

# A TEORIA DA SINTAXE ESPACIAL E SUAS APLICAÇÕES NA ÁREA DE CIRCULAÇÃO E TRANSPORTES

C. L. Carmo, A. A. Raia Jr., A. D. Nogueira

## RESUMO

A Teoria da Sintaxe Espacial procura entender o funcionamento da relação entre a configuração do espaço de cidades e as relações sociais que as envolvem, em especial os fluxos e movimentos. Uma abordagem multidisciplinar é possível por meio da análise de valores sintático-espaciais, envolvendo diversas áreas do conhecimento. O objetivo deste artigo é mostrar como esta teoria tem sido utilizada a partir da Engenharia de Transportes, enfocando propriedades de análise como a acessibilidade, conectividade e integração global, dentro do contexto dos movimentos naturais e fluxos potenciais. Dessa forma, alguns conceitos são descritos e pesquisas relacionadas à Sintaxe Espacial no Brasil e no mundo, em diversos ramos e particularmente na Área de Circulação e Transportes, são apresentadas, demonstrando o conjunto de aplicações, limitações e possibilidades proporcionadas.

## 1 INTRODUÇÃO

A Sintaxe Espacial (também conhecida como Teoria da Lógica Social do Espaço) foi desenvolvida, em Londres, por Bill Hillier e colaboradores, nos anos 1970, na University College London e editada no livro *The Social Logic of Space*, em coautoria com Julienne Hanson (Hillier e Hanson, 1984). Iniciou da observação da cidade procurando-se entender a integração dos aspectos físicos e todas as interações sociais que ocorrem em seus domínios.

Durante vários anos, a teoria foi aprimorada e seus métodos foram utilizados em diversas pesquisas de distintas áreas, com o uso de programas de computação que analisavam as ferramentas sintáticas e suas aplicações em estruturas urbanas. Os desenvolvimentos teóricos contribuíram para mostrar a relevância da configuração dos espaços no movimento urbano, aprimorando o conceito da Configuração Espacial que, de acordo com Hillier (2007), é a relação do espaço levando-se em conta outras relações, ideias discutidas no livro *Space in The Machine*, de Bill Hillier, publicado pela primeira vez em 1996.

Para Pereira et al. (2011), a estrutura espacial das cidades é entendida como “configuração urbana”, envolvendo o conjunto de barreiras e permeabilidades constituintes da estrutura física do espaço, onde a disposição desses elementos proporcionam mais ou menos facilidades para a circulação de pessoas e desempenho de suas atividades, representando obstáculos de movimento ou “sistemas abertos”, locais dos possíveis deslocamentos.

Muitas pesquisas que abordam a Sintaxe levam, então, à análise da estrutura dessa configuração como influente em movimentos de pedestres e veículos, propiciando estudos na área do planejamento da mobilidade urbana que possam verificar padrões de

comportamento e possibilidades de fluxos e deslocamentos, contribuindo para um desenvolvimento sustentável das cidades.

Neste trabalho, a pesquisa desenvolvida é, segundo sua natureza, do tipo aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. É também, sob o enfoque da abordagem do problema, uma pesquisa qualitativa. Segundo o ponto de vista de seus objetivos, é uma pesquisa exploratória, que visa proporcionar maior familiaridade com o tema de Sintaxe Espacial, de maneira geral, e mais particularmente, a sua aplicação na Engenharia de Transportes, com o objetivo de torná-la mais clara. A pesquisa envolve, basicamente, levantamento bibliográfico e análise de aplicações que ajudam a estimular a sua compreensão, assumindo as formas de pesquisas bibliográficas.

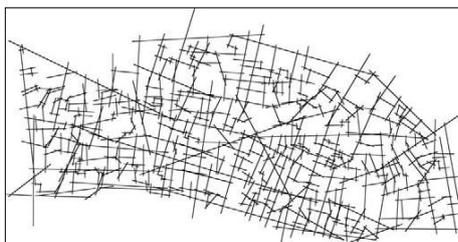
## **2 A TEORIA DA SINTAXE ESPACIAL**

### **2.1 Propriedades sintático-espaciais**

A Sintaxe Espacial usa técnicas e modelos computacionais para o entendimento das questões configuracionais, associando valores quantitativos e expressões matemáticas para a análise do espaço. Esses procedimentos investigativos geram propriedades capazes de quantificar relações na rede urbana da malha viária, mostrando fluxos naturais de movimentação. Para Hillier (2007), o movimento natural é a proporção do movimento de cada linha, determinada pela estrutura da malha urbana, sem levar em consideração estruturas atraentes.

Segundo Medeiros (2006), a configuração da malha viária pode promover a concentração da movimentação em determinado trecho urbano, atraindo empreendimentos que serão beneficiados por estes fluxos, que por sua vez atraem outros empreendimentos e outros fluxos e outros movimentos, promovendo um efeito multiplicador. Assim, a Sintaxe Espacial, por trabalhar com modelos configuracionais que abrangem fluxos potenciais e a malha viária urbana, tem se mostrado um ramo com grande potencial para diversos usos na Engenharia de Transportes e no estudo de movimentos e rotas.

As estruturas básicas para a análise sintática são os espaços convexos e as linhas axiais. Um mapa convexo é formado por uma série de espaços que cobrem o sistema. É o espaço mais largo possível dentro do espaço público, que pode se ser subdividido em quantas unidades forem possíveis (NOGUEIRA, 2004). O mapa axial é feito pelo encontro de linhas axiais desenhadas sobre o sistema viário da base cartográfica das cidades estudadas, atravessando todo o espaço convexo e conectando-se umas às outras. A conectividade de cada linha é dada pelo número de linhas que a intercepta. O mapa axial da região central de Londres, a “Cidade de Londres”, tomado como exemplo, é apresentado na Figura 1.



**Fig. 1 Mapa axial parcial de Londres**  
Fonte: Hillier (2007)

Outros valores quantitativos utilizados são também medidas de propriedades de análise, dentre elas, a profundidade, a acessibilidade e a integração global. A profundidade é o número de passos de uma linha para outra ou o número de passos de um ponto em relação a outro qualquer do sistema. A profundidade é maior quanto mais espaços intermediários houver, contando-se o número de ligações entre dois pontos. Os valores obtidos estão relacionados com a integração global, que é a medida da integração de uma linha com todas as linhas do sistema. Valores mais integrados, representados por cores mais fortes (vermelho, laranja e amarelo), mostram espaços mais acessíveis, mais facilmente alcançados que os menos integrados, representados pela cores verde, azul e cyan. A Figura 2 mostra, ainda para o exemplo de Londres, a sua integração global.



**Fig. 2 Distribuição da Integração Global na “Cidade de Londres”**

Fonte: Hillier (2007)

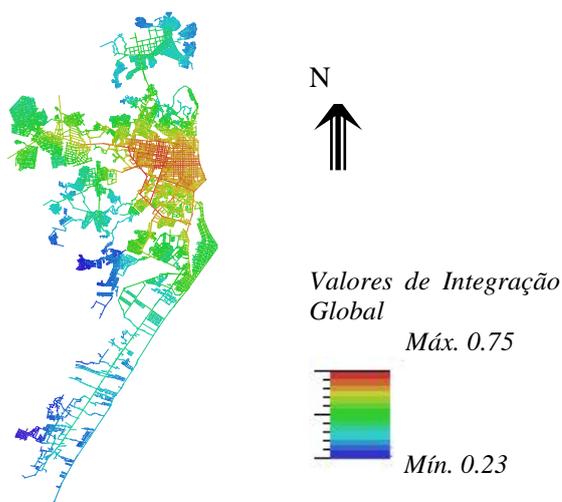
De acordo com Raford, Chiaradia e Gil (2007), a Sintaxe Espacial é um conjunto de técnicas usadas para medir os efeitos da estrutura urbana e a rede viária sobre a acessibilidade e o movimento. Para Holanda (2001 apud BARROS, 2006), não se trata apenas de um conjunto de técnicas, mas sim uma teoria, implicando o método em um conjunto de técnicas para as análises configuracionais. Holanda (2003 apud SANTOS, 2009) afirma, também, que a teoria reflete a ideia de relacionar aspectos do espaço e da sociedade, possíveis de serem quantificados por meio de atributos de configuração, que são representados matematicamente e em gráficos e tabelas, propiciando informações que revelam a lógica social da cidade.

## **2.2 Aplicações da Sintaxe Espacial**

A Sintaxe Espacial, por meio de um método e de técnicas, estabelece relações entre categorias em dois âmbitos (Barros, 2006): *i*) função do espaço – âmbito sintático – a cidade enquanto arquitetura tem características que possibilitam sua leitura. Considerando os atributos físicos, ou seja, a estrutura da cidade, o observador é capaz de interpretá-la e identificar os espaços a partir das feições urbanas; *ii*) significado do espaço – âmbito semântico – como ocorre a relação entre grupos e indivíduos, clivagens sociais, hierarquias de poder. Uma vez que a teoria trata de aspectos ligados ao espaço e à sociologia, onde busca conhecer o uso lógico do espaço e suas diversas interações físico-sociais, abrange estudos multidisciplinares, como o trabalho de Cooper (1995), no qual as ferramentas sintático-espaciais foram usadas para verificações arqueológicas no Novo México.

As cidades modernas são também fonte de pesquisa da Sintaxe. Aspectos relacionados com o uso da terra e as implicações econômicas e comerciais foram analisados por Hillier (2007), em Londres. Os resultados mostraram uma relação entre ruas com maiores valores de integração, propriedade relacionada com a acessibilidade do espaço e mais altas densidades de desenvolvimento, atraindo lojas e novas construções, causando, então, um efeito multiplicador.

O desenvolvimento econômico ocasionado por uma rede mais integrada contrasta com vias menos integradas, que levam a áreas mais segregadas, ocupadas, em geral, por populações mais pobres e de renda mais baixa. Nogueira (2004) analisou a configuração urbana da cidade de Aracaju, nordeste do Brasil, relacionando propriedades do espaço, usando a integração (global e local) e inteligibilidade, com aspectos socioeconômicos das transformações urbanas ocorridas de 1855 a 2003. O mapa axial de Aracaju, contendo a integração global, pode ser visualizado na Figura 3. Para a análise de 2003, o mapa de integração mostrou valores para o núcleo central com cores vermelha e laranja, representando a consequência da boa acessibilidade e compactidade. As populações de menor renda estavam localizadas, à época, nas regiões norte e noroeste, avaliadas com menores valores de integração global e representadas nas cores verde, cyan e azul, em espaços fragmentados e com pouca acessibilidade, com grandes vazios urbanos e segregação econômico-espacial.



**Fig. 3 Mapa axial de Aracaju – Integração Global**

Fonte: Nogueira (2004)

O espaço urbano de Aracaju, também pesquisado por Santos (2009), foi abordado com o uso da Sintaxe, considerando a transformação urbanística do bairro Coroa do Meio. Transformações urbanas realizadas, com a construção de vias de acesso, de novos equipamentos urbanos, bem como melhorias residenciais, modificaram os mapas axiais, apresentando, após as transformações, cores com tons mais fortes (vermelho e laranja), evidenciando melhorias na acessibilidade do bairro em relação ao sistema viário da cidade e a diminuição da segregação sócio-espacial.

Outros trabalhos procuraram verificar e comparar cidades, em diversas localizações, por meio da estrutura urbana. Medeiros (2006) utilizou mapas axiais e de segmentos para analisar a configuração de diversas cidades sob os conceitos da Sintaxe Espacial. Variáveis topológicas foram investigadas com o uso de índices analítico-sintáticos, como conectividade, profundidade, integração, sinergia, inteligibilidade e segmentos, e discutidas na inclusão de assentamentos urbanos do país, em estudo comparativo. A inserção de quarenta e quatro cidades brasileiras e de suas configurações espaciais foi realizada em comparação com cento e vinte cidades mundiais, que tiveram suas bases cartográficas cedidas por pesquisadores ou obtidas na Internet.

Os resultados encontrados pela pesquisa de Medeiros (2006) mostram que as cidades brasileiras maiores obtiveram baixos valores de integração, sendo menos compactas em

razão da ocupação do solo e fragmentadas devido às características geográficas. Cidades com características históricas, por outro lado, menores, mais compactas e menos adensadas, tiveram valores de integração mais elevados. Em relação ao tamanho, as cidades brasileiras são similares às asiáticas e semelhantes às europeias, no que diz respeito à configuração espacial. Mostram-se, também, fragmentadas, agravando o estado de segregação espacial e influenciando na dificuldade da mobilidade urbana.

Nesta mesma linha, uma pesquisa realizada em Israel, por Omer e Zafrir-Reuven (2010), analisou a configuração espacial de vinte e quatro típicas cidades do país, dando atenção especial à variável sintática da integração. Os resultados obtidos mostram que cidades pertencentes em uma mesma classificação, estabelecida anteriormente de acordo com o tipo, topografia, tamanho e localização, tendem a apresentar um mesmo valor de integração local, em contraste com a integração global, que apresentou diferenças como resultado do ambiente construído e da configuração da malha urbana de cada cidade. De acordo com esses autores, em comparação com os valores obtidos por outras cidades do mundo, os dados das cidades israelitas foram similares às cidades do Reino Unido e de outros países da Europa, apesar de terem sido caracterizadas pelas pequenas diferenças entre seus valores de integração global e local, como consequência de um desenvolvimento histórico específico das cidades israelenses.

Também padrões de crimes urbanos foram analisados por meio de dados sintático-espaciais. Segundo Hillier (2004), dentre as razões para crer que modelos da Sintaxe Espacial sejam um bom instrumento para a investigação do tema está o potencial da teoria para conhecer os efeitos do movimento sobre o crime. A metodologia tem sido usada para analisar não só possíveis diferenças entre determinadas áreas, mas também micropadrões em uma só localidade, além de verificar a propriedade da sintaxe de tratar numericamente variáveis espaciais e não espaciais, comparando o efeito do espaço e de variáveis sócio-econômicas.

Estudo realizado na cidade de Londres, analisando-se dados para um período de doze meses, mostrou haver relação entre áreas mais segredadas, com menores valores de integração, e maiores densidades de furtos (HILLIER, 2007). López e Nes (2010) investigaram, também, a relação entre o risco de crimes e a configuração espacial em cidades alemãs. Todos os registros criminais de furtos em residências e de carros foram locados sobre mapas axiais e verificou-se a quantificação das variáveis sintáticas. Uma correlação entre a integração local e os furtos e uma correlação visual mais forte entre a profundidade das principais rotas e os registros foram os resultados encontrados.

Barros (2007) afirma existir um aparente diálogo entre a Sintaxe e o planejamento de transporte, uma vez que os dois se fundamentam na estrutura urbana disponível e nas relações entre as diversas partes da cidade como pontos de geração de tráfego. Por meio da análise das propriedades sintáticas, e com a possibilidade de estudo dos padrões de deslocamentos, novas aplicações da teoria em diversos ramos estão sendo formuladas, e a interface da Sintaxe Espacial com o Planejamento de Transportes vem sendo cada vez mais aprofundada, razão pela qual o enfoque deste estudo.

### **3 APLICAÇÕES DA SINTAXE ESPACIAL NA ÁREA DE TRANSPORTES**

A revisão da literatura apresentou uma série de aplicações da teoria da Sintaxe Espacial com a Área de Transportes, num primeiro momento, para as experiências internacionais e, no segundo, para casos brasileiros.

### 3.1 Experiências internacionais

O estudo de redes de pedestres em áreas urbanas tem sido um dos principais usos da teoria na Área de Transportes, tanto em nível nacional como internacional, pois o transporte a pé é um dos mais utilizados em todo o mundo. O entendimento do fluxo de pessoas é importante para prever congestionamentos, planos de evacuação, segurança viária e controle de multidões, associados às funções socioeconômicas e ao ambiente construído (PEEN e TURNER, 2001). Dentre outras, concluíram que a morfologia espacial do ambiente interfere no deslocamento humano, principalmente através da sua disposição linear. Espaços dispostos linearmente oferecem mais fortemente possíveis próximos destinos ao longo de seu comprimento do que em toda a sua largura e, portanto, tendem a reunir e organizar padrões de movimento linear.

Shin, Kim e Kim (2007a) desenvolveram um novo método na construção de vias para pedestres, por meio da análise de caso na *People's Plaza*, na cidade de Seul. O novo modelo propôs a construção das linhas axiais que levavam em consideração a possibilidade de moldarem separadamente localizações sem distinção de passeios e ruas e uma forma de reconhecerem a profundidade de travessias, de acordo com semáforos, construções, visibilidade e passagens subterrâneas. Shin, Kim e Kim (2007b) usaram, também, as propriedades sintático-espaciais para criar uma rede viária para pedestres e analisar a correlação entre a rede e o volume de tráfego de pessoas, de acordo com o tipo de uso do solo, além de examinar a acessibilidade dos espaços. Áreas comerciais apresentaram dados estatísticos com alto valor de correlação, mostrando que na área central de Seul, capital da Coreia do Sul, o volume de pedestres é fortemente influenciado pela rede espacial.

O trabalho de Peponis et al. (2007) apresentou uma análise de 118 áreas urbanas, amostradas das 12 maiores regiões metropolitanas os EUA. Trabalhou-se com medidas tais como tamanho da quadra, densidade viária, densidade de intersecção e distância entre cruzamentos. Foram introduzidas duas novas variáveis: alcance e distância direcional. Alcance é o comprimento agregado da rua que pode ser acessado a partir do ponto médio de cada segmento de via, sujeito a uma limitação de distância. Distância direcional é o número médio de mudanças de direção necessárias para acessar a todos os espaços ao seu alcance. Seus cálculos foram feitos usando um novo software que roda no padrão GIS de linhas centro de vias (*centerlines*).

Özbil e Peponis (2007) estudaram três áreas em Atlanta para estabelecer correlações entre a configuração das vias e a densidades de deslocamento de pedestres. Dois tipos de análise são utilizados: primeiro, a análise sintática padrão aplicada aos mapas axiais, desenhados para cobrir áreas suficientemente grandes para que os de valores de raio 3 de integração, atribuídos a espaços de observação, não sofressem nenhum efeitos dos eixos; em segundo lugar, as novas técnicas de análise que podem ser aplicadas ao padrão SIG de representações de eixos de vias. Os autores mostraram novas medidas preconizadas de deslocamentos, bem como as medidas-padrão sintáticas.

Kubat et al. (2007) usaram a Sintaxe Espacial construída sobre o conceito de deslocamento de pedestres, além de investigar os fluxos do sistema de transporte e de tráfego, que diferem do movimento de pedestres. Apontam que os modos tradicionais de se representar uma rede urbana tem algumas deficiências em fazer simulações sobre o movimento de veículos. Por conseguinte, com o fim de representar a malha urbana para o movimento de veículos, um novo mapa foi elaborado para Istambul. Ambas as análises, sintáticas e as de

rede de transporte modificado, mostram o caráter dominante de vias e seus efeitos sobre o uso do solo e, assim, a possível orientação da expansão urbana em Istambul. Já, Raford e Ragland (2003), com o uso de variáveis sintáticas, construíram estimativas de volumes de pedestres na cidade de *Oakland*, Califórnia e, em seguida, usaram-nas para calcular a taxa de exposição de pedestres e, conseqüentemente, criar índices de riscos na ocorrência de acidentes. A Sintaxe Espacial, também, foi um dos três modelos de previsão de fluxo futuro de pedestres usados por Raford e Ragland (2005), em Boston, Massachusetts, estimando variações no movimento, ocasionadas por mudanças na região central da cidade.

Além da modelagem de rotas e fluxos de automóveis e ônibus, o trabalho realizado por Raford, Chiaradia e Gil (2007) apresentou um novo método para a previsão de volume de tráfego de ciclistas e de escolha de rotas cicláveis, por meio de técnicas sintático-espaciais, na cidade de Londres. A pesquisa obteve que as rotas de viagens preferidas são aquelas que estão em trechos mais curtos ou mais integrados, não necessariamente o mais curto ou o mais integrado, evidenciando a importância de outras variáveis, principalmente o ângulo de inclinação das rotas, indicando que essa medida possa ser essencial na escolha dos ciclistas e na previsão de volumes deste modo de transporte. Este, ao que se sabe, foi o primeiro trabalho a abordar o fenômeno do movimento natural relacionado às bicicletas, e demonstrou toda a capacidade de aplicação da teoria. Mostra que há ainda muitos ramos não investigados, como muitos tópicos a serem aprofundados e com abordagens a temas ainda não vistos.

Há ainda vários outros estudos envolvendo de alguma forma, a abordagem sobre as redes de pedestres, dentre eles pode-se citar: Ferguson (2007); Başer e Kubat (2007); Kim, Shin e Kong (2007); Başer e Kubat (2007); Kim; Shin e Kong (2007); Topçu; Topçu; Kubat (2007); Kubat e Kaya (2007); Baran; Smith e Toker (2007). Para outras aplicações em diversos modos de transportes, pode-se ainda citar: Ünlü e Edgü (2007); Kishimoto (2007); Chiaradia (2007); Schwander (2007).

### **3.2 Experiências brasileiras**

No Brasil, Nogueira (1998) utilizou as propriedades *convexidade*, *axialidade* e *continuidade* para verificar o fluxo de pedestres na Universidade Federal de São Carlos. Encontrou, como resultado, espaços muito fragmentados, ocasionando baixa interface nas relações pessoais entre os indivíduos, com conseqüente segregação e diminuição das trocas de informações na área do campus da Universidade.

Os estudos de Barros (2006) e Barros, Silva e Holanda (2007), por sua vez, tiveram como objetivo avaliar o potencial da Sintaxe Espacial como ferramenta de estimação de rotas potencialmente atraentes. Esta avaliação consistiu em realizar análises comparativas com o SATURN (modelo tradicional de alocação de viagens) sob aspectos teóricos, metodológicos e técnicos. Os resultados mostraram um quadro geral dos deslocamentos, permitindo a identificação do comportamento da malha, de áreas segregadas e integradas, possivelmente associadas com o uso do solo, renda e, conseqüentemente, tendo-se as origens e os destinos de possíveis viagens.

O desenho da malha viária como influente na formação de movimentação de veículos e na alocação de tráfego propiciou, também, o trabalho de Cavalcante, Paula e França (2007) na análise do uso do solo para a determinação de locais críticos para a implantação de Polos Geradores de Viagens (PGV), em Fortaleza. Nunes (2007) desenvolveu pesquisa

envolvendo redes de pedestres no ambiente de campus universitário. Já, Ugalde e Rigatti (2007) usaram os conceitos de conectividade e a integração local e global para avaliar se novas rodovias produziram mudanças nos fluxos na região metropolitana de Porto Alegre, sul do Brasil.

Cavalcante (2009) procurou compor uma metodologia sistêmica de análise de congestionamentos em malhas viárias de cidades. Identificou a segregação socioespacial decorrente da dispersão da acessibilidade local e global dos movimentos veiculares na malha viária de Fortaleza. Detectou a existência de correlações significativas entre as variáveis: fluxo veicular, qualificação e quantificação de PGV e as variáveis da Sintaxe Espacial em determinada área crítica ao movimento veicular. Estudou, também, qual a parcela de contribuição (qualitativa e quantitativa) dos PGV nos impactos espaciais dos congestionamentos em sua área de influência. Concluiu Cavalcante (2009) que o uso da técnica de axialidade associada a outras modelagens viabilizou mais rapidamente identificar hierarquias de movimentos na malha viária, testando novas conexões (novos desenhos viários) mesmo antes de sua implantação. Desta maneira, esta técnica permitiu 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.

Uma proposta metodológica para a estimativa do volume de tráfego na cidade de Fortaleza, nordeste do Brasil, foi realizada por Jales (2009), utilizando a Sintaxe Espacial e uma de suas derivações, a Análise Angular do Segmento, como critério de hierarquização das vias. Para o autor, quanto maior o conhecimento da malha viária por parte do seu usuário, mais a morfologia influenciará os deslocamentos e maior será a relação entre valores sintáticos e volumes de tráfego dos usuários, principalmente em menores áreas.

Pereira et al. (2011) exploraram o potencial de aplicação da Sintaxe Espacial na análise de efeitos da configuração urbana no desempenho do transporte nas cidades brasileiras, com um estudo de caso no Distrito Federal e em suas regiões administrativas. Com análises de Regressão Linear Simples, avaliou-se o efeito que o grau de integração das diferentes configurações urbanas (medido por variáveis configuracionais tradicionais e variáveis topo-geométricas) teria no tempo médio gasto nos deslocamentos em automóveis. Os resultados sugerem: *i*) existência de baixo potencial para a aplicação das medidas topológicas mais tradicionais em estudos sobre os efeitos da configuração viária sobre o desempenho do transporte urbano; *ii*) este potencial pode ser muito ampliado ao se utilizar medidas topo-geométricas para caracterização da configuração urbana; e *iii*) sistemas viários mais integrados e mais compactos (topológicos e geométricos) tendem a proporcionar configuração urbana mais eficiente para o desempenho do transporte motorizado, com menores tempos de viagens.

### **3.3 Limitações no uso da Sintaxe na Área de Transportes**

Apesar dos bons resultados obtidos na utilização da Teoria da Sintaxe Espacial na Área de Transportes, há alguns autores que apontam algumas deficiências deste método. Este é o caso, por exemplo, de Maha (1997), ao afirmar que “a representação da malha viária através 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 linha axial, torna difícil detectar propriedades específicas a cada via ali representada”. No entanto, em

relação à crítica, Barros (2006) aponta que “a Análise de Segmento responde às críticas em relação à representação das vias”.

Outra deficiência é apresentada por Alves (1999), que critica o modo como a Sintaxe Espacial é representada, especialmente no momento da elaboração das análises. Afirma que o uso de *médias*, *desvio padrão* e *medianas* não é conveniente para um modelo que não permite que os deslocamentos sejam examinados por meio de segmentos e, contrariamente, a alocação “trabalha com o conceito de semirretas”. Isto possibilita concluir que “a comparação direta entre os resultados precisa ser mais bem estudada, pois, em muitos casos, onde o eixo se prolonga por distâncias maiores correspondendo a várias semirretas, pareceu mais conveniente se trabalhar com a somatória ao invés da média”. Deve-se “tentar estabelecer uma metodologia conjunta de carregamento dos modelos, procurando métodos estatísticos apropriados que auxiliem uma comparação mais direta entre os resultados. O que seria um primeiro passo para o desenvolvimento de um modelo conjunto”, complementa Alves (1999).

#### 4 CONCLUSÕES

A Teoria da Sintaxe Espacial tem demonstrado, nas duas últimas décadas, uma grande gama de aplicabilidades em estudos nas mais diversas áreas e também em Transportes. O uso de suas ferramentas e a possibilidade de aplicações de índices qualitativos e quantitativos, baseados em estruturas matemáticas, tornam-na comparativa de diversos estudos com técnicas diferentes, ou estudos em situações diferentes com a análise de valores sintático-espaciais. Usada inicialmente em pesquisas ligadas ao desenho urbano e sua influência em outros aspectos sociais, como a criação de áreas segregadas, uso do solo, e o relacionamento com índices de criminalidade em determinadas regiões, indica a configuração espacial determinante no deslocamento de pessoas e em suas relações, gerando modelos que analisam, por exemplo, a conectividade e integração da rede viária das cidades.

Estudos de acessibilidades na estrutura urbana e fluxos de pedestres e veículos, como modelos de alocação de tráfego e estudos de rodovias, são possíveis, envolvendo então conceitos sociais e matemáticos, e a influência da malha viária em rotas naturais torna atrativa a teoria para a execução de suas técnicas. Abrange o possível relacionamento e interdependência de várias áreas de estudo, como o Urbanismo, Sociologia e Engenharia de Transportes. Procura um entendimento das questões sociais que afetam movimentos naturais, abrindo campo para o planejamento de circulação e transportes, por trabalhar com valores numéricos e programas computacionais que propiciam uma interface com a Engenharia.

Dessa forma, o uso de suas ferramentas, em conjunto com outras técnicas desenvolvidas e aplicadas na Área de Circulação e Transportes, propicia aos planejadores bons mecanismos de previsão e análise do sistema viário e da estrutura urbana das cidades, abrangendo novas possibilidades de investigações de fatores influenciadores de movimentos e das consequências desses fluxos naturais. Algumas limitações, no entanto, são citadas para o seu uso em algumas aplicações, precisando ser mais bem investigadas.

#### 5 REFERÊNCIAS

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 (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil. UnB, Brasília.

BARAN, P. K.; SMITH, W. R.; TOKER, U. (2007) The Space Syntax and crime: evidence from a suburban community. **Proceedings 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium.** Istanbul.

BARROS, A. P. B. G. (2006) **Estudo exploratório da sintaxe espacial como ferramenta de alocação de tráfego.** Dissertação (Mestrado). 171 p. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília.

BARROS, A. P. B. G.; SILVA, P. C. M.; HOLANDA, F. R. B. (2007) Exploratory study of Space Syntax as a traffic assignment tool. **Proceedings 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium.** Istanbul.

BAŞER, B.; KUBAT, A. S. (2007) A new landscape design strategy for creating continuous, perceptible and productive urban green: a case study of Kadiköy–Istanbul. **Proceedings 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium.** Istanbul.

CAVALCANTE, A. P. H. (2009) **A arquitetura da cidade e os transportes: o caso dos congestionamentos em Fortaleza-Ceará.** Tese (Doutorado). 347 p. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UnB, Brasília.

CHIARADIA, A. (2007) Emergent Route Choice Behaviour, Motorway and Trunk Road Network: The Nantes Conurbation. **Proceedings 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium.** Istanbul.

CAVALCANTE, A. P. H. C.; PAULA, F. S. M.; FRANÇA, D. B. (2007) Análise do uso do solo utilizando Sintaxe Espacial para a determinação de locais críticos para a implantação de PGVs. **Anais do 16<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito.** ANTP – Associação Nacional dos Transportes Públicos, Maceió.

COOPER, L. M. (1995) **Space syntax analysis of Chacoan great houses.** Dissertation (Doctoral Program). Department of Anthropology, The University of Arizona, Tucson.

FERGUSON, P. (2007) The streets of innovation: an exploratory analysis of knowledge transfer in the public realm. **Proceedings 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium.** Istanbul.

HILLIER, B.; HANSON, J. (1984) **The Social Logic of Space.** Cambridge: Cambridge University Press, 281 p.

HILLIER, B. (2004) Can streets be made safe? **Urban Design International**, v.9, p.31–45.

HILLIER, B. (2007) **Space is the machine: configurational theory of architecture.** London, United Kingdom: UCL.

JALES, A. W. L. (2009) **Estimação de volumes de tráfego com base na morfologia urbana.** Estudo de caso: Cidade de Fortaleza-CE. Dissertação (Mestrado), Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

KIM, Y. O.; SHIN, H. W. KONG, E. M. (2007) Establishing a method to construct pedestrian network in downtown area. **Proceedings 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium**. Istanbul.

KISHIMOTO, T.; KAWASAKI, S.; NAGATA, N. TANAKA, R. (2007) Optimal location of route and stops of public transportation. **Proceedings 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium**. Istanbul.

KUBAT, A. S.; KAYA, H. S. (2007) Space and fear of crime relation in urban green areas case study: Maçka Demokrasi Park. **Proceedings 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium**. Istanbul.

KUBAT, A. S.; KAYA, H. S.; SARI, F.; GÜLER, G.; ÖZER, Ö. (2007) The effects of proposed bridges on urban macroform of Istanbul: a syntactic evaluation. **Proceedings 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium**. Istanbul.

MAHA, Y. B. (1997) **Metodologia para a definição de corredores de ônibus urbanos com a aplicação da Sintaxe Espacial**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil. Brasília.

MEDEIROS, V. A. S. (2006) **Urbis Brasiliae ou sobre cidades do Brasil**: inserindo assentamentos urbanos do país em investigações configuracionais comparativas. Tese (Doutorado) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília.

NES, A. V.; LÓPEZ, J. J. (2010) Macro and micro scale spatial variables and the distribution of Residential Burglaries and theft from cars: an investigation of space and crime in the Dutch cities of Alkmaar and Gouda. **The Journal of Space Syntax**, Volume 1, Issue 2, Pages 296-314.

NOGUEIRA, A. D. (1998) **Morfologia urbana através da Sintaxe Espacial e do fluxo de pedestres em território universitário**: o campus da UFSCar. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). CCET, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

NOGUEIRA, A. D. (2004) **Análise sintático-espacial das transformações urbanas de Aracaju (1855-2003)**. Tese. (Doutorado). 365 p. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UFBA, Salvador.

NOGUEIRA, A. D.; SILVA, E. D. (2011) Laranjeiras em flor: acessibilidade a partir da inserção de um novo uso em edificações restauradas. **Anais do II Seminário Internacional Urbicentros**, Alagoas.

NUNES, M. B. M. M. (2007) UnB and its social space. **Proceedings 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium**. Istanbul.

PENN, A. and TURNER, A. (2001) Space syntax based agent simulation. **Presented at 1st International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics**, University of Duisburg, Germany.

OMMER, I.; ZAFRIR-REUVEN, O. (2010) Street patterns and spatial integration of Israeli Cities. **The Journal of Space Syntax**. Volume 2, Issue 2, Pages 280 – 295.

ÖZBİL, A.; PEPONIS, J. (2007) Modeling street connectivity and pedestrian movement according to standard GIS street network representation. **Proceedings 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium**. Istanbul.

PEPONIS, J.; ALLEN, D.; HAYNIE, D.; SCOPPA, M.; ZHANG, Z. (2007) Measuring the configuration of street networks: the spatial profiles of 118 urban areas in the 12 most populated metropolitan regions in the US. **Proceedings 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium**. Istanbul.

PEREIRA, R. H.; BARROS, A. P. B. G.; HOLANDA, F. R. B.; MEDEIROS, V. A. S. (2011) **O uso da Sintaxe Espacial no desempenho do transporte urbano: limites e potencialidades**. Texto para Discussão 1630. IPEA: Brasília.

RAFORD, N.; RAGLAND, D. R. (2003) Space Syntax: an innovative pedestrian volume modeling tool for pedestrian safety. **Scholarship Repository**, University of California.

RAFORD, N.; RAGLAND, D. R. (2006) **pedestrian volume modeling for traffic safety and exposure analysis**: The case of Boston, Massachusetts. Safe Transportation Research & Education Center, Institute of Transportation Studies, UC, Berkeley.

RAFORD, N.; CHIARADIA, A.; GIL, J. (2007) **Space Syntax**: The role of urban form in cyclist route choice in Central London. Safe Transportation Research & Education Center, Institute of Transportation Studies, UC Berkeley.

SANTOS, S. C. (2009) **A análise da transformação urbana do bairro Coroa do Meio mediante teoria da Sintaxe Espacial – Aracaju/SE**. 136 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UnB, Brasília.

SCHWANDER, C. (2007) Network Analysis Applied: The Railway Network in South East England. **Proceedings of 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium**. Istanbul.

SHIN, W. S.; KIM, Y. O.; KIM, A. H. (2007a) Establishing a method to construct pedestrian network in downtown area. **Proceedings of 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium**. Istanbul.

SHIN, W. S.; KIM, Y. O.; KIM, A. H. (2007b) A study on the correlation between pedestrian network and pedestrian volume according to land use pattern. **Proceedings 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium**. Istanbul.

TOPÇU, M.; TOPÇU, K. D.; KUBAT, A. S. (2007) Movement Economy Dependent on Urban Design. **Proceedings 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium**. Istanbul.

UGALDE, C. M.; RIGATTI, D. (2007) Ring Roads in Greater Porto Alegre: Would it Be an Effective Solution? **Proceedings 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium**. Istanbul.

ÜNLÜ, A.; EDGÜ, E. (2007) Comparative Space Syntax Analysis of Design Strategies for Istanbul Underground Railway System. **Proceedings 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium**. Istanbul.