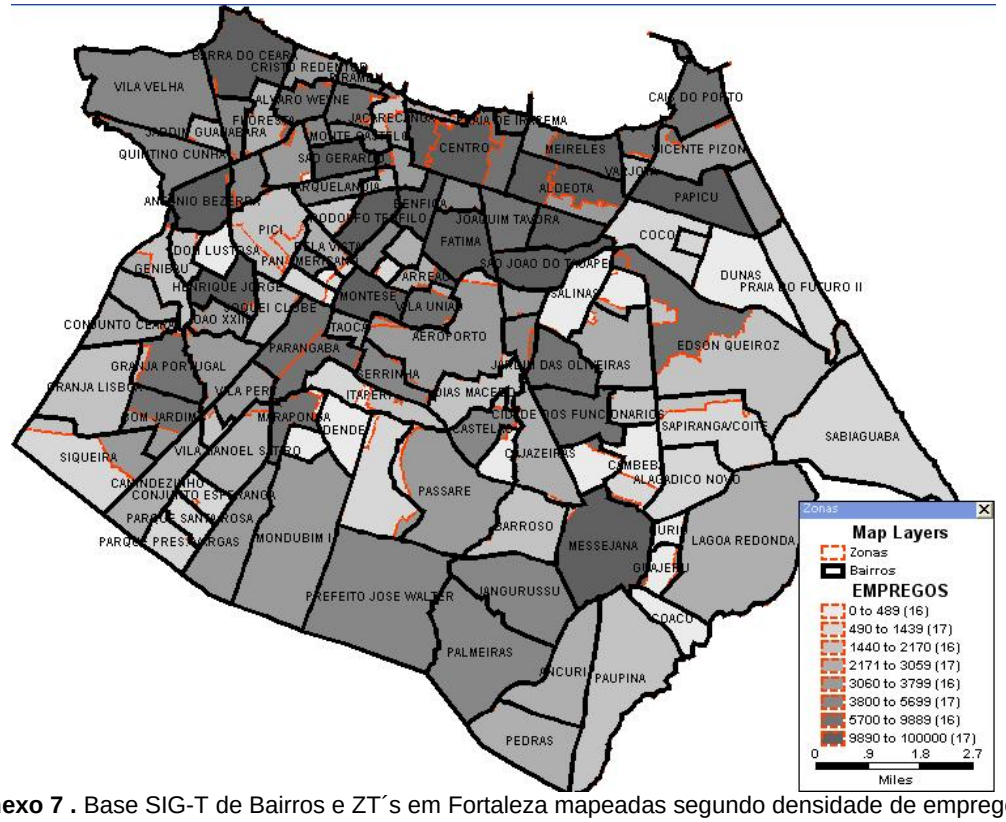


F-25 13 DE MAIO/ PAGUE MENOS. (19/06/08, 07:46')
Ponto crítico de congestionamento. Uso PS- Farmácia com área de estacionamento a 45 graus coincidente com E&D de transporte Público (ônibus, vans). Após a farmácia, edifício comercial e *buffet* – self-service, com estacionamento de recuo onde os carros recuam no espaço viário para saírem dos lotes. Perigo de acidentes e queixas de congestionamentos no local.

Anexo 5. Observações de Transtornos de acessibilidade e mobilidade na AC.



Anexo 6. Base SIG-T de Bairros e ZT´s em Fortaleza mapeadas segundo densidade de domicílios. Fonte: Dieng-AMC (2007).



Anexo 7 . Base SIG-T de Bairros e ZT´s em Fortaleza mapeadas segundo densidade de empregos. Fonte: Dieng-AMC (2007).

Anexo 8. Evolução conceitual entre PGT, PGV, EGV e CGV..
Fonte: KNEIB & SILVA (2005).

FONTE	TIPO	CONCEITOS	TEMPO DO IMPACTO	TIPO DE IMPACTO
CET-SP (1983)	PGT	Empreendimentos de grande porte que atraem ou produzem grande número de viagens, causando reflexos negativos na circulação em seu entorno imediato, podendo prejudicar a acessibilidade de toda uma região, ou agravar condições de segurança de veículos e pedestres, Edificações ou instalações que exercem grande atratividade sobre a população, mediante a oferta de bens ou serviços,	Curto prazo	- circulação - acessibilidade - segurança
Grando (1986)	PGT	- Empreendimentos que, mediante a oferta de bens e/ou serviços, geram ou atraem um grande número de viagens, causando reflexos na circulação de tráfego do entorno, tanto em termos de acessibilidade e fluidez do tráfego, podendo repercutir em toda uma região, quanto em termos da segurança de veículos e pedestres	Curto prazo	- circulação de tráfego - acessibilidade - fluidez do tráfego - segurança
DENATRAN (2001)	PGT	Empreendimentos de grande porte que atraem ou produzem grande número de viagens, causando reflexos negativos na circulação viária em seu entorno imediato e, em alguns casos, prejudicando a acessibilidade da região, além de agravar as condições de segurança de veículos e pedestres.	Curto e médio prazo	- circulação viária - acessibilidade - segurança
Portugal e Goldner (2003)	PGT	Locais ou instalações de distintas naturezas que desenvolvem atividades de porte e escala capazes de produzir um contingente significativo de viagens.	Curto e médio prazo	- produção de viagens
Kneib (2004)[1]	PGV	Idem Portugal e Goldner (2003), porém, caracteriza empreendimentos que causam impactos nos sistema viário e na circulação, cujas análises enfocam o planejamento operacional do sistema de transportes.	Curto prazo	- circulação - sistema viário
Kneib & Silva (2005)[2]	EGV	Idem Kneib (2204) porém procura contemplar não apenas os impactos nos sistema viário e na circulação, como também impactos na estrutura urbana causados pelo empreendimento	Médio e Longo prazo	- estrutura urbana - localização das atividades - reuso de atividades
Kneib & Silva (2005)[3]	CGV	EGV maior, onde são detectadas atividades urbanas de grande porte, que atribuem características de centralidade à sua área de influência e impactam o ambiente urbano por meio de geração de viagens, podendo causar alterações significativas.	Médio e Longo prazo	- padrões de uso e ocupação - valorização do solo em sua área de influência imediata.

[1] Para Kneib (2003) os PGT, pólos geradores de tráfego é um termo análogo aos pólos geradores de trânsito;
[2] Agregam à literatura o conceito de Empreendimentos Geradores de Viagens, ou EGV´s;
[3] *Idem,* p. 6, introduzem o conceito de CGV, Centros Geradores de Viagens, equivalendo a centralidades Urbanas, ou center of Bussines districs, CDB´s, agregando a consideração do tempo e tipo de impacto, além dos limites da área de influência;

Anexo 9. Enquadramento de PGT´s no Distrito federal (incluído Brasília).
Fonte: Adaptado do DENATRAN (2001, p30)

Atividade	Área total de construção (m²)	Nº de vagas
Centro comercial	5.000 < AC < 10.000 > 10.000	1 vaga para cada 25 m² da área de construção 1 vaga para cada 20 m² da área de construção
Galeria comercial	> 2.500	1 vaga para cada 35 m² da área de construção
Comércio varejista (lojas comerciais)	> 2.500	1 vaga 45 m² da área de construção
Supermercado e hipermercado	> 2.500	1 vaga para cada 35 m² da área de venda
Entreposto, terminal, armazém, depósito	> 5.000	1 vaga para cada 200 m² da área de construção
Prestação de serviço, escritório, consultório	> 1.500	1 vaga para cada 45 m² da área de construção
Estabelecimento hoteleiro	> 3.500	1 vaga para cada 2 apartamentos com área < 50 m² 1 vaga por apartamento com área >50 m² 1 vaga para cada 40 m² de sala de convenções 1 vaga para cada 100 m² de área de uso público
Motel	qualquer área	1 vaga por apartamento
Hotel residência	qualquer área	1 vaga para cada 2 apartamentos
Serviço de atendimento hospitalar	> 3.500	NL < 50: vaga para um leito 50 < NL< 200: vaga para 1,5 leito NL>200: vaga por 2 leitos
Serviços de atendimento de urgência, de atenção ambulatorial e de complementação diagnóstica ou terapêutica	> 1.500	1 vaga para cada 35 m² da área de construção
Educação superior	> 2.500	1 vaga para cada 25 m² da área de construção
Educação média, de formação geral, profissionalizante ou técnica e supletiva	> 2.500	1 vaga para cada 50 m² da área de construção
Educação Pré-escolar e fundamental	> 2.500	1 vaga para cada sala de aula
Educação continuada ou permanente e aprendizagem profissional	> 1.500	1 vaga para cada 25 m² da área de construção
Restaurante e outros estabelecimentos de serviços de alimentação	> 1.500	1 vaga para cada 20 m² da área de construção
Indústria	> 2.500	1 vaga para cada 200 m² da área de construção
Projeção de filme e de vídeo e outros serviços artísticos e de espetáculos	> 300 pessoas	1 vaga para cada 4 pessoas
Serviço de organização religiosa	qualquer área	1 vaga para cada 50 m² da área de construção
Habitação coletiva		1 vaga para cada unidade domiciliar < 8 CAPP 2 vagas para cada unidade domiciliar > 8 CAPP
Serviços desportivos e outros relacionados ao lazer	> 3.000	1 vaga para 8 lugares
Pavilhão para feiras, exposições, parques de diversões e temáticos	> 3.000	1 vaga para cada 50 m² da área de construção
Serviços de jardins botânicos	> 30.000 (terreno)	1 vaga para 100 m² da área aberta à visitação pública.

Notas:
1. NL: número de leitos. 2. CAPP: compartimentos ou ambientes de permanência prolongada. 3. O arredondamento será feito considerando-se o número imediatamente superior. 4. Quando a edificação possuir mais de uma atividade, o número total de vagas corresponderá ao somatório das vagas exigidas para cada atividade. 5. Nas atividades de atendimento hospitalar não estão incluídas as de atendimento de urgência e emergências, de atenção ambulatorial e de complementação diagnóstica ou terapêutica.

Anexo 10. Classificação dos PGT´s na LUOS de Fortaleza.
Fonte: Adaptada de GIFONI (2006)

Grupo	Subgrupo	Código	PGT
Residencial	Residencial (RU)	RU	Conjuntos habitacionais.
	Misto	MIS	-
Comercial	Comercio Varejista	CV	Agência de automóveis, hipermercado,Supermercado, loja de departamentos, loja de material de construções.
	Comércio Atacadista	CA, CAD	Comércio atacadista de itens diversos
	Serviços Múltiplos	CSM	*Shopping center,* centro empresarial.
Serviço	Hospedagem	SER	Hotel, pousada.
	Prestação de Serviços	PS	Serviços de alimentação, casa de chá,
	Serviço Pessoal	SP	Academias de dança, ginástica, artes marciais,
	Oficinas e Especiais	SOE	Estacionamentos verticais e horizontais.
		SE	Escolas de ensino fundamental e médio, creches,
	Saúde	SS	Hospital, maternidade, serviços de terapia e
	Utilidade Publica	SUP	Subestação de energia elétrica, estação de
	Serviços Bancários e Afins	SB	Banco, agenda bancaria,
Industrial	Adequadas ao Meio Urbano	IND	(todas as atividades)
	Inadequadas ao Meio Urbano	IND	(todas as atividades)
	Nocivas ao Meio Urbano	IND	(todas as atividades)
Institucional	Administrativa Governamental	INS	(todas as atividades)
	Defesa e Segurança	INS	Quartel, academia de policia, casa de detenção,
	Cultura e Lazer	INS	Centro social urban, teatro, cinema, Centro de convenções, biblioteca, aquário, Planetário, circo, zoológico, parque.
	Atividades Religiosas	EAR	Mosteiro, convento, seminário, templos.
	Atividades Insalubres	INS	Aterro sanitário, cemitério, crematório.
	Venda de Artigos Permanente	INS	(todas as atividades)
	Transporte	TRP	(todas as atividades)
Urbo-Agrario	Extração de Minerais	UAG	(todas as atividades)
	Agropecuária	UAG	(todas as atividades)
	Pesca e Aqüicultura	UAG	(todas as atividades)

(*) Reclassificação utilizada no levantamento de campo, etapa metodológica constante no capítulo 4.

Anexo 11. Medidas sintáticas de 1ª. e 2ª. Ordem e das LC´s
Fonte: Mindwalk 1.0 (academic).

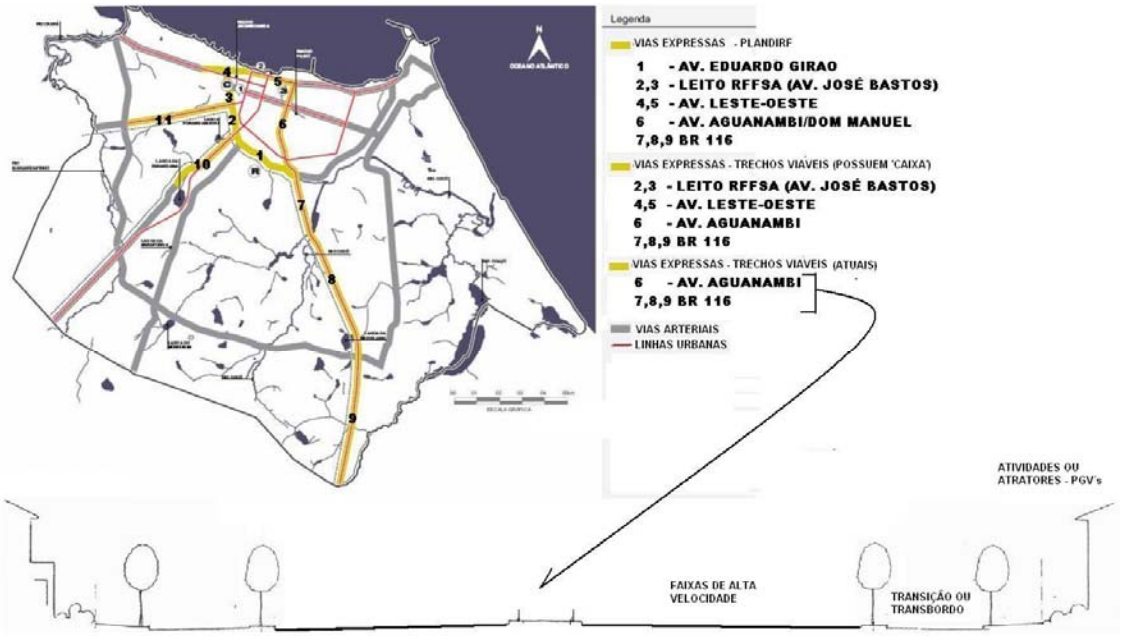
Atributo	Descrição
ID	Identificador de registro (chave primária)
NAME	Nome da Via
CONNECTIVITY	Conectividade
CONTROL	Controle
DEPTH	Profundidade
FAST CHOICE	Escolha (rápida, próxima do 'Caminho Mínimo')
GLOBAL INTEGRATION	Integração Global
LENGTH	Comprimento axial
RADIUS-RADIUS INTEGRATION	Integração Média (Raio-Raio)
SINUOSITY	Sinuosidade

Anexo 12. Medidas de Tráfego da Alocação-4E
Fonte: AMC-CTA For (2005).

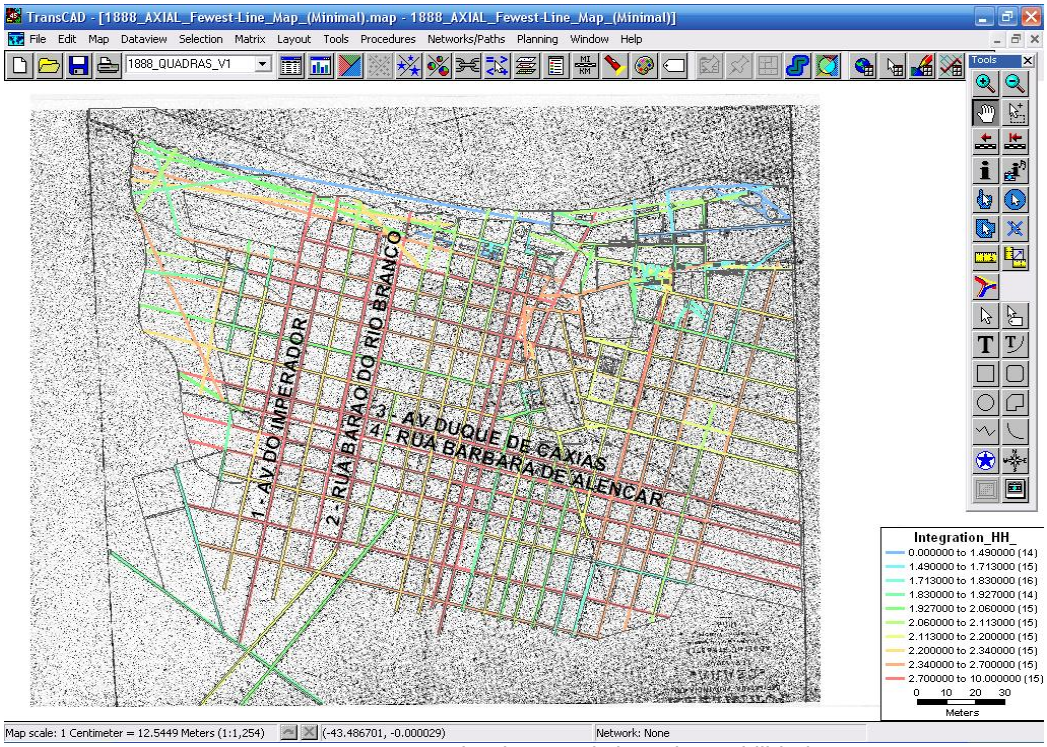
Atributo	Descrição
ID	Identificador de registro (chave primária)
LENGTH	Comprimento do arco (linha de tráfego)
DIR	(direção leste oeste=1, ou 2=oeste-leste)
TIPO_LINK	Tipo de link, de centróide ou de tráfego
VMED_MANAB	Velocidade Média no sentido AB
VMED_MANBA	Velocidade Média no sentido BA
V_F_LIV_AB	Velocidade de Fluxo Livre AB
V_F_LIV_BA	Velocidade de Fluxo Livre BA
TVMED_AB1	Tempo de Velocidade Média no sentido AB
TVMED_BA1	Tempo de Velocidade Média no sentido BA
T_F_LIV_AB	Tempo Velocidade de Fluxo Livre AB- BPR
T_F_LIV_BA	Tempo Velocidade de Fluxo Livre BA- BPR
CODLOG	Código da Via
TIPOLOG	Tipo (AV,RUA,TRAV)
TITLOG	Tipo (BR, ALM, TEN)
NOMLOG	Nome da Via
CLASSIF	Classe (NS): EXPRESSA, ARTERIAL,COLETORA OU LOCAL
PNE	Primeiro Número a Direita
UNE	Último Número a Direita
PND	Primeiro Número a Esquerda
UND	Último Número a Esquerda
AB_FLOW,	Fluxo no sentido AB ('indo')
BA_FLOW,	Fluxo no sentido BA ('voltando')
TOT_FLOW,	Fluxo total nod dois sentidos
AB_TIME,	tempo de deslocamento no sentido AB
BA_TIME,	tempo de deslocamento no sentido AB
MAX_TIME,	tempo de deslocamento máximo dois sentidos
AB_VOC,	Volume Over Capacity', ou saturação no sentido AB
BA_VOC,	Volume Over Capacity', ou saturação no sentido BA
MAX_VOC,	Volume Over Capacity', ou saturação Máxima
AB_SPEED,	Velocidade média do sentido AB
BA_SPEED,	Velocidade média do sentido BA
CAPACIDAB,	Capacidade da Via, sentido AB
CAPACIDBA	Capacidade da Via, sentido BA
REDE_MODE	Rede de Modelagem (35.000 links para alocação)



Anexo 13. PLANDIRF – Rede Viária metropolitana.
Fonte: Adaptado de MUNIZ (2006, p.180).



Anexo 14 Comparativo atual – Vias Expressas
Fonte: Adaptado de MUNIZ (2006, p.189) e SALES (1996).



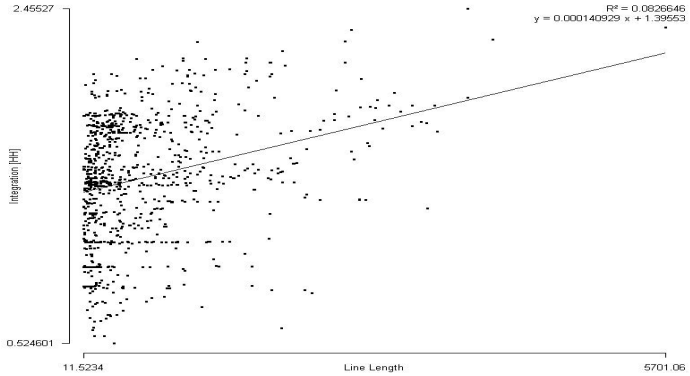
Anexo 15 As quatro vias (ATUAIS) de maior mobilidade superpostas ao mapa histórico de Fortaleza, 1888.

Anexo 16. Camada (10+20+30+40) – Integração (HH)
e AMC- DEPTHMAP.

Camada (10+20+30+40)



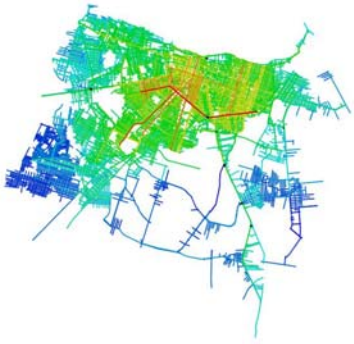
Line length = f (Integração) R^2 = 0,0826646



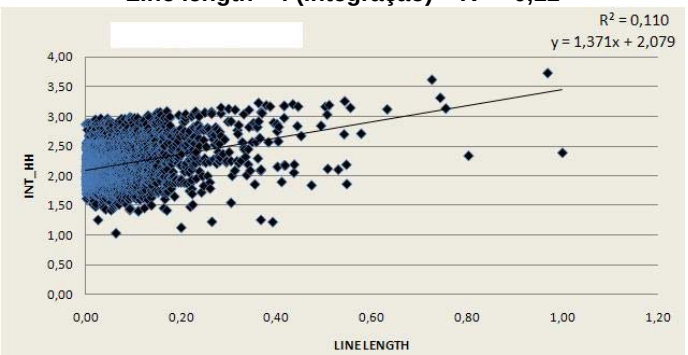
Raio	Variável	R
0	Connectivity	0,8392
3	Integration [HH] R3	0,4724
4	Integration [HH] R4	0,4076
5	Integration [HH] R5	0,3528
6	Integration [HH] R6	0,3329
7	Integration [HH] R7	0,3059
9	Integration [HH] R9	0,2917
8	Integration [HH] R8	0,2917
15	Integration [HH] R15	0,2889
14	Integration [HH] R14	0,2888
13	Integration [HH] R13	0,2885
16	Integration [HH] R16	0,2884
12	Integration [HH] R12	0,2882
10	Integration [HH] R10	0,2882
11	Integration [HH] R11	0,2882
17	Integration [HH] R17	0,2880
18	Integration [HH] R18	0,2877
19	Integration [HH] R19	0,2876
20	Integration [HH] R20	0,2875
HH	Integration [HH]	0,2875

Anexo 17 Camada (10+20+30+40+50+60+70) – Integração (HH)
e AMC- MINDWALK

Camada (10+20+30+40+50+60+70)



Line length = f (Integração) R^2 = 0,11



Raio	Variável	R
0	CONNECTIVITY	0,851626
3	LOCAL INTEGRATION R3	0,513183
4	LOCAL INTEGRATION R4	0,410097
5	LOCAL INTEGRATION R5	0,332979
HH	RADIUS-RADIUS INTEGRATION	0,332979
6	LOCAL INTEGRATION R6	0,273163
7	LOCAL INTEGRATION R7	0,226646
8	LOCAL INTEGRATION R8	0,187762
9	LOCAL INTEGRATION R9	0,157876
15	LOCAL INTEGRATION R15	0,138806
14	LOCAL INTEGRATION R14	0,138361
16	LOCAL INTEGRATION R16	0,138017
17	LOCAL INTEGRATION R17	0,137589
18	LOCAL INTEGRATION R18	0,137518
n	GLOBAL INTEGRATION	0,137518
19	LOCAL INTEGRATION R19	0,137518
20	LOCAL INTEGRATION R20	0,137518
10	LOCAL INTEGRATION R10	0,137046
12	LOCAL INTEGRATION R12	0,134418
13	LOCAL INTEGRATION R13	0,134418
11	LOCAL INTEGRATION R11	0,128171

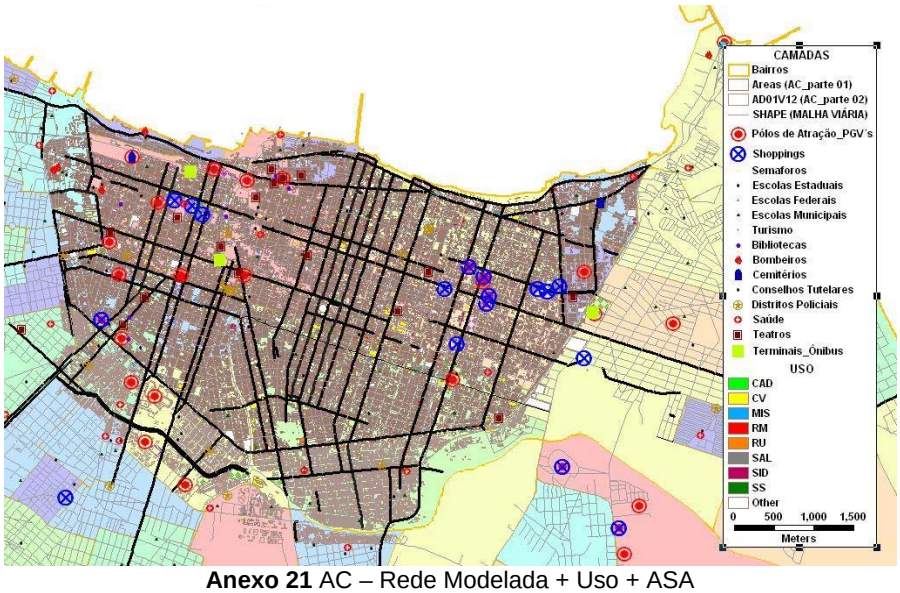
Anexo 18. Correlações entre os comprimentos das linhas axiais (*lenghts*) e variáveis sintáticas obtidas no *software* Dephtmap.
Fonte: o CAVALCANTE *et. al* (2007).

Correlações - Length x Valores de medidas sintáticas			
Variáveis sintáticas	*Line Length*	Variáveis sintáticas	*Line Length*
Line Length	1,000	Integration [HH] R17	0,463
Connectivity	0,933	Integration [HH] R16	0,463
Choice R3	0,788	Intensity R7	0,445
Choice R4	0,778	Intensity R8	0,439
Choice R5	0,732	Intensity R5	0,372
Choice R6	0,716	Entropy R5	0,368
Choice R7	0,704	Entropy R19	0,000
Choice R8	0,692	Entropy R20	-0,005
Choice R9	0,679	Intensity R3	-0,006
Choice R10	0,667	Entropy R21	-0,007
Choice R20	0,616	Entropy	-0,008
Choice R21	0,615	Mean Depth R3	-0,042
Integration [HH] R3	0,595	Mean Depth R4	-0,193
Integration [HH] R4	0,525	Mean Depth R9	-0,419
Integration [HH] R5	0,488	Mean Depth R8	-0,430
Integration [HH] R7	0,478	Mean Depth R7	-0,433

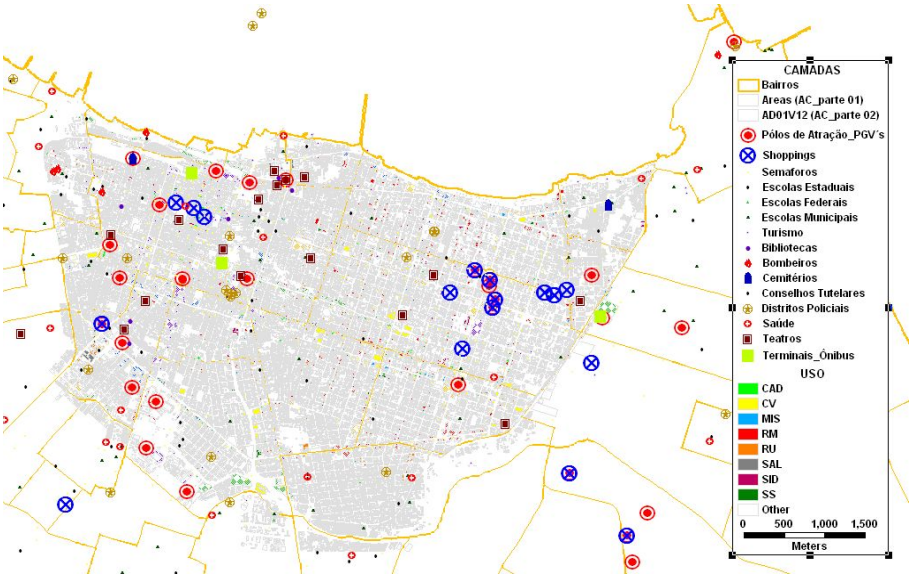
Anexo 19. Vias da sub-amostra da AC. Controle Pesquisa de Campo - PGV*
Fonte: Base logradouros.dbd, AMC (2008).

CÓD	VIA	CLASSE	COD	VIA	CLASSE
1	Avenida Antonio Sales	ARTERIAL	35	Rua Frei Mansueto	ARTERIAL
2	Avenida 13 de Maio	ARTERIAL	36	Rua Guilherme Rocha	ARTERIAL
3	Avenida Aguanambi	ARTERIAL	37	Rua Jaime Benévolo	ARTERIAL
4	Avenida Almirante Barroso	ARTERIAL	38	Rua Padre Valdevino	ARTERIAL
5	Avenida Barão de Studart	ARTERIAL	39	Rua Pessoa Anta	ARTERIAL
6	Avenida Bezerra de Menezes	ARTERIAL	40	Rua Tibúrcio Cavalcante	ARTERIAL (4), COLETORA (27) E LOCAL (14)
7	Avenida Carapinima	ARTERIAL	41	Rua São Paulo	ARTERIAL E LOCAL
8	Avenida da Abolição	ARTERIAL	42	Rua Senador Pompeu	ARTERIAL E LOCAL
9	Avenida da Universidade	ARTERIAL	43	Avenida Dep. Oswaldo Studart	COLETORA
10	Avenida Desembargador Moreira	ARTERIAL	44	Avenida Filomeno Gomes	COLETORA
11	Avenida do Imperador	ARTERIAL	45	Rua Cel. Pergentino Ferreira	COLETORA
12	Avenida Dom Luis	ARTERIAL	46	Rua Padre Ibiapina	COLETORA
13	Avenida Dom Manuel	ARTERIAL	47	Rua Soriano Albuquerque	COLETORA
14	Avenida dos Expedicionários	ARTERIAL	48	Avenida Eduardo Girão	EXPRESSA
15	Avenida Duque de Caxias	ARTERIAL	49	Avenida José Bastos	EXPRESSA
16	Avenida Governador Raul Barbosa	ARTERIAL	50	Rua Alm. Henrique Barbosa (Via Expressa)	EXPRESSA
17	Avenida Heráclito Graça	ARTERIAL	51	Rua Capitão Gustavo	LOCAL
18	Avenida Historiador Raimundo Girão	ARTERIAL	52	Rua Carlos Vansconcelos	LOCAL
19	Avenida João Pessoa	ARTERIAL	53	Rua José Lino	LOCAL
20	Avenida Luciano Carneiro	ARTERIAL	54	Rua Manoel Jesuíno	LOCAL
21	Avenida Monsenhor Tabosa	ARTERIAL	55	Rua Oswaldo Cruz	LOCAL
22	Avenida Padre Antônio Tomas	ARTERIAL	56	Rua Pde. Cícero	LOCAL(12) E EXPRESSA(4)
23	Avenida Pontes Vieira	ARTERIAL	57	Avenida Antônio Justa	S/D
24	Avenida Presidente Castelo Branco	ARTERIAL	58	Avenida Beira Mar	S/D
25	Avenida Rui Barbosa	ARTERIAL	59	Avenida Sabino do Monte	S/D
26	Avenida Santos Dumont	ARTERIAL	60	Rua Antônio Augusto	S/D
27	Avenida Senador Virgilío Távora	ARTERIAL	61	Rua Barão de Aracati	S/D
28	Avenida Sgt. Hermínio Sampaio	ARTERIAL	62	Rua Escrivão Pinheiro	S/D
29	Avenida Tristão Gonçalves	ARTERIAL	63	Rua Idelfonso Albano	S/D
30	Avenida Visconde do Rio Branco	ARTERIAL	64	Rua João Cordeiro	S/D
31	Rua Barão de Aratanha	ARTERIAL	65	Rua José Linhares	S/D
32	Rua Barão do Rio Branco	ARTERIAL	66	Rua Lauro Maia	S/D
33	Rua Costa Barros	ARTERIAL	67	Rua Nogueira Acioli	S/D
34	Rua Domingos Olímpio	ARTERIAL	68	Rua Silva Paulet	S/D

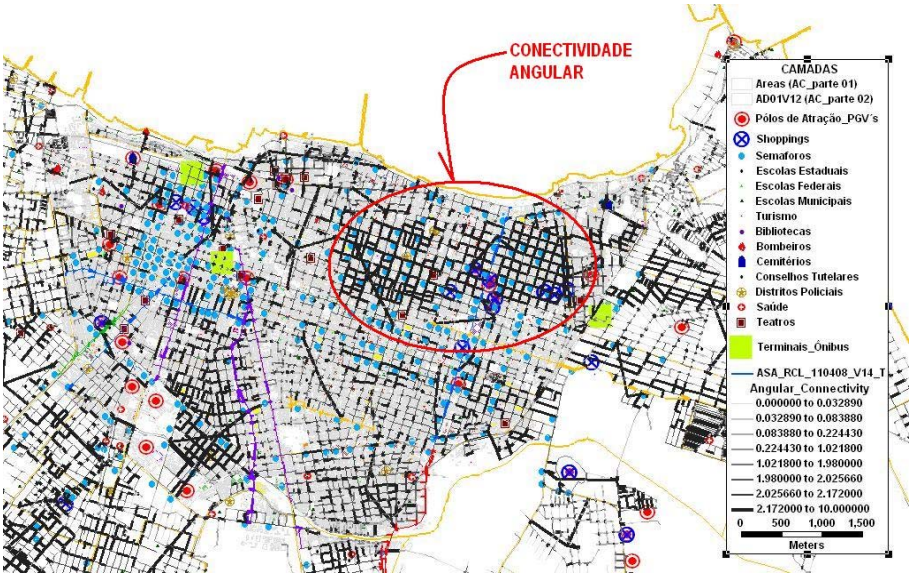
Anexo 20. Formulário de Pesquisa de Campo. Fonte: O autor e AMC.



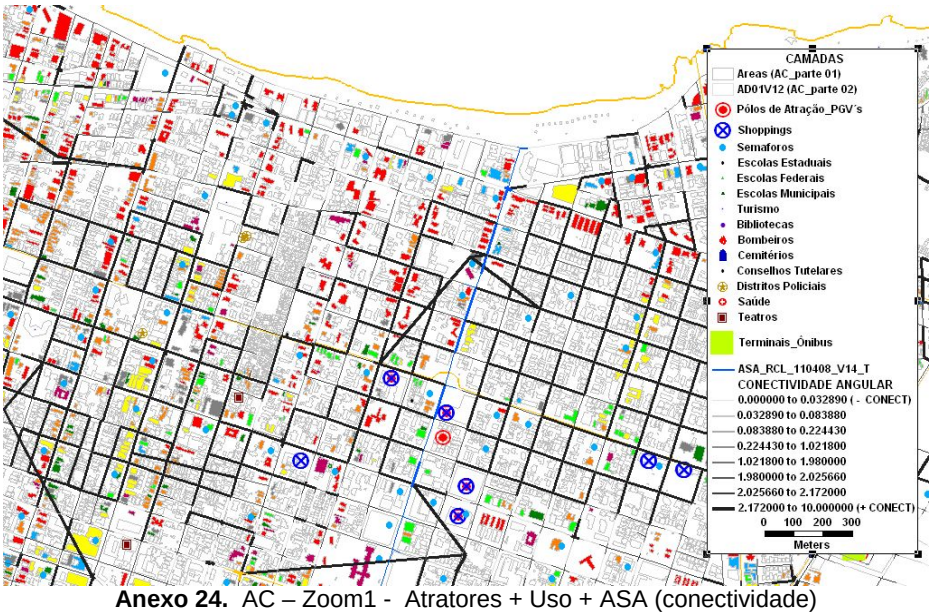
Anexo 21 AC – Rede Modelada + Uso + ASA



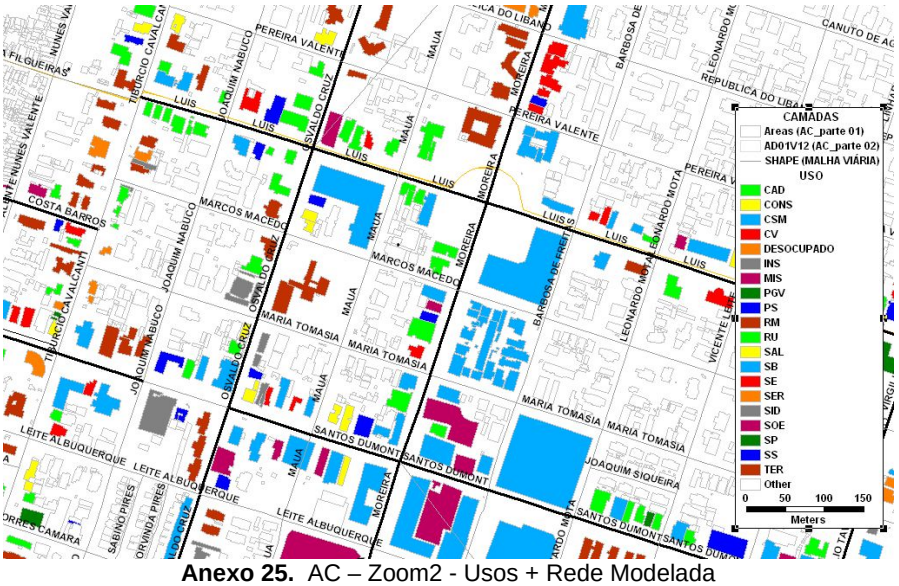
Anexo 22. AC – Pólos Geradores – *Atratores*



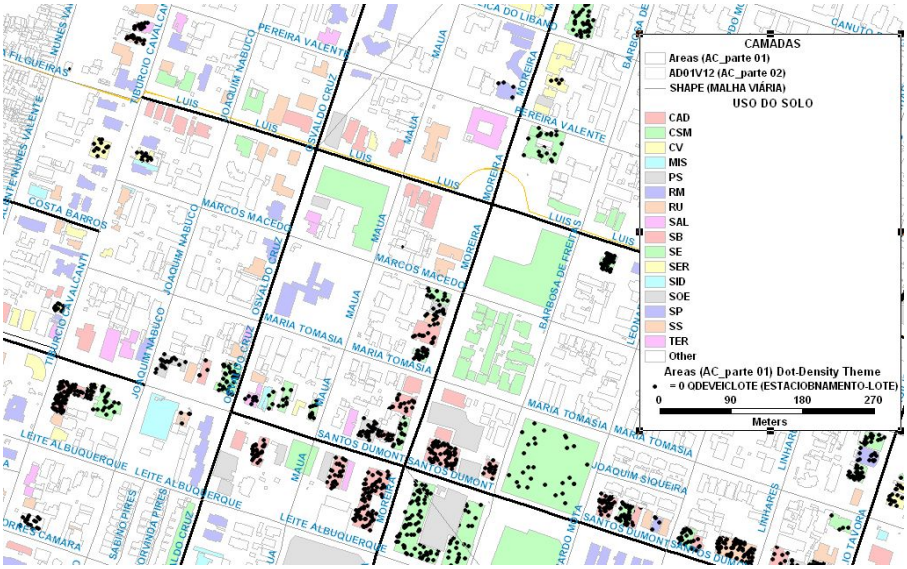
Anexo 23 AC – Atratores + Semáforos + Vias de maior Conectividade (SE)



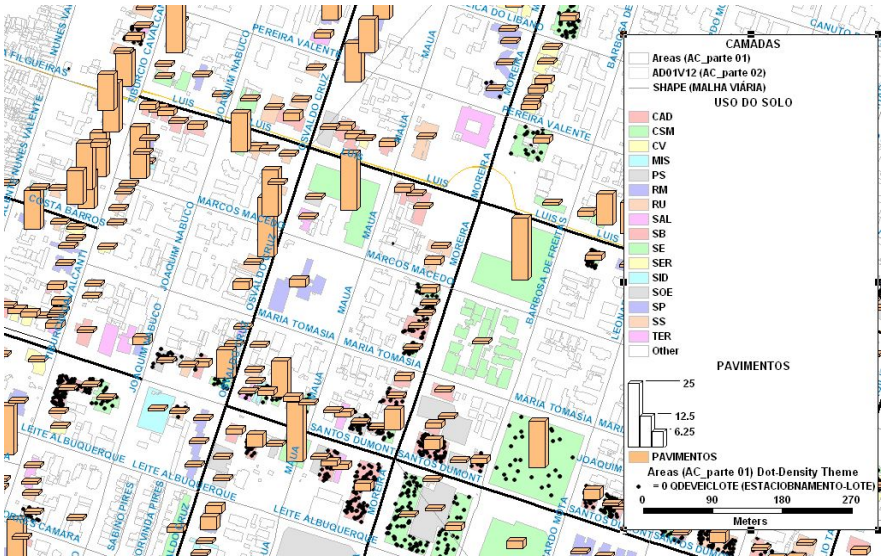
Anexo 24. AC – Zoom1 - Atratores + Uso + ASA (conectividade)



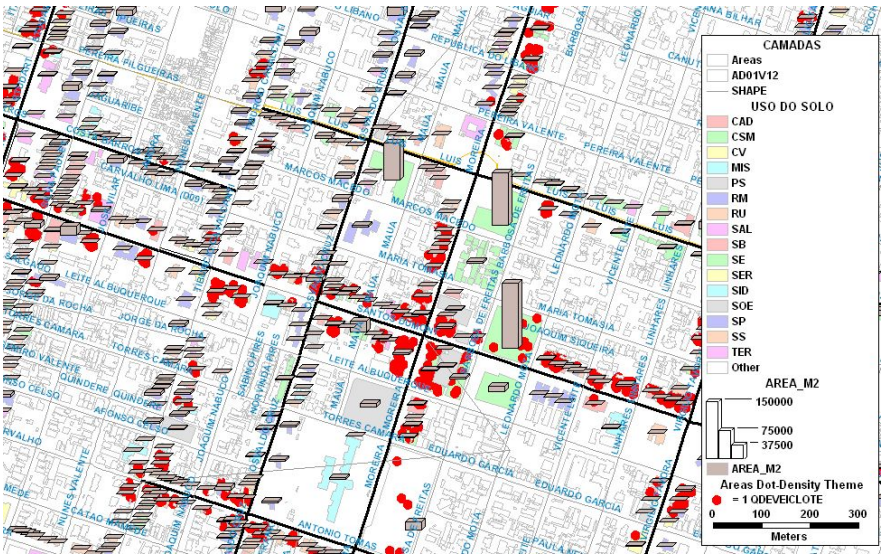
Anexo 25. AC – Zoom2 - Usos + Rede Modelada



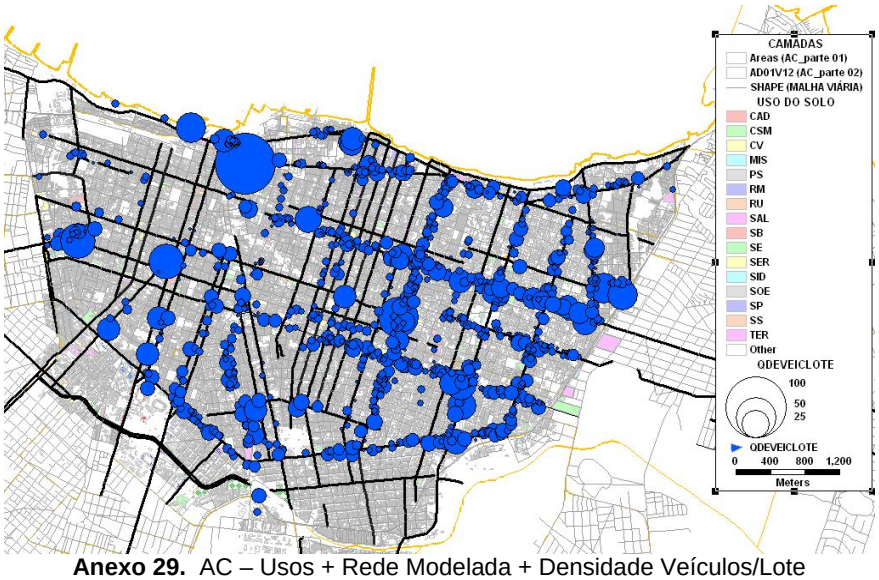
Anexo 26. AC – Zoom2
- Usos + Rede Modelada + Qdte Veículos/Lote



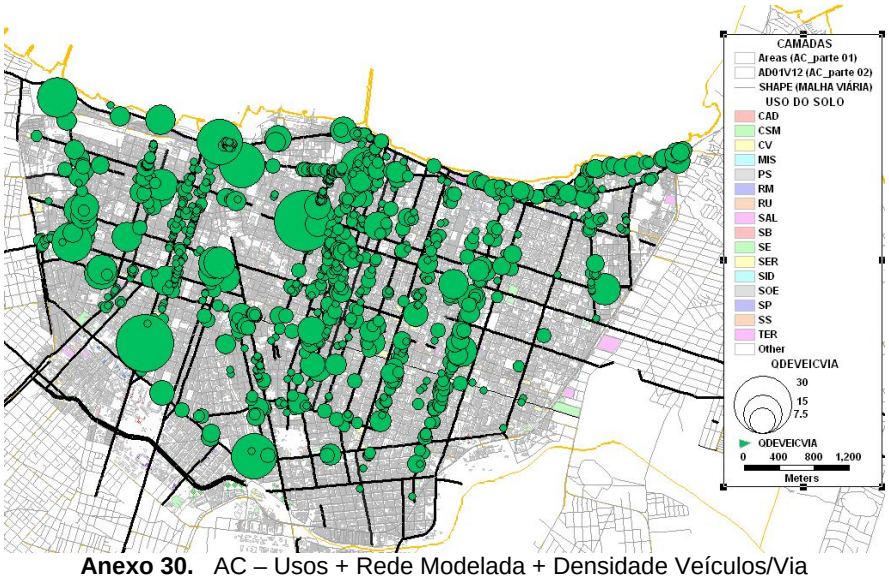
Anexo 27 AC – Zoom2
– Usos + Rede Modelada + Qdte Veículos/Lote + No Pavtos



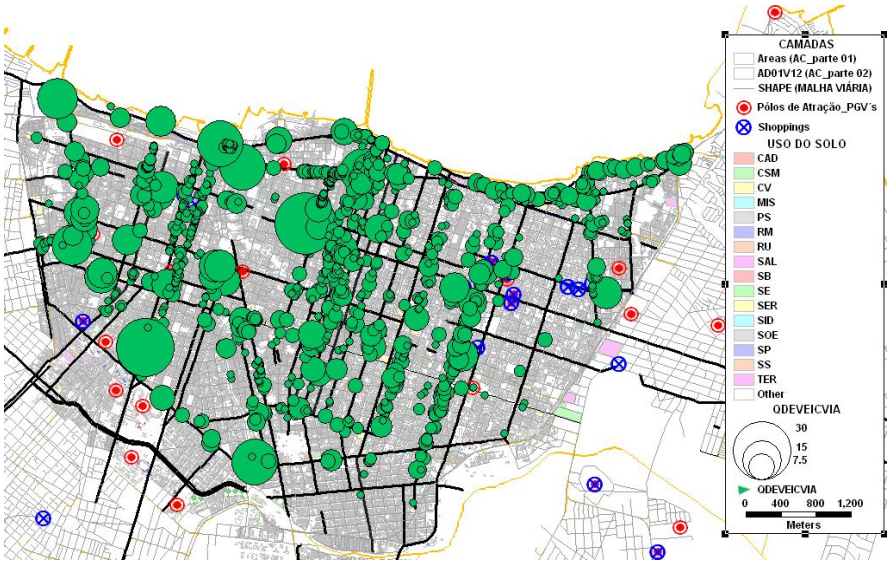
Anexo 28 AC – Zoom2
– Usos + Rede Modelada + Qdte Veículos/Lote + Área Construída



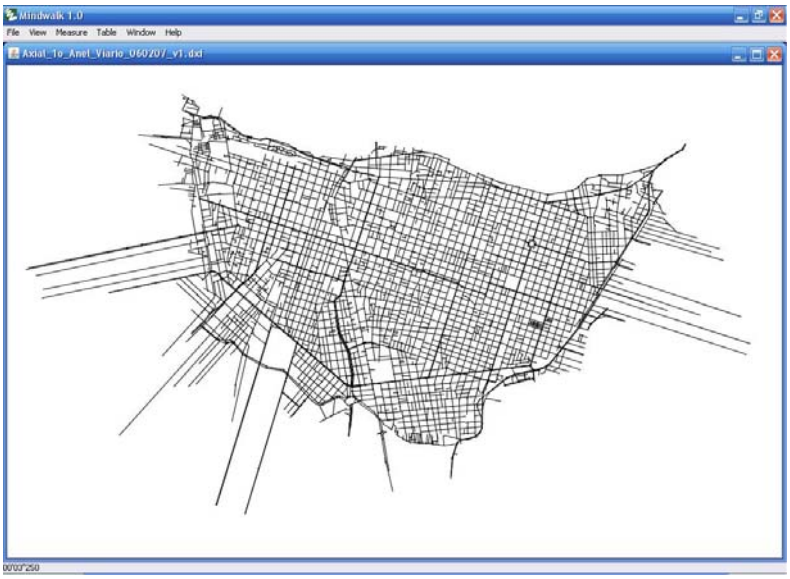
Anexo 29. AC – Usos + Rede Modelada + Densidade Veículos/Lote



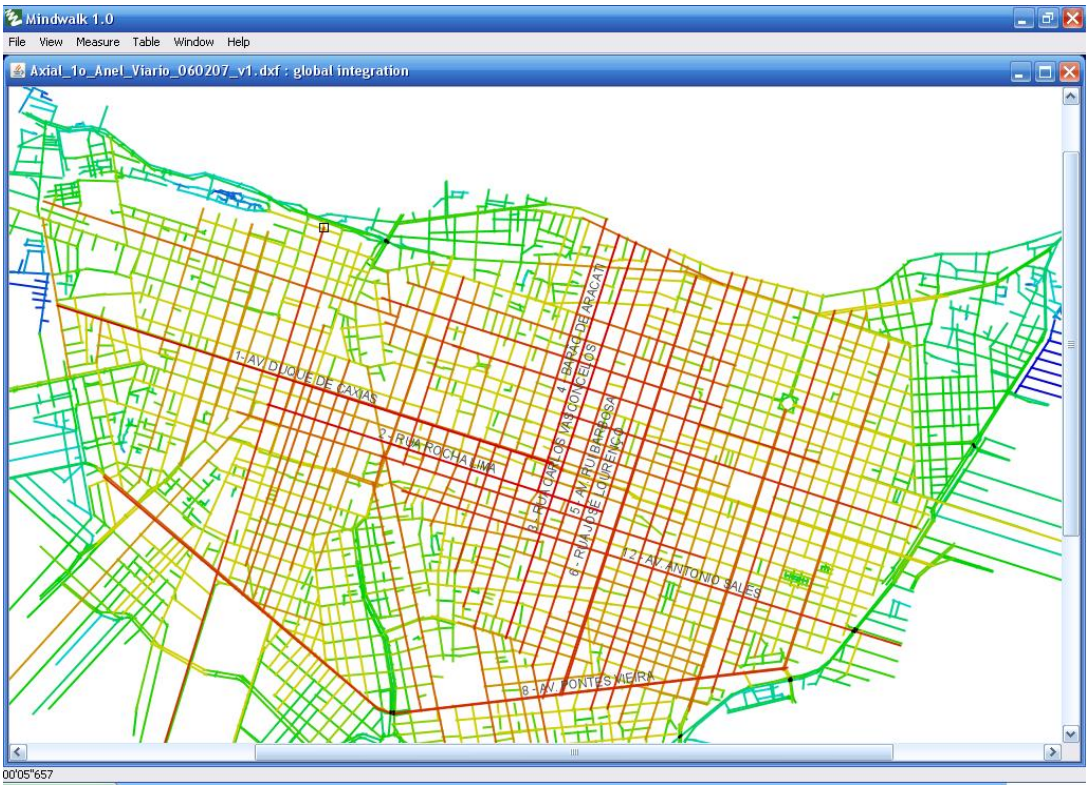
Anexo 30. AC – Usos + Rede Modelada + Densidade Veículos/Via



Anexo 31. AC – Atratores (PGV´s e Shoppings)
+ Usos + Rede Modelada + Densidade Veículos/Via



Anexo 32. Mapa Axial Recortado – Limites da AC (2.050 LINHAS).



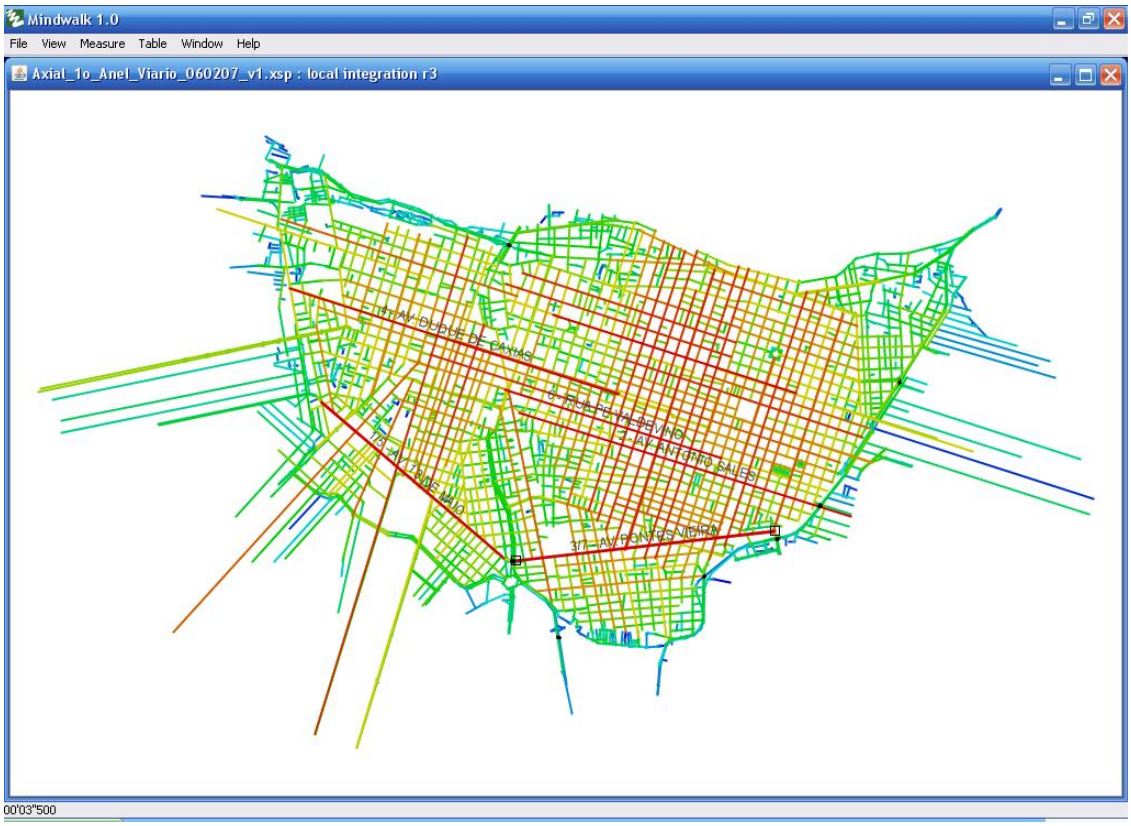
Anexo 33. Mapa Axial AC (2.050 linhas)- Integração Global (Rn)

Anexo 34. Axial Total – Vias mais acessadas - Rn.
Todas pertencem a AC.

ID	NAME	CONNECTIVITY	CONTROL	DEPTH	FAST CHOICE	Rn	R3
6031	1- AV DOMINGOS OLIMPIO (ANTONIO SALES)	27	3,8891	0	0,1376	1,1831	4,055
2254	AV JOSÉ BASTOS (via férrrea)	42	11,1267	2	0,1322	1,1815	4,4128
6555	2 - AV - DUQUE DE CAXIAS	50	6,9838	2	0,1851	1,1606	4,4054
6236	3 – AV ANTONIO SALES (início)	6	0,7507	1	0,1027	1,1571	3,4401
1230	4 - RUA VISC. RIO BRANCO	32	8,5326	2	0,1498	1,1492	3,8919
5905	5 - RUA PRINCESA ISABEL	27	5,2185	1	0,0044	1,147	4,1029

Anexo 35. AC Axial – 12 vias mais acessadas - Rn.

ID	NAME	CONNECTIVITY	CONTROL	DEPTH	FAST	Rn	R3
313	1- AV. DUQUE DE CAXIAS	43	6,55	0	0,150	2,15	4,38
244	2 - RUA ROCHA LIMA	34	5,48	2	0,103	2,15	4,28
256	3 - RUA CARLOS VASCONCELOS	37	6,71	2	0,015	2,10	4,12
263	4 - BARÃO DE ARACATI	29	7,76	1	0,075	2,10	4,01
246	5 - AV. RUI BARBOSA	42	7,17	3	0,043	2,10	4,21
243	6 - RUA JOSÉ LOURENÇO	32	3,72	3	0,055	2,09	4,13
384	7 - RUA JOÃO CORDEIRO	13	1,60	1	0,004	2,08	3,75
1419	8 - AV. PONTES VIEIRA	37	6,91	4	0,190	2,08	4,36
382	9 - RUA ANTONIO AUGUSTO	19	3,84	1	0,045	2,08	3,78
405	10 - RUA GONÇALVES LEDO	9	1,13	1	0,001	2,08	3,67
817	11 - AV. DOS EXPEDICIONÁRIOS / RUA SENADOR	39	8,04	1	0,120	2,07	4,31
204	12 - AV. ANTONIO SALES (DOM. OLIMPIO)	41	5,38	2	0,077	2,07	4,47



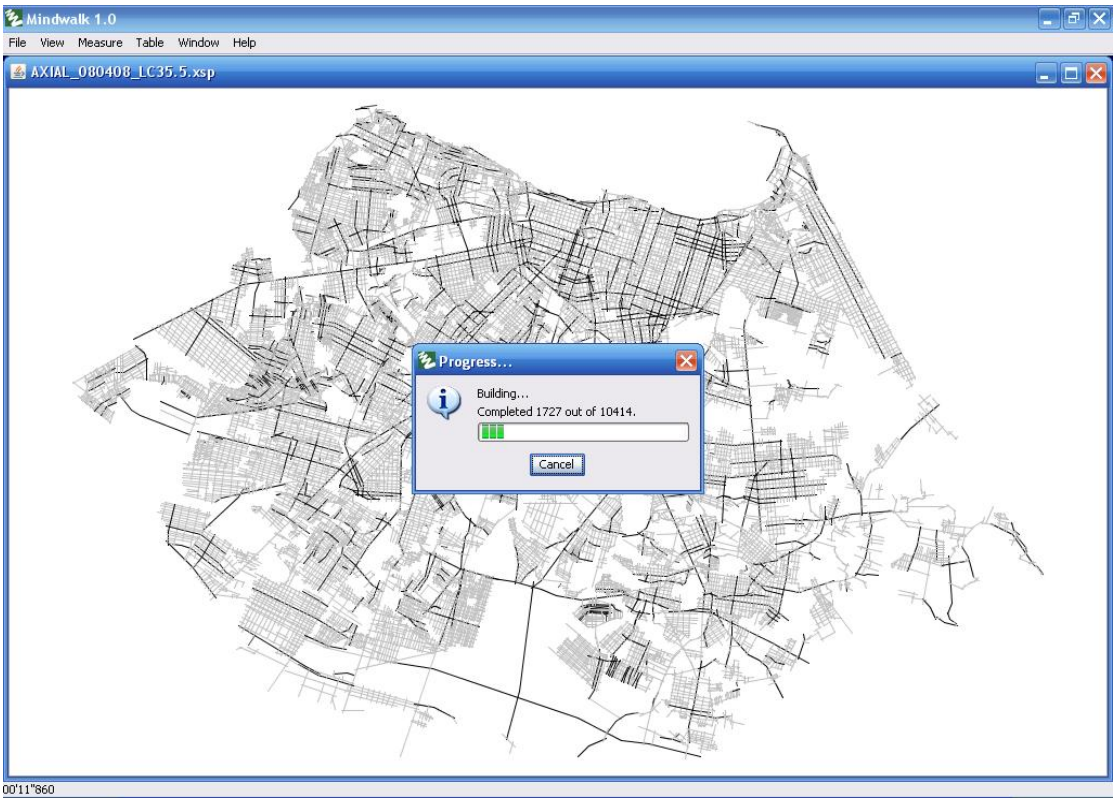
Anexo 36. Axial- AC- Integração Local R3

Anexo 37. Axial Total (11.286 linhas) – 4 vias mais acessadas – R3.
Apena uma pertence a AC.

ID	NAME	CONNECTIVITY	CONTROL	DEPTH	FAST CHOICE	Rn	R3
5865	1 - AV. SANTOS DUMONT	65	7,123	4	0,1307	1,0609	4,8434
6072	2- AV. FCO SÁ	66	13,4832	2	0,1343	1,1109	4,8066
10032	3- AV.WASHINGTON SOARES	63	19,2867	7	0,1192	0,915	4,6972
2785	4- DESCONHECIDA	56	10,7639	6	0,0174	0,8758	4,6258

Anexo 38. AC Axial – 6 vias mais acessadas – R3.

ID	NAME	CONNECTIVITY	CONTROL	DEPTH	FAST CHOICE	Rn	R3
1302	1- AV.13 DE MAIO	55	13,2088	2	0,0606	1,8996	4,4762
204	2- AV. ANTONIO SALES	41	5,375	2	0,0771	2,0710	4,4741
758	3- AV. PONTES VIEIRA	35	5,5659	4	0,0384	2,0236	4,3822
313	4- AV.DOMINGOS OLÍMPIO	43	6,5467	0	0,1497	2,1505	4,3813
1330	5-- AV.13 DE MAIO	57	14,7088	2	0,1718	2,0322	4,3751
205	6 - AV PADRE VALDEVINO	31	4,9921	2	0,0377	2,0294	4,3652



Anexo 39. Conversão em LC (35,5) – de 11.286 para 10.414 Linhas.

Anexo 40 Mapa LC (35,5) (10.414 linhas) – 8 vias mais acessadas – R3.
Apenas uma pertence a AC.

ID	NAME	CONNECTIVITY	CONTROL	DEPTH	FAST CHOICE	Rn	R3
38	1- AV. 13 DEMAIO	47	9,2428	0	0,2104	1,7402	4,4758
1063	2- BR 116	15	2,2805	2	0,1224	1,6973	4,0243
186	3- AV. LUCIANO CARNEIRO	30	5,4901	1	0,1185	1,689	4,1029
0	4- AV BEZERRA DE MENEZES	104	17,5205	1	0,3043	1,6846	5,0373
5	5- BR116	88	22,2605	3	0,3677	1,6808	4,8969
2058	6- DESCONHECIDA	6	0,4799	1	0,0976	1,6623	3,4414
130	7- AV DOMINGOS OLIMPIO	28	3,4883	1	0,0587	1,6562	4,2716
715	8- AV. EDUARDO GIRÃO	8	1,2223	2	0,0218	1,6501	3,4468

Anexo 41 Mapa LC (35,5) (10.414 linhas) - 4 vias mais acessadas - Rn

ID	NAME	CONNECTIVITY	CONTROL	DEPTH	FAST CHOICE	Rn	R3
47	4 - RUA VISCONDE DO RIO BRANCO	32	8,3218	0	0,1259	1,5436	4,0017
100	BR 116	40	8,8985	1	0,2983	1,5433	4,2067
86	REFFSA	50	13,7664	3	0,1364	1,5379	4,6187
1268	LUCIANO CARNEIRO	7	0,977	3	0,0536	1,5378	3,5178
314	BORGES DE MELO	15	4,2842	1	0,0539	1,5352	3,6741
64	13 DE MAIO	47	9,3587	3	0,1004	1,5337	4,4503
124	1- AV DOMINGOS OLIMPIO	28	3,5158	2	0,1064	1,5317	4,2854

Anexo 42 Mapa $AC_{LC\ (35,5)}$ (1.686 linhas) - 6 vias mais acessadas – Rn e R3.

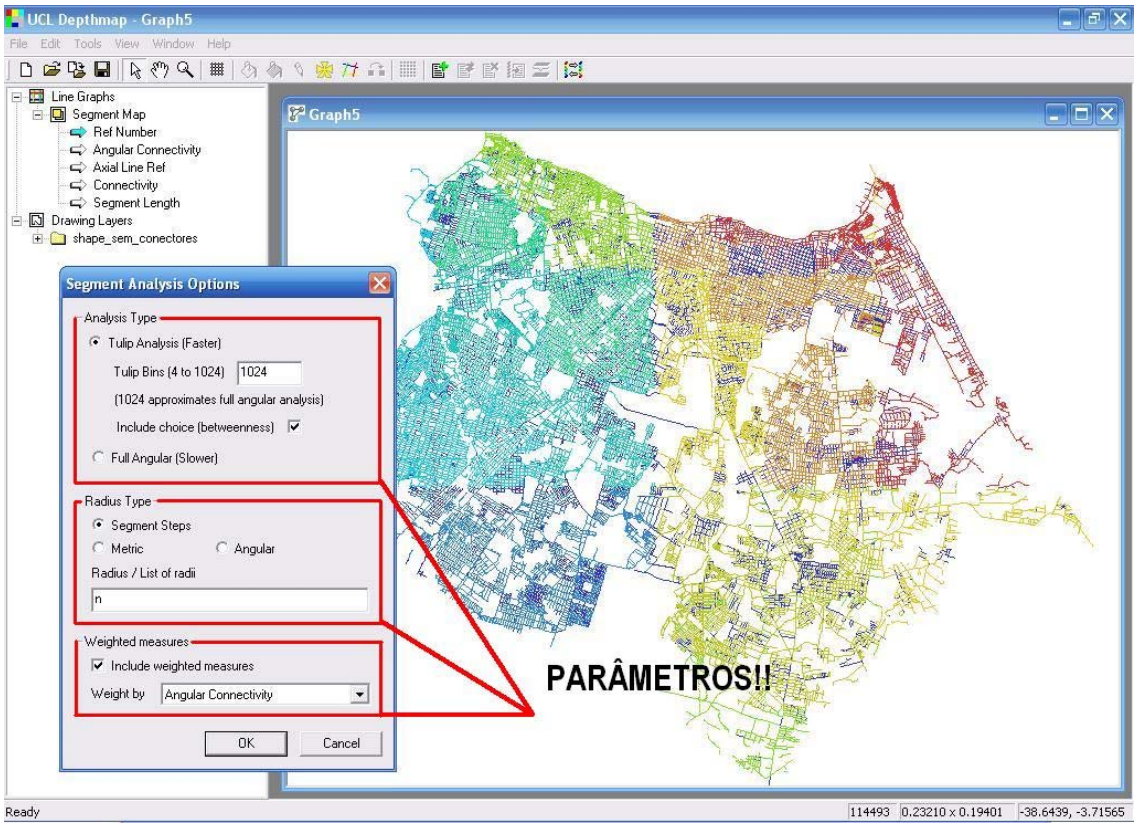
ID	NAME	CONNECTIVITY	CONTROL	DEPTH	FAST CHOICE	Rn	R3
16	1- AV 13 DE MAIO	92	20,26	0	0,3536	3,1264	5,1098
7	2- RUA OSVALDO CRUZ	52	8,73	1	0,0545	2,7350	4,5328
2	3- AV. ANTONIO SALES	41	4,81	2	0,0578	2,5700	4,5240
3	4- AV.DOMINGOS OLÍMPIO	44	5,81	2	0,1060	2,6862	4,4791
30	5- AV.13 DE MAIO	57	12,24	2	0,0663	2,7192	4,4776
17	6- AV. PONTES VIEIRA	36	5,68	2	0,0459	2,7912	4,4757

Anexo 43
(ETAPAS DE CONVERSÃO DE RCL´s PARA ASA)

1) Abrir a base RCL – semente (base shape – AMC, figura 5.44) e remover os links externos à cidade de Fortaleza, além dos links aos centróides das Zonas de Tráfego, as ZT´s (figura 1)
2) Converter a extensão .dbd expotando-a para um arquivo tipo '.dxf' (Drawing Exchange File) com o cuidado de não incluir as informações atreladas aos links (os atributos de tráfego)[4] (figura 2).
3) Importar o arquivo .dxf no *software Depthmap*. Inicialmente, selecionar o arquivo SHAPE_SEM_CONECTORES.dxf[5] (figura 3)
4) Importar o arquivo SHAPE_SEM_CONECTORES.dxf (figura 4).
5) Converter o mapa SHAPE_SEM_CONECTORES.dxf em mapa ASA_Axial (figura 5.97).
6) Processando as medidas sintáticas no SHAPE_ASA_AXIAL.dxf (figura 6): Integração (Raio 8), *Choice* (betweenness), RA, RRA, *Total Depth* (profundidade Total) e *Weigthned Measures – Conectivity* (ponderação por conectividade)
7) Mapa SHAPE_ASA_AXIAL.dxf (figura 7): processado pelos parâmetros anteriores (figura 6b)
8) Realizado este processamento, foram repetidas diversas combinações de parâmetros *versus* raios de conversão, originando 18 (dezoito) mapas SHAPE_ASA_AXIAIS.
9) Com base nos procedimentos realizados, foram também repetidos os passos 6, 7 e 8, mas para construção de mapas SHAPE_ASA_SEGMENTOS, os quais neste trabalho, serão simplesmente conhecidos por mapa ASA (figura 9)
10) Selecionando os PARÂMETROS de processamento para obtenção das medidas sintáticas no SHAPE_ASA_SEGMENTOS.dxf (figura 10): 01) TIPO DE ANÁLISE ('tulipa', ver capítulo 3); 2) TIPO DE RAIO, e; 3) PONDERAÇÃO.

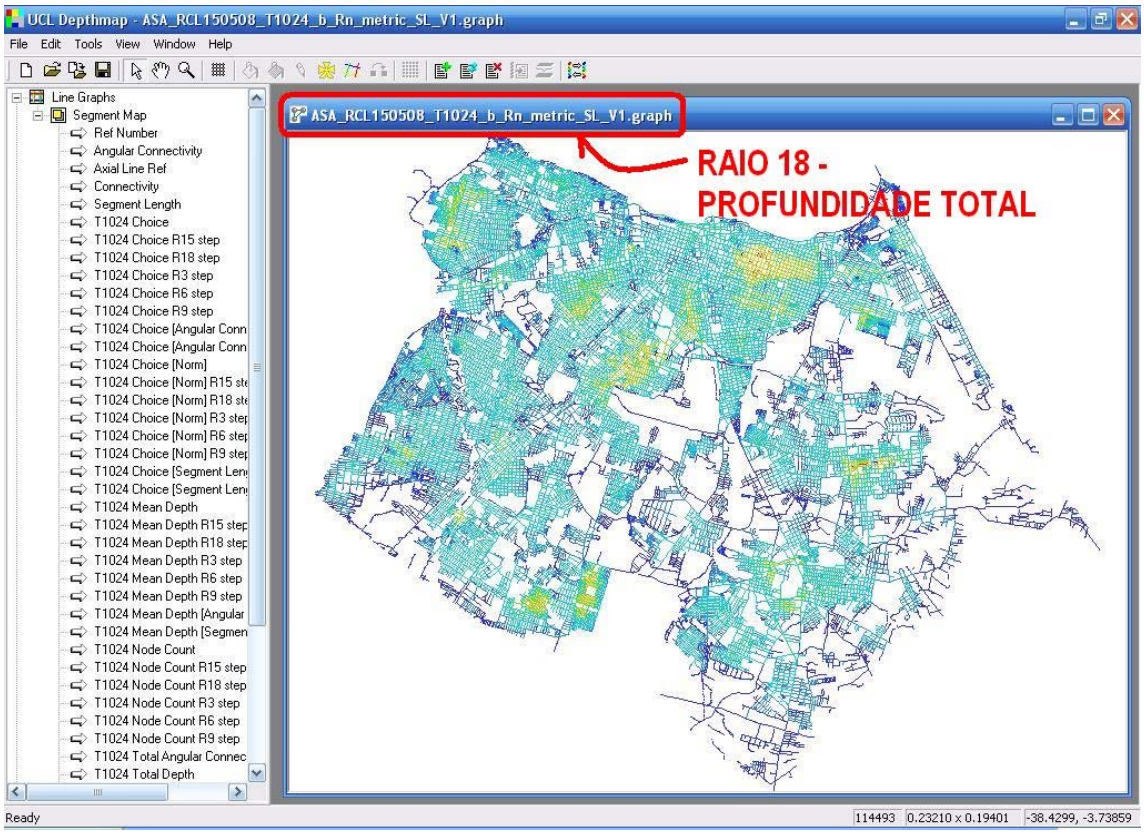
[4] Esta fase da metodologia tomou bastante tempo do autor que recorreu a colega Lucas Figueiredo de Medeiros, doutorando em Barttlet e ao próprio professor Alasdair Turner, em e-mail sobre o assunto. Como não se obteve resposta do segundo, mas somente algumas 'pistas' do primeiro, resolveu-se por conta própia encontrar a solução. Agradeço a contribuição do Aluno Antonio Wagner Jales, do Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes da UFC, PETRAN-UFC, que contribuiu para este intento de forma singular, detectando o 'os 5% de erro' que faltava ser corrigido para realizarmos a conversão.

[5] No processo de importação, o antigo mapa de 65.000 links (linhas e polilinhas) transforma-se em um arquivo '.dxf' de 114.493 linhas, pois as polilinhas são 'compreendidas' pelo Depthmap como segmentos lineares. Em termos práticos, o arquivo '.dxf' 'infla-se' em tamanho e os IDs não são mais os mesmos após a conversão sintática!!



Conversão RCL- ASA: etapa (10)

Exemplo de Mapa SHAPE_ASA_SEGMENTOSL.dxf (figura 11): processado pelos parâmetros (1) (2) e (3).

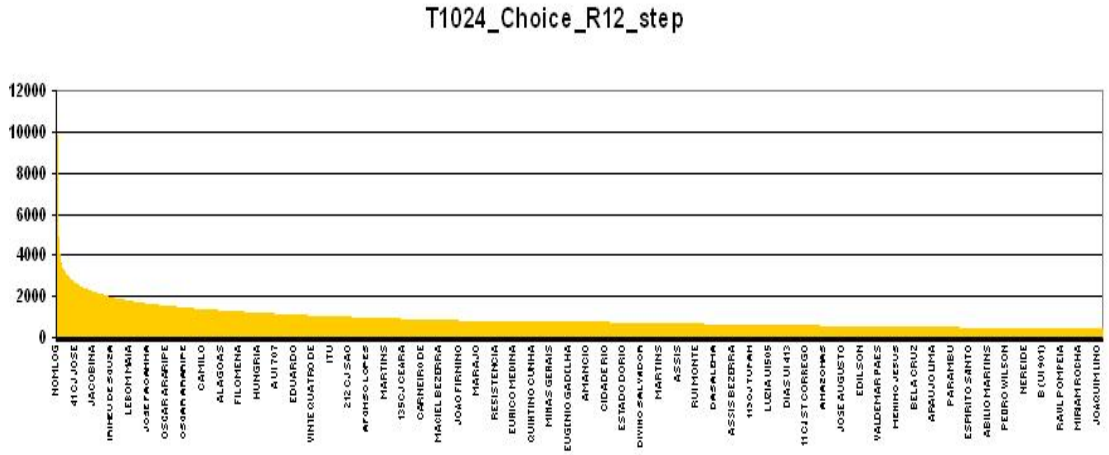


Anexo 44
Descrição das variáveis 'ASA'

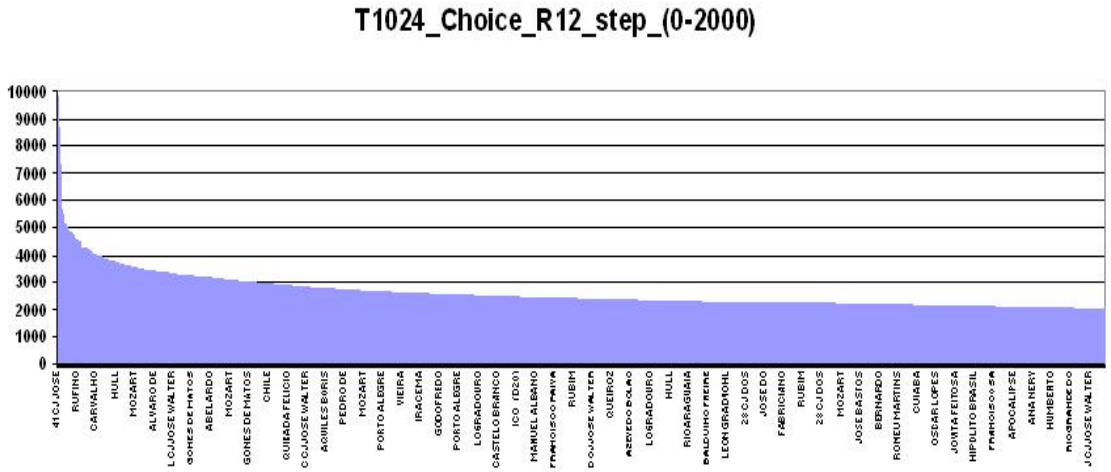
NOME DA VARIÁVEL	DESCRIÇÃO
T1024 Choice	*betweeness)* ou 'escolha' para Raio 'n';
T1024 Choice R_i	*(betweeness)* ou 'escolha' para i = 3 a (n-1);
T1024 Choice R_i step	*(betweeness)* ou 'escolha' para i = 3 a (n-1), por 'passo de segmento' (*segment step*)
T1024 Choice [Norm]	*(betweeness)* ou 'escolha' normalizado;
T1024 Choice [Norm] R_i	*(betweeness)* ou 'escolha' normalizado, para i = 3 a (n-1);
T1024 Choice [Norm] R_i step	*(betweeness)* ou 'escolha' normalizado, para i = 3 a (n-1), por 'passo de segmento' (*segment step*)
T1024 Choice [Angular Connectivity Wgt]	*(betweeness)* ou 'escolha' para i = 3 a n, ponderada pela conectividade angular;
T1024 Choice [Angular Conn Wgt][Norm]	*(betweeness)* ou 'escolha' normalizado, para i = 3 a n ponderada pela conectividade angular;
T1024 Mean Depth	profundidade media, raio 'n';
T1024 Mean Depth R_i	profundidade media para i = 3 a (n-1);
T1024 Mean Depth R_i step	profundidade media para i = 3 a (n-1), por 'passo de segmento' (*segment step*)
T1024 Mean Depth [Segment Length Wgt]	profundidade media para raio 'n' ponderada pelo comprimento do segmento;
T1024 Mean Depth [Seg Len Wgt][Norm]	profundidade media para raio 'n' ponderada pelo comprimento do segmento, normalizado
T1024 Mean Depth [Angular Conn Wgt]	profundidade media, para raio 'n' ponderada pela conectividade angular;
T1024 Node Count R_i	Contagens de nós entre linhas; I = 3 a (n-1)
T1024 Node Count R_i step	Contagens de nós entre linhas; I = 3 a (n-1), por 'passo de segmento' (*segment Step*)
T1024 Total Angular Connectivity	Conectividade Angular Total, raio 'n';
T1024 Total Depth	profundidade total; raio 'n';
T1024 Total Depth R_i step	profundidade total; raio i = 1 a (n-1), por 'passo de segmento' (*segment step*)
T1024 Total Depth [Ang Connectivity Wgt]	profundidade total, para raio 'n' ponderada pela conectividade angular;
T1024 Total Depth [Segment Length Wgt]	profundidade total para raio 'n' ponderada pelo comprimento do segmento;
T1024 Total Segment Length	Comprimento Total dos Segmentos (raio 'n');

Anexo 45 Resumo da amostra de VMD´s da AMC/Ano/Pico.
Fonte: AMC (2008).

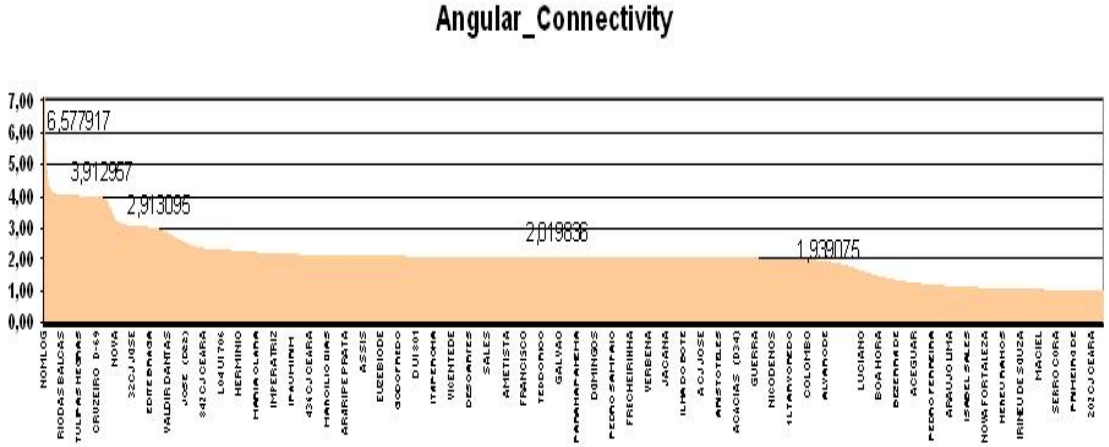
ano	código	média	contagens	soma/vmd-pico/ano
1991	PICO_MD_91_236	866	236	203461
1991	PICO_MA_91_236	980	236	230258
1991	PICO_TA_91_236	1148	236	269879
1997	PICO_MA_97_319	948	319	301472
1997	PICO_MD_97_319	926	319	294384
1997	PICO_TA_97_318	1054	318	334042
2000	PICO_MA_20_439	753	439	329809
2000	PICO_MD_20_439	738	439	323128
2000	PICO_TA_20_437	836	437	364493
2001	PICO_MA_21_306	733	306	223516
2001	PICO_MD_21_305	696	305	211716
2001	PICO_TA_21_304	815	304	247035
2003	VMD_2003_A_439	11435	439	5008328
2003	VMD_2003_B_306	11052	306	3370818
	soma_total	32980	4639	11712339



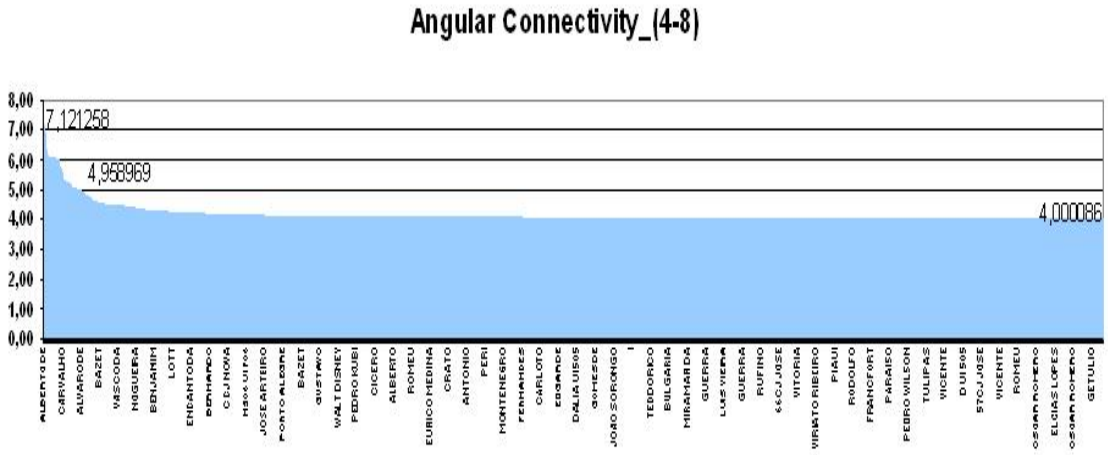
Anexo 46 ASA-08_R12_Escolha Rápida (T1024_*Choice_R12_step*). (0-12000). O autor.



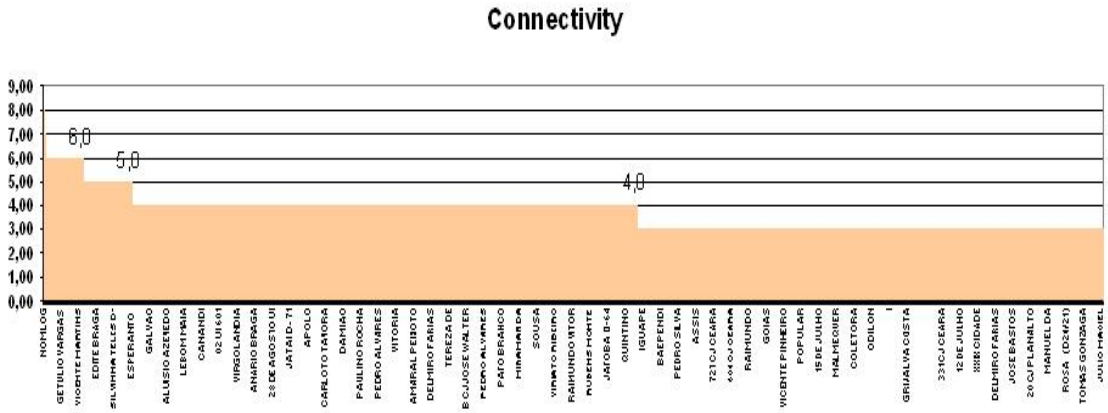
Anexo 47 ASA-08_R12_Escolha Rápida (T1024_*Choice_R12_step*)
(2000 - 10000).



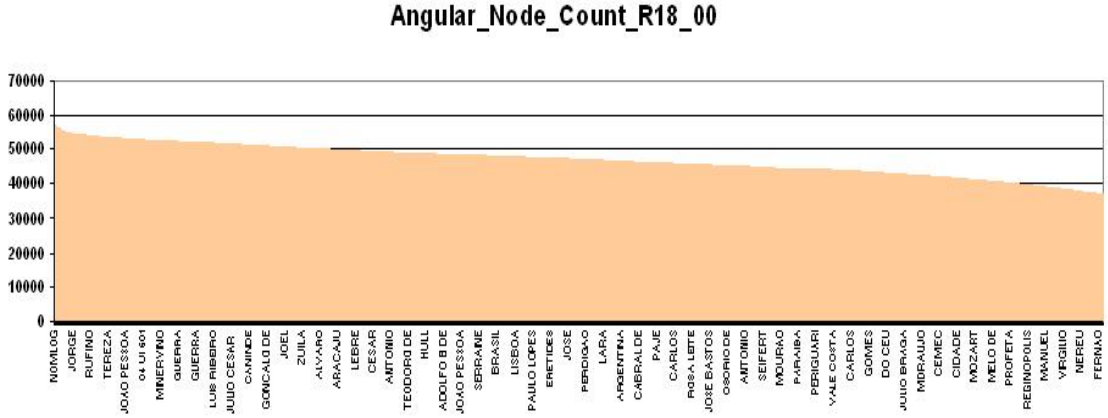
Anexo 48 ASA-12_Rn__Conectividade Angular (*Angular conectivity*) (0-8).



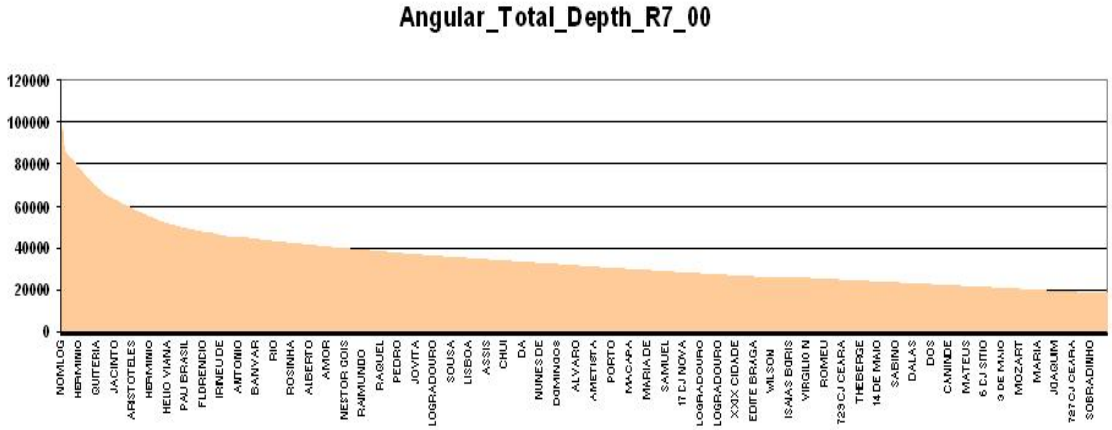
Anexo 49 ASA-12_Rn__Conectividade Angular (*Angular conectivity*) (4-8).



Anexo 50. ASA-12_Rn__Conectividade (*Conectivity*) (0-8).



Anexo 51 ASA-12_R18_Contagem Angular de 'Nós' (Angular_Node_Count_R18_00). (0-7000).



Anexo 52. ASA-17_R7__Profundidade Total Angular (Angular_Total_Depth_R7_00).

Anexo 53 Vias Arteriais validadas na amostra da AC.

item	cod_via-band	nome da via	classe
1	A25	AV AGUANAMBI	ARTERIAL
2	ABO35	AV. ABOLIÇÃO	ARTERIAL
3	BAR20	R. BARÃO DE ARATANHA	ARTERIAL
4	BM25	AV. BEZERRA DE MENEZES	ARTERIAL
5	BRB20	R. BARÃO DO RIO BRANCO	ARTERIAL/LOCAL
6	CB25	R. COSTA BARROS	ARTERIAL
7	CV25	R. CARLOS VASCONCELOS	LOCAL
8	DC25	AV. DUQUE DE CAXIAS	ARTERIAL
9	DEXP25	AV. DOS EXPEDICIONÁRIOS	ARTERIAL
10	DI25	AV. DO IMPERADOR	ARTERIAL
11	DL40	AV. DOM LUIS	ARTERIAL
12	DM25	AV. DES. MOREIRA	ARTERIAL
13	DMA40	AV. DOM MANUEL	ARTERIAL
14	DO50	AV. DOMINGOS OLÍMPIO	ARTERIAL
15	GRB35	AV. GOV. RAUL BARBOSA	ARTERIAL
16	LC55	AV. LUCIANO CARNEIRO	ARTERIAL
17	MT25	AV. MONSENHOR TABOSA	ARTERIAL
18	PAT	AV. PE. ANTONIO TOMAS	ARTERIAL
19	PCB40	AV. PRES. CASTELO BRANCO (LESTE-OESTE)	ARTERIAL
20	PF25	R. PERGENTINO FERREIRA	COLETORA/LOCAL
21	PV25	R. PE. VALDEVINO	ARTERIAL
22	RB25	AV. RUI BARBOSA	ARTERIAL
23	SA25	AV. SORIANO ALBUQUERQUE	COLETORA
24	SP20	R. SÃO PAULO	ARTERIAL/LOCAL
25	TG25	AV. TRISTÃO GONÇALVES	ARTERIAL
26	VRB25	AV. VISC. DO RIO BRANCO	COLETORA/LOCAL
27	BS25	AV. BARÃO DE STUDART	ARTERIAL

Anexo 54 RLM da EQ_SAT_AC_240708_V10.sav.

				ITERAÇÃO:		EQ_SAT_AC_240708_V10.sav						EQUAÇÃO >> MAX_VOC = C + a(TRÁFEGO) + b(ASA) + c(USO) + dummy + Erro													
OBSERVADA	PREDITORA	item	VAR./ESTATÍSTICAS	1E		2E		3E		4E		5E		6S		7ED1		8ED1-D2		9ED1-D2		10SD1-D2		11E;D2		12S;D2	
				t	sig.	t	sig.	t	sig.	t	sig.	t	sig.	t	sig.	t	sig.	t	sig.	t	sig.	t	sig.	t	sig.	t	sig.
MAX_VOC	Constante	0	(Constant)	8,02	0,000	19,13	0,000	19,12	0,000	19,12	0,000	19,12	0,000	20,93	0,000	11,03	0,000	17,73	0,000	8,00	0,000	15,81	0,000	1,80	0,073	7,65	0,000
	TRÁFEGO	1	AB_VOC	38,43	0,000	40,98	0,000	40,95	0,000	40,95	0,000	40,95	0,000	41,72	0,000	26,24	0,000	41,39	0,000	38,76	0,000	41,45	0,000	14,05	0,000	15,27	0,000
		2	BA_VOC	40,88	0,000	42,43	0,000	42,39	0,000	42,39	0,000	42,39	0,000	42,82	0,000	25,72	0,000	41,54	0,000	40,07	0,000	41,58	0,000	15,73	0,000	15,82	0,000
	DUMMY-1	3	DANPGT													WLS		1,52	0,128	0,82	0,413			WLS		WLS	
	DUMMY-2	4	DANTRANS															4,34	0,000	4,15	0,000	4,40	0,000	0,67	0,502		
	ASA-1	5	ANGULAR_CO	0,09	0,925	1,22	0,221	1,22	0,222	1,22	0,222	1,22	0,222			-0,17	0,864	1,56	0,120	0,53	0,597			0,81	0,419		
		6	CONNECTIVI	-4,19	0,000	-8,49	0,000	-8,49	0,000	-8,49	0,000	-8,49	0,000	-9,46	0,000	-3,32	0,001	-8,77	0,000	-4,81	0,000	-8,77	0,000	-2,96	0,004	-3,57	0,000
		7	SEGMENT_LE	-3,51	0,000	-4,23	0,000	-4,23	0,000	-4,23	0,000	-4,23	0,000	-4,49	0,000	-4,03	0,000	-3,40	0,001	-2,92	0,004	-3,31	0,001	-0,04	0,965		
		8	T1024_CHO1	-1,18	0,238	1,22	0,222	1,21	0,225	1,21	0,225	1,21	0,225	2,30	0,022	0,34	0,734	0,92	0,357	-1,09	0,275	5,80	0,000	-2,57	0,011		
		9	T1024_CHO2	4,44	0,000	-0,77	0,443	-0,77	0,444	-0,77	0,444	-0,77	0,444			0,65	0,517	0,15	0,885	4,47	0,000			3,97	0,000	3,97	0,000
		10	T1024_CHO4	0,11	0,909	0,17	0,862	0,18	0,855	0,18	0,855	0,18	0,855			0,72	0,474	0,00	0,998	0,03	0,978			1,74	0,084		
		11	T1024_CHO5	0,60	0,550	0,66	0,510	0,65	0,516	0,65	0,516	0,65	0,516			-1,07	0,286	0,62	0,537	0,64	0,524			-3,83	0,000	-3,00	0,003
		12	T1024_CHOI	-4,49	0,000	2,54	0,011	2,55	0,011	2,55	0,011	2,55	0,011	8,61	0,000	1,96	0,051	1,69	0,092	-4,68	0,000			-1,55	0,124		
	ASA-2	13	AVG_ANGULA	0,62	0,539															0,62	0,533	3,19	0,001	-0,99	0,325		
		14	AVG_CONNEC	-0,88	0,377															-0,94	0,346			0,56	0,577		
		15	AVG_SEGMEN	2,03	0,043															1,70	0,090			0,74	0,458		
		16	AVG_T1024_	5,96	0,000															5,90	0,000	9,06	0,000	3,38	0,001	5,60	0,000
		17	AVG_T10241	1,70	0,090															1,49	0,136	-4,88	0,000	1,91	0,058		
		18	AVG_T10242	-4,75	0,000															-4,55	0,000			-4,05	0,000	-4,51	0,000
		19	AVG_T10244	-0,53	0,598															-0,48	0,631			-0,87	0,385		
		20	AVG_T10245	-0,69	0,492															-0,80	0,427			2,54	0,012	1,75	0,082
	USO	21	AREA_M2					-0,26	0,798	-0,26	0,798	-0,26	0,798			-0,59	0,552	-0,98	0,327	-1,31	0,191			> 1000		> 1000	
		23	R	0,8676		0,8610		0,8610		0,8610		0,8610		0,8607		0,8669		0,8638		0,8698		0,8655		0,8943		0,8806	
		24	R Square	0,7527		0,7414		0,7414		0,7414		0,7414		0,7408		0,7515		0,7461		0,7566		0,7490		0,7998		0,7755	
		25	Adjusted R Square	0,7489		0,7392		0,7390		0,7390		0,7390		0,7394		0,7454		0,7433		0,7522		0,7471		0,7716		0,7632	
		26	Std. Error of the Estimate	0,1055		0,1076		0,1076		0,1076		0,1076		0,1075		0,1128		0,1067		0,1048		0,1059		0,0961		0,0979	
		27	F	198,4730		338,8090		307,7706		307,7706		307,7706		564,8113		123,4639		266,5434		173,3220		392,3087		28,3807		63,0360	
		28	Sig.	0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000	

obs: 'E' = método 'ENTER'; 'S' = metodo 'STEPWISE'; 'D' = Dummy (1 = DANPGT, 2= DANTRANS); WLS= Ponderação;'>1000' = ÁREA_M2 CONSTRUÍDA DE PGT (LUOS).

Anexo 55. RLM da EQ_SAT_BS25.sav.

					ITERAÇÃO:		EQ_SAT_BS25.sav				EQUAÇÃO >> MAX_VOC(BS25) = C + a(TRÁFEGO) + b(ASA) + c(USO) + dummy + Erro											
OBSERVADA	PREDITORA	item	VAR./ESTATÍSTICAS	Descrição das Variáveis	1E		2S		3E		4S		5E		6E		7E		8E		9S		10S	
					t	sig.	t	sig.	t	sig.	t	sig.	t	sig.	t	sig.	t	sig.	t	sig.	t	sig.	t	sig.
MAX_VOC	Constante	0	(Constant)		-7,87	0,000	-4,18	0,000	-7,68	0,000	20,04	0,000	-6,55	0,000	7,59	0,000	-6,55	0,000	-7,97	0,000	-8,23	0,000	-5,73	0,000
	TRÁFEGO	1	AB_VOC	VOC - 'indo'	42,42	0,000	35,63	0,000	31,24	0,000	67,55	0,000	29,36	0,000			29,36	0,000	37,19	0,000	38,86	0,000	32,33	0,000
		2	BA_VOC	VOC - 'voltando'	10,74	0,000	13,07	0,000	11,28	0,000	11,82	0,000	9,94	0,000			9,94	0,000	10,07	0,000	10,21	0,000	8,43	0,000
	DUMMY-1	3	DANPGT	Dummy - PGT	-1,83	0,069			-1,77	0,079	-2,30	0,023	-0,24	0,811	-0,80	0,424	-0,24	0,811	-0,45	0,654				
	DUMMY-2	4	DANTRANS	Dummy - TRANSTORNO	2,56	0,012	3,58	0,000	5,05	0,000			-2,12	0,035	-4,36	0,000	-2,12	0,035	-1,23	0,219				
	ASA-1	5	ANGULAR_CO	Angular_Connectivity	8,62	0,000																		
		6	CONNECTIVI	Connectivity	-6,59	0,000			-3,25	0,001	-5,59	0,000	-2,66	0,009	1,15	0,250	-2,66	0,009	-0,46	0,649				
		7	LENGTH2	Length	-4,78	0,000			-3,32	0,001														
		8	SEGMENT_LE	Segment_Length	2,83	0,005																		
		9	T1024_CHOI	T1024_Choice_R12_step							27,54	0,000			-1,27	0,206	-2,29	0,023	-1,02	0,311				
		10	T1024_CHO1	T1024_Choice_R15_step					-2,47	0,015	13,48	0,000	-2,29	0,023										
		11	T1024_CHO2	T1024_Choice_R18_step											1,21	0,228								
		12	T1024_CHO3	T1024_Choice_R21_step	-2,19	0,031	-11,99	0,000																
		13	T1024_MEAN	T1024_Mean_Depth_R12_step	-8,93	0,000																		
		14	T1024_MEA1	T1024_Mean_Depth_R15_step							29,88	0,000			-5,21	0,000								
		15	T1024_NODE	T1024_Node_Count_R12_step																				
		16	T1024_NOD1	T1024_Node_Count_R15_step					2,67	0,008			2,11	0,036			2,11	0,036						
		17	T1024_TOTA	T1024_Total_Depth_R12_ste																				
		18	T1024_TOT1	T1024_Total_Depth_R15_ste							-6,31	0,000												
		19	AXIAL_LINE	Axial_Line_Ref			-10,97	0,000																
	ASA-2	20	AVG_ANGULA	Average_Angular_Connectivity	-8,20	0,000																		
		21	AVG_AXIAL_	Average_Axial_Line_Ref																				
		22	AVG_CONNEC	Average_Connectivity	6,76	0,000																		
		23	AVG_LENGTH	Average_length																				
		24	AVG_SEGMEN	Average_Segment_Length	3,47	0,001																		
		25	AVG_T1024_	Average_T1024_Choice_R12_step											2,05	0,042	3,68	0,000	2,52	0,013	3,70	0,000	2,89	0,004
		26	AVG_T10241	Average_T1024_Choice_R15_step	-1,48	0,141	9,24	0,000	3,62	0,000	-12,05	0,000	3,68	0,000										
		27	AVG_T10242	Average_T1024_Choice_R18_step													-2,85	0,005	-1,03	0,302				
		28	AVG_T10243	Average_T1024_Choice_R21_step	2,14	0,034	5,64	0,000	-2,76	0,006			-2,85	0,005										
		29	AVG_T10244	Average_T1024_Mean_Depth_R12_step																				
		30	AVG_T10245	Average_T1024_Mean_Depth_R15_step					8,77	0,000	-21,21	0,000	8,30	0,000			8,30	0,000	8,06	0,000	8,25	0,000	5,66	0,000
		31	AVG_T10246	Average_T1024_Node_Count_R12_step																				
		32	AVG_T10247	Average_T1024_Node_Count_R15_step							5,34	0,000	-3,37	0,001			-3,37	0,001						
		33	AVG_T10248	Average_T1024_Total_Depth_R12_ste																				
		34	AVG_T10249	Average_T1024_Total_Depth_R15_ste																				
	USO	35	AREA_M2	ÁREA = AREA TÉRREO x No.PAVTOS	0,47	0,639			1,22	0,223	-2,06	0,041	1,53	0,129	1,19	0,235	1,53	0,129	1,49	0,138			> 250	
		36	QDEVEICLOT	Quantidade de veículos no LOTE	-0,94	0,347																		
		37	QDEVEICVIA	Quantidade de veículos na VIA-LOTE	-2,03	0,044																		
			R		0,9930		0,9860		0,9817		0,9965		0,9793		0,7005		0,9793		0,9779		0,9768		0,9757	
			R Square		0,9861		0,9722		0,9636		0,9930		0,9590		0,4908		0,9590		0,9563		0,9542		0,9521	
			Adjusted R Square		0,9842		0,9708		0,9611		0,9925		0,9562		0,4675		0,9562		0,9538		0,9532		0,9505	
			Std. Error of the Estimate		0,0298		0,0404		0,0467		0,0205		0,0495		0,1727		0,0495		0,0509		0,0512		0,0525	
			F		519,0711		713,8855		377,7625		2026,3887		333,6957		21,0820		333,6957		378,7379		931,9431		625,5814	
			Sig.		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	

obs: 'E' = método 'ENTER'; 'S' = metodo 'STEPWISE'; 'D' = Dummy (1 = DANPGT, 2= DANTRANS); WLS= Ponderação;'>1000' = ÁREA CONSTRUÍDA DE PGT (LUOS).