

USO DA SINTAXE ESPACIAL NA ANÁLISE DA DINÂMICA DA HIERARQUIA VIÁRIA NA CIDADE DE FORTALEZA, CEARÁ.

Antonio Paulo de Holanda Cavalcante, MSc.

Universidade Federal do Ceará – UFC

Frederico Rosa Borges de Holanda, Phd.

Universidade de Brasília - Unb.

RESUMO

O presente artigo tem por objetivo a contribuição simultânea para parâmetros de gestão do uso do solo e de planejamento viário pela utilização de ferramentas da Sintaxe Espacial como análise morfológica da dinâmica temporal da hierarquia viária e do método de localização de atividades. Ambas as ações, visam à redução de congestionamentos e atrasos, apresentando-se especificamente, uma alternativa à localização de atividades do tipo Pólos Geradores de Tráfego, no espaço entre interseções, na tentativa de evitar níveis de serviço insatisfatórios. Utiliza-se o conceito de *integração*, da Sintaxe Espacial, que traduz o movimento potencial de passagem nos eixos viários (a alocação). Comparam-se dois tipos de possíveis variáveis explicativas da área estudo em cenários de Sistemas de Informações Geográficas; as variáveis qualitativas legais, de adequação da atividade à classificação viária e as variáveis qualitativas e quantitativas de estimação do movimento potencial de veículos, propiciado pela técnica de axialidade da Sintaxe Espacial. Observa-se nos resultados que os valores de capacidade e velocidade (do NS) devem ser correlacionados a valores de integração (da co-presença), originando um *índice de equilíbrio na malha*. Sugere-se também o uso da sintaxe espacial como ferramenta de auxílio potencial nas definições de parâmetros de hierarquia viária, investigando as relações entre o uso do solo (sua configuração) e os movimentos dentro da malha.

ABSTRACT

This paper aims to contribute both to land use and transportation planning management parameters by using tools of Space Syntax such as morphological analysis of time dynamic road network classification. Both measures intend to reduce hold-ups and delays, being an alternative to placing of activities of type of Trip Generation Poles, or TGP's, in the space between intersections, as an attempt to avoid low quality level services. We employ the *integration* concept from the Space Syntax theory, which helps to present the potential movement of vehicles on the road network axes (the allocation). The paper intends to compare two kinds of possible explanatory variables of the study area at Geographic Information Systems scenarios; policy qualitative variables of adaptability of activities to road network classification and the qualitative and quantitative variables to estimate the potential movement of vehicles, made feasible by the *axiality* technic of the Space Syntax theory. We notice in the results that the values of capacity and velocity must be correlated to the values of *integration* (co-presence), originating a *road network balance index*. We also suggest the use of Space Syntax as a tool of potential aid in the definitions of parameters of the road network classification, investigating the relationships between land use (its configuration) and the movements within the road network.

1. INTRODUÇÃO

Várias podem ser as causas de grandes congestionamentos e de atrasos nos deslocamentos veiculares em centros urbanos: o gestor urbano (“o guarda”); a *via* – que será o foco deste trabalho; a ocupação do solo (“o edifício”). Pedestres e motoristas disputam os espaços viários, confinados pela forma e ocupação urbanas as quais foram definidas em planos urbanísticos de várias gestões municipais. É comum identificar em Fortaleza, por exemplo, vários traçados e discontinuidades viárias que elevam o tempo de deslocamento mais no sentido leste-oeste do que no sentido norte-sul. Nota-se também uma concentração de renda, empregos e de ocupação do solo em determinada área de grande movimento veicular.

Fortaleza, por se tratar de uma cidade costeira e policêntrica, tem fortes indicações por estudos anteriores (HENRIQUE, 2004), de que admite um centro de gravidade diferente de centro ou centros de negócios (BERTAUD & MALPEZZI, 2003). Outra investigação empírica destaca sua configuração da malha viária disposta em grandes eixos radio-

concêntricos de expansão (CAVALCANTE, 2002). Algumas tentativas de melhoria da fluidez viária que se preocupam com a forma da malha têm sido implantadas na cidade para oferecer ao pedestre e ao motorista um sistema de transportes mais eficiente como o Centro de Controle de Tráfego por Área - CTA (ASTEF, 1998), os Estudos de Integração dos Sistemas de Transportes, EIT-PMF (PROTRAN, 2002), além de outros.

Ao mesmo tempo, porém em espaço temporal maior, políticas e não projetos de controle do uso do solo têm pouco se debruçado sobre a *forma* urbana da cidade e mais se dedicado sobre sua *função*, recorrendo a metodologias empíricas de pré-dimensionamento e localização dos usos do solo, como o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano – PDDU (PMF, 1992), a Lei de Uso e Ocupação do Solo de 1996 – LUOS (PMF, 1996), ambos revisados por LOPES FILHO (2003) e, a Atualização da Legislação Urbanística do Município de Fortaleza ao Estatuto da Cidade - Projeto LEGFOR (PDDUA, 2004).

Os documentos públicos apresentados para este fim, embora tenham objetivado melhorias, não sinalizam uma forma sistêmica de ver o problema. O foco aqui proposto é o de concatenação de metodologias de análise da dinâmica da ocupação urbana e sua conseqüente fluidez de movimentos dentro da malha.

Segundo dados da Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e Cidadania (AMC, 2005), em Estatísticas de acidentes de trânsito em Fortaleza, revela-se o número anual de acidentes segundo a severidade foram 16.787 em 2001, 19.647 em 2002 e, 21.541 em 2003.

Observou-se uma redução de 17% para 9% dos acidentes *com vítimas*, que resulta de um trabalho continuado de ações de controle, por parte de gestores de tráfego, de medidas de organização da fluidez e de rápida ação após o evento acidente, de socorro e acompanhamento de vítimas. Contudo, tais medidas afetam somente o *usuário* e o *veículo*, quando se deve pesquisar também o terceiro ator causador indireto [grifo nosso] de acidentes, a *via* (BRAGA, 1989).

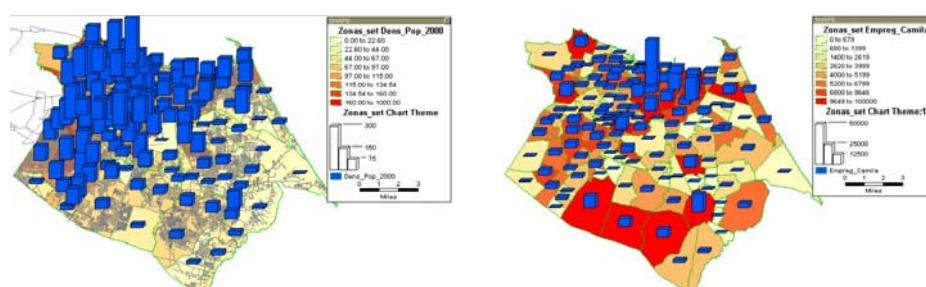


Figura 1. Densidade populacional e distribuição de empregos em Fortaleza.
Fonte: HENRIQUE, C.S. (2004).

Segundo DANTE *et al.*, (2004), enquanto a frota de veículos em Fortaleza cresce nas últimas duas décadas a uma taxa média de 6% ao ano, o adensamento populacional e de empregos encontra-se disperso de forma desigual (HENRIQUE, 2004) (ver figura 1). Nota-se claramente que os setores noroeste, oeste e sudoeste da cidade contrastam em maior população que os setores nordeste, leste e sudeste.

Verifica-se também que na distribuição dos empregos, há uma concentração em torno do centro antigo, bairros da orla e aldeota. Outra característica da malha é seu traçado retangular e classificação viária bem definida, do ponto de vista legal (ver figura 2).

As características de uma cidade composta por uma frota crescente e vias urbanas de largura reduzida, aliadas à centralização da oferta de empregos (figura 1), originam um grande potencial de congestionamentos e acidentes, localizados principalmente entre o *primeiro anel viário* e a *beira mar* (figura 2).

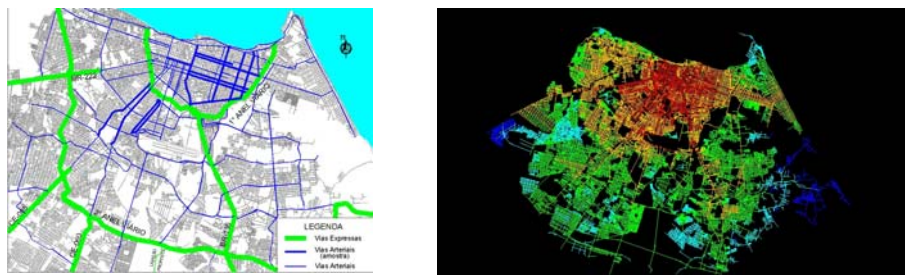


Figura 2: Sistema Viário do Município de Fortaleza e mapa de *axialidade* originado pelo *Mind Walk* (em vermelho a área estudo). Fontes: Fonte: DANTE *et al.* (2004) e MEDEIROS (2005).

Como consequência, as vias antes classificadas, em planos urbanísticos como de menor fluxo (vias coletoras), passam a receber um aumento constante de mais e mais concentrações de atividades (usos), dentre eles os Pólos Geradores de Tráfego, os PGT-s. Como resultado, os PGT-s agregam um maior número de viagens (ver CAVALCANTE, 2002), elevando-se o número de veículos por hora (capacidade por seção da via). Com isso as classificações daquelas vias não condizem mais com o que foi projetado, passando, na prática, de coletoras para arteriais. A prática de concentração na localização de PGT-s contribui, em nível local e global da malha, para uma maior disputa por espaço e circulação, por parte de pedestres e motoristas (públicos e privados), originando atrasos, acidentes e congestionamentos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Estudos são realizados há décadas, com o objetivo de ao menos amenizar os problemas de circulação. Na literatura estrangeira, destacam-se os estudos da área de transportes, principalmente relativos a alocação de tráfego, que detectam o *movimento de passagem*, como os do ITE (1998) e do TRB (2000). Estudos já desenvolvidos pelo Banco Mundial (PIARC, 1998) investigaram indicadores de desempenho rodoviário em diversos países associados. Em resposta, verificou-se que tais metodologias estão centradas em variáveis econômicas e em poucos parâmetros de uso do solo como sua forma e/ou função. Tais pesquisas estão mais centradas no desempenho funcional das vias, a exemplo da acessibilidade e mobilidade, no custo médio usuário/via e, em menor nível, na satisfação do usuário em relação ao seu tempo de viagem e qualidade viária.

Esta tendência resulta do uso de métodos ou metodologias de realidades de países com maiores recursos destinados ao planejamento viário. Já em relação à realidade brasileira, nota-se certa restrição operacional (quantidade de pesquisadores de campo por cruzamento viário) e de recursos (aporte financeiro por parte dos gestores) na realização de pesquisas de campo,

muito onerosas e de difícil execução, as quais procuram identificar, em maior frequência, os movimentos de *origem e destino*, ora na geração, ora na distribuição de viagens.

Para a realidade de Fortaleza, destacam-se as contribuições de PEREIRA NETO *et al.* (2003), DEMARCHI *et al.* (2004) e DANTE *et al.* (2004). Este último identificou a necessidade de *reavaliar a qualidade do tráfego na malha viária urbana de Fortaleza*, a partir da aplicação da metodologia do *Highway Capacity Manual*, o HCM 2000, em uma amostra de 15 corredores arteriais da cidade.

Em atenção a esta lacuna, DANTE *et al.* (2004) verificaram a aplicabilidade do método de classificação das vias urbanas e do modelo de simulação da velocidade média proposto no Capítulo 15 do HCM 2000 (TRB, 2000). Os resultados da análise operacional indicaram que cerca de 1/3 da rede arterial em Fortaleza estariam operando em níveis de serviço E/F, enquanto 28% dos segmentos apresentam NS A/B e os restantes 39% NS C/D resultando em velocidades médias de deslocamento nos picos em torno de 20 km/h.

Quanto à aplicabilidade da metodologia do HCM 2000 foram constatadas diferenças significativas entre as velocidades *simuladas* e as *observadas* em campo, recomendando-se uma recalibração dos parâmetros de entrada e adaptações no *método de classificação viária*.

A nova intenção de adaptações do método de classificação viária origina duas contribuições. Primeiro espera-se oferecer um novo parâmetro, de foco global e local, na *adequação* ou *inadequação* de atividades no espaço da malha (aqui destacados os PGT-s). Outra contribuição é que a partir da nova hierarquia viária, os PGT-s possam ser localizados na malha dentro de uma visão sistêmica, auxiliando também os gestores do uso do solo em resposta científica a Relatórios de Impacto do Sistema de Tráfego, (RIST-s), demandados pela Prefeitura Municipal.

Tais RIST-s, apesar de *per si* disporem de métodos e técnicas apuradas, são desenvolvidos por consultorias privadas, na sua maioria pouco contestáveis. Os métodos de análise dos RIST-s são de natureza extremamente prática e de abordagem do local de implantação do PGT, não existindo uma consideração da forma da malha e os usos do solo como um todo. O gestor urbano não dispõe de um método comparativo rápido, barato e indicador de *adequação* ou *inadequação* dos PGT-s (por exemplo) à classe da via. Isto poderia indicar o melhor posicionamento de usos bem como contribuir para redução custos de levantamentos de campo e levar a uma melhor previsão de congestionamentos e atrasos na malha.

2.1 Linha teórica de investigação

Pretende-se estreitar as relações entre duas áreas: o planejamento de transportes e do uso do solo. Investiga-se a malha viária, objeto afeito às duas áreas e ambiente de visualização dos problemas de acesso e circulação nas cidades (atrasos, congestionamentos, acidentes, etc), consequências do alto adensamento de uso e ocupação.

Como corte metodológico, o estudo restringe-se simultaneamente ao planejamento do sistema viário, ao aspecto de sua *classificação* e, no estudo do planejamento urbano, ao aspecto de *localização de atividades*. Como elo de investigação dos dois tipos de planejamento, enfoca-se a morfologia urbana e a análise da forma de dispersão das barreiras e permeabilidades à circulação, respectivamente, o espaço das edificações e das vias.

Confrontam-se duas linhas teóricas, a *atratividade*, já detalhada por ALMEIDA (1997) e PESSOA (1997) e a *sintaxe espacial*, desenvolvida inicialmente por HILLIER & HANSON (2001) e posteriormente por HOLANDA (2002, 2003).

Pertinentes à teoria da *atratividade*, encontram-se os métodos de modelagem de transportes constituintes do seu modelo clássico, o de “quatro etapas”; a geração, distribuição, alocação e divisão modal. Destes, estudam-se somente as metodologias da *alocação*, sem diferenciação entre modais, detendo-se às técnicas de classificação viária e seu comparativo legal. A *alocação*, oriunda do planejamento viário é uma metodologia que parte dos usos (habitação, empregos) para explicar os movimentos, ou seja, como estes impactam os transportes. ALMEIDA (1997) verificou que já existem metodologias consolidadas investigando os impactos do uso do solo nos transportes e que o inverso não ocorre na mesma proporção (figura 3). Um exemplo desta investigação relacional é o estudo em andamento, desenvolvido pelo TRB-NCHRP (2005), enfocando aspectos tais como o gerenciamento do uso do solo e dos transportes.



Figura 3. Relações entre Transportes e Uso do Solo.
Fonte CAVALCANTE (2002) adaptado de ALMEIDA (1997)

A possibilidade de contribuição do presente artigo reside na investigação de seguinte questionamento: as metodologias de dimensionamento e classificação viária deveriam considerar a forma da cidade no que tange a seus aspectos de acessibilidade e capacidade?

Na figura 4, apresenta-se a linha investigativa utilizada, tendo como subproduto um *índice de equilíbrio na malha*, um novo parâmetro que correlaciona o *nível de serviço* advindo da fluidez (classificação viária) à *integração* advinda da axialidade para indicar potenciais movimentos (co-presença). Para obtenção do referido índice, testam-se correlações entre as variáveis de volume/capacidade e velocidade oriundas do Nível de Serviço da via e a variável *integração* (*Real Relative Assymetry* – RRA), oriunda da Sintaxe Espacial.

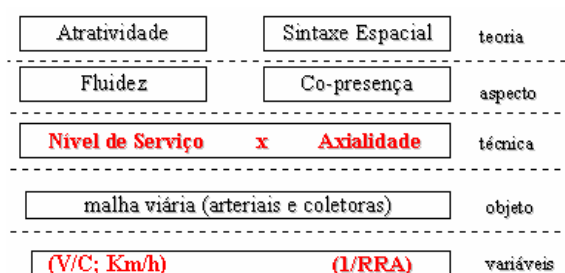


Figura 4. Esquema metodológico de investigação para definição do Índice de Equilíbrio na Malha.
Fonte: CAVALCANTE (2005) adaptado de CAVALCANTE (2004).

2.1.1. Nível de serviço

O Nível de Serviço, ou NS, não é uma variável e sim um parâmetro técnico que admite categorias de “A” a “F”. Estas categorias são obtidas mediante contagens em uma seção ou trecho viário, da quantidade de veículos, traduzida por *volume veicular dividido pela capacidade da via* (AZEVEDO FILHO, 2005). Contudo, o levantamento do NS pode ser feito também pela velocidade de veículos por hora na seção da via. Outro exemplo desta mensuração é a metodologia do HCM para a análise do nível de serviço de vias urbanas (arteriais e coletoras em Fortaleza) em que utiliza como principal medida de desempenho a *velocidade média de percurso* no segmento analisado (DANTE *et al.*, 2004) (ver tabela 1).

A razão da utilização do NS como parâmetro no presente trabalho reside também da utilização do mesmo como definidor da *classificação funcional das vias*. Esta classificação é critério orientador na alocação de equipamentos urbanos (AZEVEDO FILHO, 2005), por exemplo, os PGT-s.

2.1.2. Hierarquia Viária.

Os Planos Diretores de cidades, (e.g., Fortaleza), prevêem que o sistema viário da cidade deve se distribuir em uma hierarquia funcional. Estabelece a Lei de Uso e Ocupação do Solo do município de Fortaleza, a LUOS (PMF, 1996), em seu Título IV, *Do Sistema Viário e do estacionamento*, Capítulo I, *Do Sistema Viário*, Art. 224, que as vias do sistema viário classificam-se em: *expressas, arteriais I, arteriais II, comerciais, coletoras, locais e paisagísticas*.

Esta classificação se repete em documento mais recente, o PDDUA (2004), produto do projeto LEGFOR, Revisão e Atualização da Legislação Urbanística do Município de Fortaleza. Este último documento já acena com uma nova estruturação e tratamento do sistema viário, no seu planejamento e no seu gerenciamento. Concebe o Subsistema Estrutural e o Subsistema de Apoio. O primeiro constituído pelos *anéis expressos* (figura 2), dos *eixos e anéis arteriais*, dos *eixos ferroviários e metroviários*; o segundo, é constituído pelas vias *arteriais, coletoras, locais, comerciais, paisagísticas, de pedestres e hidrovias*.

Na prática, embora seja de iniciativa de cada município a classificação viária, para o Código de Trânsito Brasileiro, o CTB, adota-se outra hierarquia. Para Fortaleza, em termos legais prevalecem a hierarquia viária da LUOS (PMF, 1996) e as adaptações ao Estatuto da Cidade no documento PDDUA (2004), mesmo quando muitas das vias já alteraram suas classificações, pois seus *níveis de serviço* mudaram, em maioria, para níveis insatisfatórios (DANTE *et al.*, 2004) (ver tabela 1). Cabe urgentemente um estudo comparativo da evolução da malha, focando a relação mobilidade e acessibilidade, que se pretende investigar na presente pesquisa.

Tabela 1: Intervalos de velocidade média de percurso por NS e Classe da Via em Fortaleza.

Fonte: Adaptado de DANTE *et al.* (2004).

Classe da via ^(*)	I	II	III	IV
VFL padrão	80 Km/h	65 Km/h	55 Km/h	45 Km/h
Nível de Serviço	Velocidade Média de Percurso (km/h)			
A	$v > 72$	$v > 59$	$v > 50$	$v > 41$
B	$56 < v \leq 72$	$46 < v \leq 59$	$39 < v \leq 50$	$32 < v \leq 41$
C	$40 < v \leq 56$	$33 < v \leq 46$	$28 < v \leq 39$	$23 < v \leq 32$
D	$32 < v \leq 40$	$26 < v \leq 33$	$22 < v \leq 28$	$18 < v \leq 23$
E	$26 < v \leq 32$	$21 < v \leq 26$	$17 < v \leq 22$	$14 < v \leq 18$
F	$v \leq 26$	$v \leq 21$	$v \leq 17$	$v \leq 14$

(*) Art. 61- CONTRAN (2003)

Em um sistema viário, quanto maior a acessibilidade de uma via, menor a sua fluidez (mobilidade) e quanto maior sua fluidez, menor sua acessibilidade. Ou seja, a acessibilidade é maior em vias com menor capacidade de geração de viagens (vias locais). Por outro lado, nas vias com maior capacidade (vias arteriais) o seu acesso é menor, resultando em uma maior capacidade de dar vazão ao fluxo. Esta é a relação mobilidade/acessibilidade exposta na figura 7).

Esta relação deve ser observada na cidade em uma visão sistêmica. A cidade constitui-se por uma estrutura física que implica conexões para realizar as ligações entre partes (bairros, municípios etc). Estas ligações, que são realizadas pelas vias ou eixos, podem se apresentar na escala local ou na escala global, ou seja, na escala de bairro ou na escala da cidade. Estas conexões podem ser mensuradas, e existem estudos que estimam o potencial das conexões e acessibilidades, em nível local e global, como a Sintaxe Espacial.

2.1.3. Sintaxe Espacial.

A Sintaxe Espacial (SE), teoria desenvolvida por HILLIER & HANSON (2001), ao incorporar as relações topológicas dos espaços, considera a forma da cidade e sua influência na disposição dos movimentos dentro dos espaços abertos de uma região intra-urbana, incluindo nestes espaços a malha viária. O método de axialidade da SE analisa as relações de acessibilidade à rede viária por meio da *integração* do sistema, uma das variáveis explicativas da *co-presença*, ou co-existência potencial do movimento de passagem dos pedestres e veículos. Diante disso, decidiu-se testar esta variável de Sintaxe Espacial, vastamente utilizada em outras áreas, na sua investigação como parâmetro de definição da hierarquia viária, no intuito de verificar sua eficácia.

Aqui se denomina Sintaxe Espacial como uma abordagem teórica e metodológica, constituída também por diversas técnicas de mensuração, que procura compreender como o espaço construído, ou seja, a forma da cidade ou parte dela interfere nos padrões de movimentos por meio de suas relações de topologia e não apenas de geometria - “Topologia é entendida como o estudo de relações espaciais que independem de forma e tamanho, [e sim da articulação interpartes]. Geometria, por outro lado, é a descrição direta dos elementos físicos componentes quanto às dimensões, proporções, escalas etc.” (MEDEIROS, 2005).

Significa dizer que é ponderada no processo de análise topológica, a maneira como as partes (permeabilidades e barreiras, ou vias e espaço construído) se relacionam entre si e com o todo da malha. Também se pondera como estas distinções em termos de articulação interferem nas relações sociais desenvolvidas neste espaço e, no presente estudo, especialmente em relação aos movimentos potenciais dos fluxos veiculares no espaço urbano.

3. METODOLOGIA

São descritas as quatro principais etapas na produção de cenários de sistemas de informação geográfica e sintaxe espacial (SIG-SE), a saber: (I) Levantamento de dados; (II) Definição da amostra; (III) Análise estatística. As sub-etapas também estão detalhadas abaixo

3.1 Levantamento de dados

3.1.1 Representação e processamento do Mapa Axial.

A partir de uma base cartográfica *raster* (foto aérea ou de satélite) ou *vetorial* (arquivo .dwg, .dgn, etc) da área em estudo e do uso de programas de criação/edição, traça-se sobre o leito

← - - - - Formatados: Marcadores e numeração

das vias o *menor número das maiores linhas retas* dentro do espaço das vias (permeabilidades aos motoristas) (ver figura 5).

A partir daí, obtém-se o mapa e os valores de *integração* por trecho viário por meio de programas de análise sintática espacial (a princípio será utilizado o software *MindWalk* para Windows) que calculam matematicamente, através de algoritmos de SE (HILLIER & HANSON, 2001), os resultados numéricos de diversas variáveis sintáticas (HOLANDA, 2002), para cada eixo do sistema (e.g. figura 7).

Entende-se por *integração* “a distância relativa de uma linha (ou de um conjunto de linhas, tomada a média das medidas das linhas) em face das demais do sistema” (HOLANDA, 2002). Para a linguagem de transportes, isto não é exatamente o *número de conversões que um veículo executa*, mas é sim por meio deste que se calcula a partir de uma dada linha (uma via de origem) para todas as outras linhas (outras vias de destino) o movimento potencial em relação ao todo da malha. Ou seja, um procedimento comparativo a uma alocação de tráfego de n para n , sem restrição de capacidade. Ao número de conversões dá-se o nome de *raio de integração*, da definição inicial de HILLIER & HANSON (2001), *Real Relative Assymetry*, ou *RRA*.



Figura 5. Procedimento de representação das linhas axiais sobre base cadastral.
Fonte: PDDUA (2004) adaptado de CAVALCANTE (2005) *mimeo*.

Este raio varia de 1 a n (total de linhas, no caso, vias da malha). A integração é visualizada em *softwares* por meio de cores e/ou espessuras das linhas – “quentes e frias”-, que variam do vermelho, laranja, amarelo, verde, azul claro até o azul escuro. Significa dizer que quanto mais “quente” for a cor e/ou a espessura de um eixo, mais conectado e/ou integrado este está em relação a outro eixo do sistema.

3.1.2 Representação e processamento dos dados de tráfego

Esta etapa consiste da união de estudos anteriores (HENRIQUE, 2004; DANTE *et al*, 2004) de dados de simulação de tráfego (alocação) e de contagens e observações *on-line* do Centro de Controle de Tráfego de Fortaleza, o CTAFOR (AMC, 2005). Além disso, adicionam-se dados de classificação viária do ponto de vista legal, revisada pelo PDDUA (2004) (figura 6).

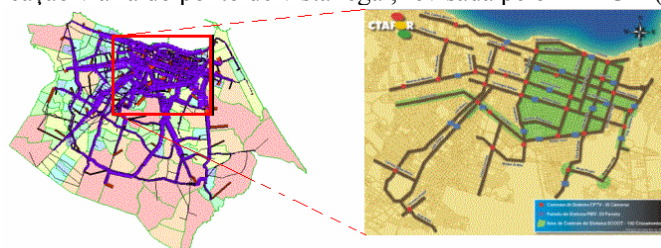


Figura 6. Carregamento de tráfego, vias e pontos de contagem volumétrica em Fortaleza.
Fontes: HENRIQUE, C. (2004) e CTAFOR, AMC (2005).

Formatados: Marcadores e numeração

3.2 Definição da amostra

Por meio da superposição dos dados mapeados (técnica de *overlay*), são identificadas as vias pertencentes a estudos da etapa seguinte. Acredita-se que somente as vias arteriais e coletoras poderão compor esta amostra, uma vez que as 11.820 linhas já processadas no mapa de axialidade equivalem a toda a malha de Fortaleza (MEDEIROS, 2005). Isto se deve ao fato de que o CTAFOR não dispõe de contagens em toda a malha, mas somente em sua parte (cerca de 1520 linhas, ou 7,77% do sistema), mesmo agregando-se as simulações de HENRIQUE (2004).

3.3 Análise estatística

3.3.1 Distribuições

Inicialmente são analisadas as distribuições de capacidade e velocidade por trechos (linhas), encontrados nos estudos anteriores, além dos valores de integração e conectividade a serem obtidos no mapa axial. As etapas anteriores estão mais afeitas a uma contribuição ao planejamento dos transportes. Nesta última etapa, espera-se contribuir, em foco sugestivo, ao planejamento urbano.

Formatados: Marcadores e numeração

4. EXEMPLO DE APLICAÇÃO

A seguir, em *nível preliminar*, apresenta-se, em menor escala, um *exemplo de aplicação da metodologia proposta*.

Caracterizada a área estudo (figura 2), elegeu-se, por motivos de disponibilidade operacional e por investigações anteriores, em escala menor, uma área para um *exemplo de aplicação* (figura 8). A área está limitada ao norte pelo oceano, ao sul pelas avenidas 13 de Maio e Pontes Vieira, a leste pela Av. Engenheiro Santana Júnior e a oeste pela Av. José Bastos. Nota-se, pela figura 2, que a referida área é representativa do potencial de movimentos dentro da malha de Fortaleza, evidenciando os estudos de DANTE *et al.* (2004) e HENRIQUE (2004).

4.1 Análise da Integração do Sistema – Sintaxe Espacial

Executadas as etapas de I a III (distribuição), nota-se em uma análise inicial na área exemplo, uma clara tendência de similaridade entre o que ocorre com o movimento potencial representado pelo mapa axial e as observações na área estudo.

Observa-se, na cor vermelha, a Avenida Duque de Caxias como a de maior valor de *integração*. Isto denota que, para esta área delimitada nesta avenida, concorrem a maioria dos movimentos veiculares, em uma *alocação potencial*, obtida em *software* de *sintaxe espacial*, o *MindWalk 1.0* (ver MEDEIROS, 2004) (figura 8). Seguem então, em nível decrescente, as vias de menor *integração* ou de movimento potencial, respectivamente nas cores laranja, amarelo, verde claro, verde escuro, azul claro e azul escuro.

Notam-se também, ao compararmos os gráficos de distribuição do desempenho co-presencial (*integração*) e de mobilidade e acessibilidade (figura 7), *indícios* que sugerem investigações sobre o uso da técnica de axialidade da Sintaxe Espacial e suas interpretações na avaliação de movimentos na malha.

Para as duas figuras à direita, no eixo x distribuem-se as vias de maior a menor movimento potencial e, no eixo y, seus respectivos valores de *integração*, respectivamente para pedestres

e veículos. À extrema esquerda, no eixo x, o *Nível de Serviço NS* e, no eixo y, distribuem-se as vias classificadas pelos subsistemas definidos pelo CONTRAN (2003).

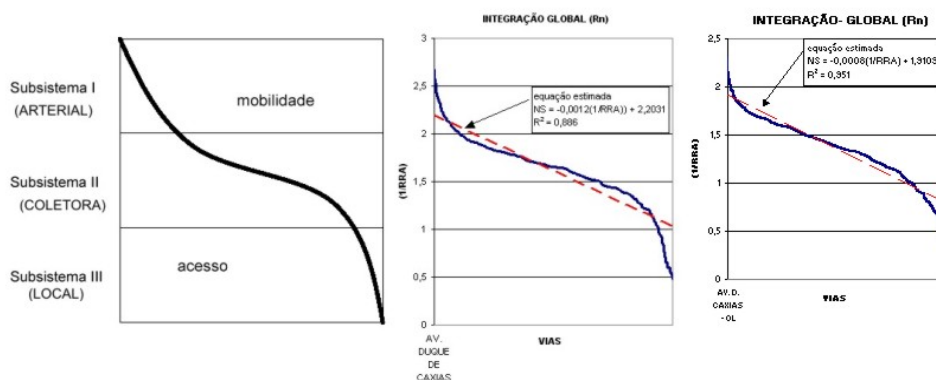


Figura 7. Comparação entre os gráficos de distribuição de *acessibilidade/mobilidade* e *integração* na área exemplo (pedestres e veículos). Fontes: AASTHO (2001) *apud*. AZEVEDO FILHO (2005) e CAVALCANTE (2005) *mimeo*.



Figura 8. Mapa axial da área estudo processado no *MindWalk 1.0*.
Fonte: CAVALCANTE (2005) *mimeo*

5. CONCLUSÃO

O mapa da área exemplo mostra que *alguns eixos axiais* correspondem à classificação das vias. Entretanto em outros eixos não há uma correspondência exata, como a Avenida 13 de Maio, que no mapa de *axialidade* obteve cor *verde*, ou seja, uma via do ponto de vista legal do tipo arterial, mas aqui representada como *local*. Outra incongruência é o fato da Avenida Duque de Caxias ser classificada como *arterial –II* (PMF, 1996) e na simulação aparecer na cor vermelha, uma via *expressa* (tabela 2). Contudo, cabe lembrar aqui que a técnica da *axialidade* tem dois focos de análise. A primeira avalia a *integração local*, a simulação realizada no presente artigo. A segunda, uma avaliação da *integração global*, que considere todas as vias do município.

Tabela 2 – Comparação dos dados regulamentados e estimados pela *axialidade* em nível local, raio *n*, obtidos no *software MindWalk 1.0*.

Classificação Viária - LUOS	Velocidade Máxima Permitida - CONTRAN.	Cores - Integração com o sistema - Axialidade.	Via da área estudo - Exemplo
Via Local	30 ou 40	Verde ou Azul Claro.	Rua Apuiarés
Via Coletora	40 ou 50	Laranja	Rua João Cordeiro
Via Arterial – I	50 ou 60	Laranja	Av. Antonio Sales
Via Arterial – II	80 ou 90	Vermelho	Av. Duque de Caxias

Na simulação *local* ou *global* o valor do raio de *axialidade*, ou no similar verbete de movimentos em transportes, o número de conversões, é determinante da gradação de cores, ou *integração* na malha. No exemplo apresentado, processou-se a malha com *raio n*, ou seja, uma pequena alocação de movimentos de todas as linhas para todas as linhas. Sugere-se que sejam testados outros raios de integração e daí testar correlações com variáveis do NS, como velocidade e/ou capacidade. De acordo com os resultados, os valores de capacidade e velocidade (do NS) devem ser correlacionados a valores de integração (da co-presença), originando um *índice de equilíbrio na malha* a ser investigado por diversos testes de *raios de integração* (1/RRR). Aqui caberá um breve comparativo a outros índices aplicados a estudos de urbanismo, como o *índice de dispersão* de BERTAUD & MALPEZZI (2003) e HOLANDA (2003).

Cabe lembrar que o uso da Sintaxe Espacial não pretende ser apenas um método de *definição de velocidades*, ou de um *nível de serviço ideal*, mas também uma ferramenta de auxílio potencial nas definições de parâmetros de hierarquia viária, investigando as relações entre o uso do solo (sua configuração) e os movimentos dentro da malha.

Agradecimentos

Agradecemos as sugestões recebidas dos diversos colegas do DIMPU nosso grupo de pesquisa (CNPQ). Também nosso agradecimento ao Programa de Pós-graduação da FAU-Unb, por seu apoio operacional e especialmente a José Nauri Cazuya de Sousa Júnior, aluno do 3º ano de eng civil da Universidade Federal do Ceará, nosso bolsista, pelo apoio na elaboração da base de dados em SIG e SE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO (2001). *A Policy On Geometric Design Of Highways And Streets 2004. Fifth Edition*. American Association of State Highway And Transportation Officials, Washington, D.C. 2001.
- 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 (2005). Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e Cidadania. Site: <http://www.amc.fortaleza.ce.gov.br/modules/wfchannel/index.php?pagenum=49>
- ASTEF (1998) Estudos e Projetos para a Implantação do Sistema Centralizado de Controle de Tráfego de Fortaleza – CTAFOR – Relatório Final. Associação Técnico-Científica Eng. Paulo de Frontin, Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará.
- AZEVEDO FILHO, M. A. N. de (2005). Notas de Aula n. 03, Disciplina: TC575 – Engenharia de Tráfego – 2005.1. *Mimeo*. Curso de Engenharia Civil. Departamento de Engenharia de Transportes Centro de Tecnologia. Universidade Federal do Ceará, UFC.
- BERTAUD, A. & MALPEZZI, S. (2003). *The Spatial Distribution of Population in 48 World Cities: Implications for Economies in Transition*. The Center for Urban Land Economics Research, The University of Wisconsin, USA.
- BRAGA, M. G. C. (1989). *The Vehicle Driver's Perception of Attributes of the Road Enviromental that Influence Safety at Four-Arm Uncontrolled Junctions*. Tese de DSc., University of London, London.
- 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.

- CAVALCANTE, A. P. de H. (2004). Análise Evolutiva Da Estruturação Viária da Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará, Brasil. Projeto Pesquisa de Tese de Doutorado – PPT. Programa de Mestrado e Doutorado em Desenvolvimento Urbano - MDU/UFPE. Universidade de Pernambuco, UFPE. Janeiro de 2004.
- CAVALCANTE, A. P. de H. (2005). Quem é o culpado, o Guarda, a Via ou o "É Difícil"? – Estudo de Caso para Cidade de Fortaleza, Ceará. *Mimeo* e Comunicação verbal da Disciplina: Seminários em Arquitetura e Urbanismo. Doutorado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília, Unb.
- CONTRAN. (2003). Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Capítulo III. Das Normas Gerais De Circulação E Conduta. Art. 61.
- DANTE, D. M. R. S. *et al.*. (2004). Avaliação da Qualidade do Tráfego nas Vias Arteriais de Fortaleza Utilizando o Highway Capacity Manual 2000. XVIII ANPET, Florianópolis, SC..
- DEMARCHI S. H. (2004). Desenvolvimento de Planilha Eletrônica Para Classificação de Vias Urbanas Brasileiras SEGUNDO O Método Do HCM2000. XVIII ANPET, Florianópolis, SC.
- HENRIQUE, C. S. (2004). Diagnóstico Espacial da Mobilidade e da Acessibilidade dos Usuários do Sistema Integrado de Transporte de Fortaleza. Dissertação de Mestrado. PETRAN-UFC, Fortaleza, CE
- HILLIER, Bill & HANSON, Julienne. (2001) *The Social Logic of Space*. Bartlett School of Architecture and Planning, UCL, Cambridge University Press, London, 2001;
- HOLANDA, F. R. B. (2003) Uma ponte para a urbanidade In: *Arquitetura & Urbanidade*. 1 ed. São Paulo: ProEditores Associados Ltda, 2003, v.1, cap.2, p. 40-59;
- 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.
- ITE (1998) Trip Generation Handbook New Recommended Practices. Institute of Transportation Engineers, October, 1998.
- LOPES FILHO, J. I de O. (2003) Pós Avaliação de Demanda por Transportes no Município de Fortaleza. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Programa de mestrado em Engenharia de Transportes, centro de tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- 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. de (2005). *Urbis Brasiliae*, Ou Sobre Cidades do Brasil - Inserindo Assentamentos Urbanos do País Em Investigações Configuracionais Comparativas. Exame de Qualificação (Projeto De Tese). Programa de Pesquisa e Pós-Graduação. Fau Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Universidade de Brasília-UnB.
- PEREIRA NETO, W. de A. (2003). Avaliação do Desempenho Operacional em Períodos de Pico do Controle Semafórico em Tempo Real nos Corredores Arteriais de Fortaleza. XVII ANPET, Rio de Janeiro, RJ.
- PESSOA, Maria do P. S. M. (1997). A Configuração Espacial da Cidade do Recife, Efeitos Sobre a Linha Sul do Metrô Recife. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Desenvolvimento Urbano - MDU. Universidade Federal de Pernambuco, Recife;
- PDDUA (2004). Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental – Revisão da Legislação Urbanística para o Município de Fortaleza ao Estatuto da Cidade – LEGFOR- ASTEF/UFC – PMF.
- PIARC. World Road Association. (1998) *Development of Tools for Performance Measurement*. Task force, oriented by OECD study on "Performance. Indicators for the Road Sector". Publication: 1 volume, Bilingual English-French, 92 pages, ISBN : 2-84060-054-4.
- PMF – Prefeitura Municipal de Fortaleza, (1992). Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Fortaleza – Lei No. 7.061. Município de Fortaleza.
- PMF – Prefeitura Municipal de Fortaleza, (1996), Lei 7987, de Uso e Ocupação do Solo do Município de Fortaleza, Fortaleza, CE, Brasil.
- PROTRAN (2002). *Estudos de Integração dos Transportes na RMF*. Plano de Trabalho Realizado pela PROTRAN Engenharia para a Companhia Cearense de Transportes Metropolitanos, Fortaleza/CE.
- TRB (2000). *Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.
- TRB-NCHRP (2005). National Cooperative Highway Research Program - NCHRP Project 20-5. Synthesis of Highway Practice 37-04. Concurrent Management of Land Use and Transportation, Washington, D.C. (<http://www4.nas.edu/trb/synthesis.nsf/All+Projects/Synthesis+37-04>).

Antonio Paulo de Hollanda Cavalcante (apaulo@det.ufc.br)

Frederico Rosa Borges de Holanda (fredhol@unb.br)

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília, ICC Norte - Gleba A - Subsolo, Campus Universitário Darcy Ribeiro - Asa Norte Caixa postal 04431, Brasília – DF.