

Análise da mobilidade e da acessibilidade por agrupamento de bairros por meio da sintaxe espacial

O artigo apresenta o perfil da cidade de Campina Grande – PB sob a ótica da Sintaxe Espacial com fundamento na Teoria da Lógica social do Espaço. Na metodologia adotada, utilizou-se o modelo que parte da elaboração do mapa Road Centre Line – RCL que serviu de base para a obtenção da Análise Angular de Segmentos, via softwares Depthmap® e QGIS 2.14, geradores das medidas sintáticas apresentadas nos resultados. Os objetivos propostos no presente estudos foram alcançados, pois os resultados obtidos demonstram que na cidade coexistem espaços com características orgânicas e planejadas, o que reflete aspectos socioculturais de ocupação e povoamento da cidade ao longo de sua formação predominantemente heterogênia. Quanto à forma urbana percebe-se uma configuração composta por um núcleo integrador, situado no centro urbano. No que se refere às medidas encontradas, têm-se os valores médios obtidos do NAIN (1,007), do NACH (0,911) e do INCH (12.213) para a cidade como um todo. Na análise por bairros identificou-se que 56% do conjunto urbano apresentam um NAIN médio acima do índice mínimo do intervalo inferior (1,00 - 1,67); 94% estão acima do NACH mínimo do intervalo inferior (0,8 - 1,4); e 46% acima INCH médio encontrado para toda a cidade. Sendo assim, concluiu-se que as regiões centrais parecem apresentar, de acordo com os dados obtidos, uma configuração mais favorável à mobilidade e à acessibilidade, tendo nos bairros periféricos aspectos segregacionistas que podem explicar a restrição de movimento dos indivíduos quanto ao acesso de bens e serviços na urbe. Diante desse mapeamento é possível para os planejadores urbanos direcionar novos estudos nessas regiões que demandam maior necessidade de intervenção para melhoria e integração urbanística na malha urbana local.

Palavras-chave: Sintaxe espacial; Mobilidade; Acessibilidade; Cidades inteligentes; Planejamento urbano.

Analysis of mobility and accessibility by grouping neighborhoods through space syntax

The article presents the profile of the city of Campina Grande - PB from the perspective of Space Syntax based on the Theory of Social Logic of Space. In the adopted methodology, we used the model that starts from the elaboration of the Road Center Line - RCL map, which served as the basis for obtaining the Angular Segment Analysis, via Depthmap® and QGIS 2.14 software, which generate the syntactic measures presented in the results. The objectives proposed in this study were achieved, as the results obtained demonstrate that spaces with organic and planned characteristics coexist in the city, which reflects socio-cultural aspects of occupation and settlement of the city throughout its predominantly heterogeneous formation. As for the urban form, a configuration consisting of an integrating nucleus, located in the urban center, is perceived. Regarding the measures found, there are the average values obtained from NAIN (1.007), NACH (0.911) and INCH (12.213) for the city as a whole. In the analysis by neighborhoods, it was identified that 56% of the urban complex had an average NAIN above the minimum index of the lower interval (1.00 - 1.67); 94% are above the minimum NACH of the lower interval (0.8 - 1.4); and 46% above the average INCH found for the entire city. Thus, it was concluded that the central regions seem to present, according to the data obtained, a configuration more favorable to mobility and accessibility, having in the peripheral neighborhoods segregationist aspects that may explain the restriction of movement of individuals regarding the access to goods and services in the city. Given this mapping, it is possible for urban planners to direct new studies in these regions that demand a greater need for intervention for improvement and urban integration in the local urban network.

Keywords: Spatial syntax; Mobility; Accessibility; Smart cities; Urban planning.

Topic: **Tecnologia, Modelagem e Geoprocessamento**

Received: **06/10/2020**

Approved: **28/11/2020**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Cláudio Germano dos Santos Oliveira 
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2783622098081084>
<http://orcid.org/0000-0001-6785-0171>
claudiogermano@gmail.com

Isabel Lausanne Fontgalland 
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3447455428798868>
<http://orcid.org/0000-0002-0087-2840>
lausannef@yahoo.fr



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2020.006.0054

Referencing this:

OLIVEIRA, C. G. S.; FONTGALLAND, I. L.. Análise da mobilidade e da acessibilidade por agrupamento de bairros por meio da sintaxe espacial. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.11, n.6, p.672-687, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.006.0054>

INTRODUÇÃO

A tendência recente da rápida urbanização torna imperativo o entendimento de características urbanas, como infraestrutura, distribuição da população, empregos e serviços que desempenham um papel fundamental na habitação e na sustentabilidade urbana. Existe atualmente um debate saudável sobre o que constitui uma estrutura ótima em relação à habitabilidade nas cidades, interpolando, por exemplo, entre organizações mono e policêntricas. Aqui, fluxos e agregados econômicos gerados a partir de milhões de usuários, incluídos nos grandes centros urbanos, são usados para extrair viagens intraurbanas globais. Logo, isso nos permite classificar cidades inteligentes e estabelecer uma conexão entre a organização da mobilidade e os principais indicadores urbanos.

Ao estudar a estrutura urbana das cidades é importante identificar os fatores principais que podem estar relacionados com a melhoria da mobilidade local. Para alcançar esse objetivo, são necessários estudos localizados em realidades específicas que apontem indicativos quantificáveis no espaço viário urbano para o planejamento e a gestão dos setores ligados à área. Para tanto, é necessário que a configuração urbana seja mais inteligível para possibilitar a mobilidade de pessoas, bens e serviços dentro do território.

A rápida urbanização levou mais da metade da população mundial a viver nas cidades, tornando crucial o entendimento de características urbanas, como infraestrutura, instalações, distribuição da população, empregos e serviços que desempenham um papel fundamental na saúde, habitabilidade urbana e sustentabilidade.

A recente disponibilidade de traços digitais das Tecnologias da Informação e Comunicação permitiu o estudo de sistemas urbanos com resolução espaço-temporal sem precedentes, dando origem a um empreendimento altamente interdisciplinar, vagamente denominado ciência das cidades. Pesquisas anteriores indicam uma conexão entre características urbanas e organização espacial da cidade, dando origem a um debate sobre a otimização de tais estruturas relacionadas à habitabilidade. Argumenta-se que o aumento da população, juntamente com o congestionamento induzido pela concentração da atividade, leva as cidades de uma configuração monocêntrica para policêntrica.

Enquanto a policentricidade é responsável pelo número de centros de atividades distintos, a expansão urbana está relacionada à dispersão espacial. As cidades podem ser compactas, com todos os centros em um único distrito, ou espalhadas se os centros estiverem distantes, embora normalmente existam em um continuum entre esses dois limites.

Aqui, usamos fluxos anônimos e agregados de usuários que optaram pelo Histórico de Localização para extrair padrões de viagens intraurbanas globais para quantificar a organização da mobilidade urbana. Começamos extraindo a estrutura hierárquica dos pontos de acesso nas cidades e desenvolvemos uma métrica, a hierarquia de fluxo, baseada na interação entre os pontos de acesso. A métrica nos permite classificar as cidades com base em seu nível de hierarquia dinâmica e, assim, estabelecer uma conexão com os principais indicadores urbanos. Especificamente, mostramos que cidades com maior hierarquia de mobilidade exibem mais mistura populacional, uso extensivo de transporte público, níveis mais altos de

capacidade de locomoção, menores emissões per capita de poluentes e melhores indicadores de saúde. A hierarquia de fluxo contém mais informações sobre recursos urbanos do que as métricas usadas tradicionalmente, como densidade populacional e expansão urbana.

Concluimos com uma discussão das implicações de nossas descobertas, incluindo possíveis orientações políticas relacionadas ao planejamento urbano. Portanto, o objetivo deste artigo é analisar, dada o perfil configuracional do espaço urbano de Campina Grande – PB, localizada na região nordeste do Brasil, qual o desenho viário no qual o movimento das pessoas é crescente ou restritivo em termos de mobilidade e acessibilidade?.

O presente estudo tem por objetivo analisar a configuração urbana da cidade de Campina Grande – PB sob a perspectiva da Sintaxe Espacial, dada as características intrínsecas, os padrões subjacentes e latentes que podem ser identificados como pontos positivos e negativos desse tipo assentamento humano e que podem subsidiar a melhoria do planejamento urbano com base na Teoria da Lógica Social do Espaço.

A cidade objeto da pesquisa é polo regional e apresenta a segunda maior economia do estado da Paraíba, ranqueada entre as 120 maiores economias municipais do Brasil. A população atualmente é estimada em aproximadamente 410 mil hab., de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o que a torna uma aglomeração urbana de porte médio. Essas características justificam a necessidade de estudos relativos à mobilidade urbana, pois podem representar de parâmetro para outras localidades com características semelhantes desenvolverem estudos comparativos.

Embora a cidade figure como referência e polo tecnológico nacional, a população nas regiões periféricas ainda convive com problemas da falta de saneamento básico que são um entrave ao desenvolvimento econômico e social. Essa desigualdade é perceptível ao observar os bairros planejados e outros com a estrutura urbana orgânica e desorganizada.

O processo de investigação do presente estudo partiu primeiro de uma pesquisa a sobre a fundamentação teórica do tema (2), em seguida, comprovada a possibilidade de adequação do método à configuração urbana da cidade efetuou-se o levantamento dos dados necessários para a consecução dos resultados, conforme a descrição da metodologia adotada (3); os resultados obtidos através do objeto estudado foram relevantes e inovadores quanto à descrição do perfil urbano existente nesse tipo de assentamento humano (4); e por fim, as conclusões do estudo (5) que apontam a singularidade heterogênea da forma de ocupação caracterizada por disparidades que vão de nível de Integração e Escolha ótimas, à presença de regiões tipificadas como segregadas com consideráveis problemas estruturais.

REVISÃO TEÓRICA

Teoria da Lógica Social do Espaço – Sintaxe Espacial

De natureza multidisciplinar a Morfologia Urbana, que estuda a disposição dos elementos morfológicos no ambiente urbanizado: ruas, praças, lotes, edifícios, etc. - é a ciência que estuda a forma física das cidades, bem como os principais atores e processos da transformação urbana que moldam essa forma.

Algumas abordagens que contribuíram para o seu surgimento foram as: Abordagem processual tipológica, em meados do séc. XX; Abordagem histórico-geográfica (escola conzeniana), início dos anos 1960; Sintaxe espacial (configuração espacial), início dos anos 1970; Autômatos celulares, fim dos anos 1970; Gramáticas das formas, início dos anos 1970; e Transceptor (*Smart Code*), início do séc. XVIII (OLIVEIRA, 2020).

Sendo um sistema de probabilidade de encontros, a configuração espacial estabelece relações entre espaço e sociedade dentro do sistema urbano. HOLANDA (2002) descreve o sistema espacial em termos de sua ordem topológica com os seguintes atributos: proximidade, circunscrição, continuidade ou descontinuidade, contiguidade, separação, integração, segregação, etc.

Para Barros et al. (2014) o movimento em si é apenas um dos componentes da mobilidade urbana. Entretanto há indícios de que a configuração da estrutura espacial das cidades é uma variável significativa ao movimento, de forma que sua investigação contribui para a compreensão de distintos graus de acessibilidade.

Muito do que está ali presente, em termos de edifícios, ruas, praças, monumentos, etc., refletem a cultura e o estilo de vida daquela organização social. Ao observar a urbanização nas sociedades ao longo do tempo, é possível perceber que esses assentamentos, embora diferentes em sua forma, apresentam sentidos semelhantes no que se refere à organização das pessoas no espaço, gerando padrões de movimento e encontro; e a organização do próprio espaço dessa sociedade através de um padrão definido e reconhecível (HILLIER et al., 1984).

A Teoria da Lógica Social do Espaço (HILLIER et al., 1984) traz uma contribuição importante ao interpretar de que maneira o arranjo da malha viária contingencia a acessibilidade urbana. Também conhecida por Sintaxe Espacial, fundamenta-se na perspectiva morfológica e assume a relevância da forma da cidade como eixo de investigação. Tendo por base as barreiras (quarteirões: os cheios) e as permeabilidades (calçadas, vias: vazios), essa metodologia identifica eixos ou segmentos de vias mais prováveis de concentrarem maior movimento potencial. Para a leitura das hierarquias da malha, utilizam-se 'mapas axiais' e 'mapas de segmentos', que permitem obter, entre outras variáveis, 'valores de integração e escolha', representativos do grau de facilidade de deslocamento em vias urbanas.

O método desenvolvido por Hillier et al. (1984) contém algumas medidas matemáticas de axialidade e convexidade que representam a leitura analítica do espaço urbano. Para efeito de análise categórica, os estudiosos dessa área propõem que o sistema de espaços abertos de uma cidade possa ser observado sob duas perspectivas: espaços convexos e axiais. Os primeiros contêm as barreiras e os espaços convexos; e o segundo, o menor número de linhas retas que passam através de todos os espaços convexos (HOLANDA, 2002).

Segundo Al-Sayed et al. (2018), na Sintaxe Espacial, os espaços são entendidos como vazios (ruas, praças, salas, parques, etc.). Os vazios são definidos por obstruções que podem restringir o acesso e/ou obstruir a visão (paredes, cercas, móveis, divisórias e outros impedimentos). As cidades são agregadas de edifícios mantidos juntos por uma rede de espaços que fluem entre os blocos. Essa rede conecta um conjunto de espaços nas ruas que formam uma estrutura discreta. A estrutura é o resultado ideal dos caminhos mais

curtos de todas as origens para todos os destinos no sistema espacial.

Hillier (2007) reforça esse pensamento sobre o padrão subjacente de assentamentos apresentado por suas multivariadas formas reconhecíveis e nos diz que embora cada indivíduo siga apenas uma regra local, relacionada apenas à sua célula e à célula à qual ele se une, o objeto global possui uma estrutura emergente mais rica e não pensada por nenhum indivíduo. Assim, o objeto agregado, não é descrito satisfatoriamente pelo conhecimento de como foi gerado, mas qual processo deu origem a sua geração e reprodução.

O componente generativo da teoria da sintaxe do espaço mostra que, à medida que os objetos são colocados no espaço, uma estrutura de algum tipo emerge nesse espaço. É essa estrutura espacial que então impacta os padrões de movimento e co-presença (HILLIER et al., 2010).

De acordo com Hillier et al. (2010) a compreensão do espaço urbano parece globalmente topográfico, mas localmente métrico, capturado por dois níveis de medidas da Sintaxe Espacial. Um nível superior (*foreground*), que num processo microeconômico, busca maximizar o movimento e a co-presença, criando a estrutura principal da rede local para global com suas linhas mais longas e conexões quase retas, quantificado através da medida Escolha Global; e um nível inferior (*background*), que num processo sociocultural, busca modular e estruturar o movimento e a co-presença para refletir normas culturais específicas, criando uma 'colcha de retalhos' de áreas mais locais com linhas mais curtas e conexões semelhantes a grades, com propriedades locais e métricas, medida captada pela Profundidade Média.

É importante entender alguns conceitos fundamentais para o desenvolvimento desse instrumento de decodificação do espaço social e urbano, ora denominada Lógica Social do Espaço, pois ao analisar a hierarquia da malha urbana, utiliza-se de mapas axiais e seu derivado, o mapa de segmentos, que fornecem valores de 'integração', ou seja, os locais de fácil deslocamento na malha viária urbana. O conceito de organização espacial nos diz que um sistema de propriedades acarreta um alto grau de segregação, enquanto que um sistema de ruas possibilita um alto grau de integração.

Para Kneib (2014) os assentamentos apresentam formas e características que influenciam o modo de ir e vir das pessoas. Podem ser classificadas como regulares (padrões planejados, estruturado na forma de grelhas, modelos lineares ou esquemas radiais) ou irregulares (padrões orgânicos com padrões geométricos complexos). O primeiro é comum nas cidades urbanisticamente mais planejadas; e o segundo, sistema orgânico, é característico de cidades com crescimento desordenado e não-planejado. Segundo Medeiros (2013) as cidades brasileiras (acima de 300.000 hab.) tendem a apresentar um modelo caracterizado por colcha de retalhos, na qual a malha viária é composta por uma diversidade de padrões, com consequências restritivas à mobilidade e à acessibilidade.

De acordo com Medeiros (2006) em relação ao tamanho, as cidades brasileiras são similares às asiáticas e semelhantes às europeias, no que diz respeito à configuração espacial. Mostram-se fragmentadas, o que agrava o estado de segregação espacial e influencia na dificuldade da mobilidade urbana.

Para Hillier et al. (1976) Sintaxe são estruturas combinatórias que a partir de ideias que podem ser matemáticas, se desdobram em famílias de tipos de padrões que fornecem ao mundo artificial do sistema

discreto sua ordem interna como conhecíveis. Já uma Linguagem Mórfica é qualquer conjunto de entidades que são ordenadas em diferentes arranjos por uma sintaxe para constituir conhecimentos sociais. A sintaxe é a propriedade mais importante de uma Linguagem Mórfica. É assim que a linguagem ideográfica, no caso uma sintaxe espacial, é: uma teoria descritiva da organização espacial vista como um sistema de transformações. De acordo com Hillier (2007) a tarefa desse tipo de pesquisa é oferecer uma teoria descritiva dos padrões espaciais característicos nos diferentes tipos de sociedade e organização existentes, e não apontar por que as pessoas escolhem aquele espaço para viver.

O modelo de análise vê um assentamento como um sistema bipolar organizado entre as células ou edifícios primários (casas, etc.) e a transportadora (mundo fora do assentamento). Neste sentido a proposição fundamental da teoria não é que exista uma relação entre formas de assentamento e forças sociais, mas que exista uma relação entre os geradores de formas de assentamento e forças sociais (HILLIER et al., 1984).

Posteriormente Hillier et al. (1993) desenvolvem a Teoria do Movimento Natural que tem por ideia central que a configuração da malha urbana tem a propriedade de privilegiar alguns espaços em relação a outros, no que diz respeito ao movimento de passagem. Sendo assim, a malha urbana seria o principal gerador dos padrões de movimento. Segundo essa visão, os usos comerciais de varejo localizam-se de forma a aproveitar esse padrão, buscando áreas de maior movimento e, com isso, amplificando o volume de tráfego pré-existentes.

A linguagem ideográfica desenvolvida pelos autores tem a seguinte lógica - Primeiro, define-se o objeto como o plano simples aberto ou fechado. Se um objeto tem localização significa que deve ser encontrado em alguma região finita e contínua do espaço. Como o objeto é finito, ele existe como algum tipo de descontinuidade em um espaço maior. Esse espaço maior, que pode ser chamado de espaço 'transportador', tem uma relação definida com o objeto: o espaço maior 'contém' ou envolve o objeto. O resultado final dessa lógica aplicada ao espaço urbano em análise irá produzir dois mapas o convexo e o axial, que se definem como: O mapa axial representa a estrutura de espaço aberto do assentamento através do menor conjunto de linhas retas que passam por cada espaço convexo e fazem todos os elos axiais; e o mapa convexo é o menor conjunto de espaços gordos que cobrem o sistema. Para os autores, a descrição de um espaço será o conjunto de relações sintáticas, tanto de edifícios quanto de outros espaços, que define uma área específica, enquanto a sincronia de um espaço será a quantidade de espaço investido nessas relações (HILLIER et al., 1984).

Para Klarqvist (1993) um mapa convexo (*convex map*) representa o menor número de espaços convexos que cobrem totalmente um *layout* e as conexões entre eles; e o mapa axial (*axial map*) mostra o menor número de linhas axiais que cobrem todos os espaços convexos de um *layout* e suas conexões.

Abaixo destaca-se o quadro representativo dos principais teóricos e suas contribuições para a Sintaxe Espacial. Os estudos seminais surgem nos anos de 1976 e 1984 com trabalhos de Hillier et al. e segue com outras contribuições para o aperfeiçoamento do método até os dias atuais.

Quadro 1: Evolução dos estudos sobre a Teoria da Sintaxe Espacial

| Autores | Trabalho | Importância |
|-----------------|--|--|
| HILLIER et al. | Space syntax. Environment and planning B: Planning and design (1976). | Primeiro trabalho que utilizou o termo <i>space syntax</i> . Argumenta que a configuração espacial poderia influenciar nos padrões de comportamento humano. |
| HILLIER et al. | The social logic of space. Cambridge: University Press (1984). | O livro explica como padrões de organização e arranjo espacial (sintaxe) podem influenciar no comportamento humano. |
| KLARQVIST | A space syntax glossary. NA, v. 6, n. 2, 1993. | Glossário dos principais conceitos usados na Sintaxe Espacial |
| HILLIER et al. | Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. Environment and Planning B: planning and design (1993). | O artigo apresenta a Teoria do Movimento Natural das Pessoas. |
| RATTI | Space syntax: some inconsistencies. Environment and Planning B: Planning and Design (2004). | Destaca problemas relativos à representação axial, e a não consideração de outras características urbanas como altura das edificações e uso do solo nos cálculos das medidas. |
| HILLIER | Space is the machine: a configurational theory of architecture (2007). | Aprofunda os principais conceitos da Sintaxe Espacial descritos em <i>The Social Logic of Space</i> . |
| TURNER | 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). | Propõe neste artigo a utilização de eixos viários (<i>Road-Centre Lines – RCL</i>) para a representação do espaço. |
| HILLIER | Using DepthMap for Urban Analysis: A Simple Guide On What to Do Once You Have an Analysable Map in The System (2008). | Tutorial sobre o software <i>Depthmap</i> , que realiza cálculos e análises sintáticas. |
| HILLIER et al. | Metric and topo-geometric properties of urban street networks: some convergences, divergences and new results. Journal of Space Syntax (2010). | Expõem que a estrutura espacial da cidade é composta por um nível superior (<i>foreground</i>), formado por uma rede contínua de espaços livres que conectam a cidade como um todo; e um nível inferior (<i>background</i>), formado por uma “colcha de retalhos”. |
| HILLIER et al. | Normalising least angle choice in Depthmap-and how it opens up new perspectives on the global and local analysis of city space (2012). | Propõem a normalização de duas das principais medidas da Sintaxe Espacial no software <i>Depthmap</i> : Integração (<i>Normalised Angular Integration – NAIN</i>) e Escolha (<i>Normalised Angular Choice – NACH</i>). |
| DHANANI et al. | From the axial line to the walked line: Evaluating the utility of commercial and user-generated street network datasets in space syntax analysis (2013). | Traz uma análise de modelos de dois eixos viários (<i>Road Centre Lines – RCL</i>), sendo um comercial (ITN) e um da base de dados geográficos voluntários <i>OpenStreetMap</i> (OSM), comparando-os com um mapa axial tradicional. |
| AL-SAYED et al. | Space Syntax Methodology (2018). | Livro que aborda os principais elementos teóricos das medidas sintáticas. |
| HILLIER | What are cities for? And how does this relate to their spatial form? (2016) | Explora a ideia de que a cidade apresenta duas grades: uma que estruturada e que serve à microeconomia; e outra estruturada por fatores socioculturais que serve à residência. |
| KOLOVOU et al. | Road centre line simplification principles for angular segment analysis (2017). | Apresenta uma simplificação de geometrias para mapas de eixos viários (<i>Road Centre Lines – RCL</i>), para melhorar os resultados das medidas na Análise Angular de Segmentos. |

Análise Angular de Segmentos

A Análise Angular de Segmentos divide as linhas axiais em segmentos, registra a soma dos ângulos girados do segmento inicial para qualquer outro segmento dentro do sistema. Essa soma angular é como o custo de uma suposta viagem pelo gráfico e, a partir dele, pode ser calculado um caminho mais curto, ou seja, de menor custo de um segmento para outro no sistema. Esse processo busca a otimização da sequência lógica no traçado urbano que tem maior eficiência para um determinado deslocamento. Para aplicar essa análise como uma medida gráfica, o autor propôs o uso da medida de 'intermediação' (ou 'escolha', como é

chamada na sintaxe espacial) (TURNER, 2007).

Nas medidas aplicadas através dessa metodologia os valores são representados numa palheta de cores, por convenção, que seguem uma escala na qual as cores quentes (vermelho e laranja) indicam segmentos maiores e, portanto, de melhor acessibilidade; e as cores frias (azul e verde), ao contrário, indicam segmentos menores.

Para elaborar essa medida, primeiro é necessário desenvolver o mapa *Road-Centre Lines* – RCL, fornecidos por serviços de mapeamento da *web* com autoridades (por exemplo, OS, TIGER etc.) ou voluntários (por exemplo, OSM) que são utilizados para mapear a rede de ruas das cidades, analisando suas propriedades e simular padrões de atividade urbana (DHANANI et al., 2013)

Kolovou et al. (2017) demonstraram que a análise de segmento angular pode ser aplicada em mapas RCL, mais simplificados e que produz boa correlação com dados de movimento veicular e, portanto, pode melhorar a precisão da análise.

O conceito original de Análise Angular de Segmentos foi introduzido por Hillier et al. (2005) e posteriormente aplicado no UCL – Depthmap® (HILLIER et al., 2010). Para se efetuar a sua medição angular na configuração espacial, inicialmente parte-se do mapa axial original (HILLIER et al., 1984) que é dividido em um mapa de segmentos, definido como as linhas das ruas entre os cruzamentos.

O custo da distância entre dois segmentos de linha de menor mudança angular (geométrica) numa rede de ruas e do critério de hierarquização das vias é medido através da soma das mudanças angulares que são feitas em uma rota, atribuindo um peso a cada interseção proporcional ao ângulo de incidência de dois segmentos de linha na interseção (HILLIER et al., 2005). O peso é definido para que o ganho de distância seja 1 quando o giro for em ângulo reto ou 90 °; 2 se o giro angular for 180 ° e 0 para o ganho de distância angular se dois segmentos continuarem retos, conforme a equação (AL-SAYED et al., 2018):

$$\omega(\theta) \propto \theta \quad (0 \leq \theta < \pi), \quad \omega(0) = 0, \quad \omega\left(\frac{\pi}{2}\right) = 1 \quad (1)$$

Em que:

θ é o ângulo de incidência entre dois segmentos;

π é a medida do raio; e

ω é o peso atribuído em cada interseção

Esse custo angular pode ser aplicado como uma função de ponderação às medidas de centralidade denominada

Integração Angular Normalizada AIN_{θ} :

$$AIN_{\theta} = \left(\sum_{i=1} d_{\theta}(x, i)\right)^{-1} \quad (2)$$

Em que:

d_{θ} é o comprimento de um caminho mais curto entre os vértices x e i .

A Integração é apontada como a principal medida da Sintaxe Espacial e é baseada na centralidade e proximidade (*closeness*). Indica a melhor forma de ir de um ponto a outro da cidade (*to-movement potential*) (HILLIER, 2009). Essa facilidade baseia-se no conjunto de segmentos que minimiza a distância topológica de mudança de direção para os demais pontos da cidade.

A intermediação ACH_B , ou Escolha, é calculada gerando caminhos mais curtos, com o menor custo angular, entre todos os pares de segmentos de origem e destino do sistema. Soma-se então o fluxo através de cada segmento de acordo com quantas viagens são feitas através de cada segmento e divide-se pelo número total de viagens possíveis (TURNER, 2007), definido da seguinte forma:

$$ACH_B = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma(i,x,j)}{(n-1)(n-2)/2}, \text{ com } i \neq x \neq j \quad (3)$$

Em que:

$\sigma(i, x, j) = 1$ se o caminho mais curto de i a j passa por x , e 0 caso contrário.

A Escolha baseia-se na centralidade de atravessamento (*betweenness*) ao considerar a possibilidade de atravessar um segmento específico a partir de todos os outros pontos de origem e destino.

Para permitir um melhor entendimento das propriedades sintáticas das medidas entre cidades de diferentes portes, Hillier et al. (2012) propuseram a normalização de duas das principais medidas da Sintaxe Espacial: a Integração (*Normalised Angular Integration – NAIN*) e a Escolha (*Normalised Angular Choice – NACH*). As duas medidas correspondem aos dois elementos básicos de qualquer viagem: selecionar um destino de uma origem (*Integration*) e escolher uma rota, e assim os espaços a serem percorridos entre a origem e o destino (*Choice*). A Integração Angular Normalizada é definida por:

$$NAIN_{\theta} = \frac{(n+2)^{1.2}}{(\sum_{i=1}^n d_{\theta}(x,i))} \quad (4)$$

E a Escolha Angular Normalizada $NACH_B$ é definida por:

$$NACH_B(x) = \frac{\log(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma(i,x,j)+1)}{\log(\sum_{i=1}^n d_{\theta}(x,i)+3)} \quad (i \neq x \neq j) \quad (5)$$

Em que:

$\sigma(i, x, j) = 1$, se o caminho mais curto de i até j passa por x e 0, caso contrário.

Também denominada por medida de Acessibilidade Espacial, o INCH é uma expressão do potencial de movimento humano dentro do espaço urbano resultado da combinação de duas medidas de centralidade, a Integração Normalizada (NAIN) e a Escolha Normalizada (NACH) (HILLIER et al., 2005). Na primeira compreende-se quais os espaços minimizam as distâncias; e na segunda o potencial de atravessamento. A equação é expressa por:

$$INCH = \left(\frac{ND^{1.2}}{(TD+2)} \right) * \left(\frac{\log(CH)+1}{\log(TD+3)} \right) \quad (6)$$

Em que:

ND = Contagem de nós;

TD = Profundidade total

CH = Medida de escolha

Para Hillier et al. (2005) o INCH representa o potencial de movimento humano no espaço urbano, sendo a junção das principais medidas de acessibilidade espacial, pois objetiva minimizar as distâncias considerando-se o potencial de atravessamento definido pela Escolha.

O resultado maior de uma integração nos diz que naquele ponto do mapa existe uma maior probabilidade de movimentos e encontros com reflexos diretos na acessibilidade e na mobilidade. A Sintaxe Espacial revela a lógica social da cidade (HOLANDA, 2002).

Normalmente, como já descrito acima, para a análise dos resultados observa-se que as linhas em vermelho e laranja são as mais integradas, já as regiões mais segregadas aparecem nas cores azul e verde. Linhas (ou segmentos) com Integração superior a 1,67 são muito integradas e abaixo de 1, muito segregadas. Quanto à Escolha valores acima de 1,4 são espaços com alto potencial de escolha, e abaixo de 0,8 possuem baixo potencial de Escolha (HILLIER et al., 2012).

METODOLOGIA

A pesquisa utilizou-se do aparato teórico, metodológico e ferramental desenvolvido a partir dos estudos de Hillier et al. (1984) que considera que os espaços têm uma lógica social que pode inibir ou favorecer o movimento natural. Dependendo da modelagem dos espaços abertos (vazios) e fechados (cheios) dentro da configuração espacial do desenho urbano. Algumas malhas viárias apresentam um maior número de cruzamentos (nós ou conexões) que possibilitam uma maior possibilidade de trajetos entre pares de origem e destino, outras de formato labiríntico, apresentam dependência de poucas vias que se sobrecarregam para manter a dinâmica do movimento num dado espaço (BARROS et al., 2014).

Inicialmente elaborou-se o mapa RCL para a malha urbana objeto do estudo; posteriormente essa representação linear foi a base para o desenvolvimento do mapa de segmentos. Em seguida esses dados gerados no Depthmap® e suas respectivas medidas sintáticas foram exportados para o software QGIS 2.14 para elaboração do mapa de segmentos e suas respectivas medidas, gráficos e mapas: NAIN, NACH e INCH, para a cidade e para os bairros.

Para a geração do resultado por bairros, utilizou-se o mapa de segmentos, tipo .mif e shape dos bairros de Campina Grande que foram importados para um banco de dados PostgreSQL com a extensão PostGIS habilitada, através do Gerenciador de Banco de Dados do QGIS 2.14. Calculou-se a média dos valores de cada indicador das feições (segmentos) totalmente contidas dentro dos limites de cada bairro.

Na discussão, os resultados foram analisados na perspectiva do diagnóstico da cidade e dos seus bairros através das variáveis representativas do modelo, e em seguida, confrontaram-se os dados globais com números apresentados.

A interpretação da mobilidade e da acessibilidade na pesquisa baseia-se nos aspectos teórico, metodológico e ferramental da Teoria da Lógica Social do Espaço. De acordo com o desenho urbano e seus diferentes padrões – se mais regulado, orgânico, fragmentado, etc. – é possível avaliar se o espaço construído favorece ou dificulta a acessibilidade/mobilidade (MEDEIROS, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Campina Grande, assim como boa parte das cidades brasileiras, apresentou um forte crescimento urbano a partir da segunda metade do séc. XX. Tem-se como resultado desse processo a presença de vazios urbanos, forte centralidade, dispersão demográfica e surgimento de regiões periféricas desintegradas da dinâmica socioeconômica da cidade. É importante fazer uma breve descrição da configuração da forma urbana do objeto estudado, em conjunto a configuração da Sintaxe Espacial, já que ambas podem influenciar as relações sociais e a dinâmica dos deslocamentos no território.

A cidade surgiu no fim do século XVII através de um povoamento entre os riachos das Piabas e Bodocongó, sendo a ligação entre o Sertão e o Litoral do estado da Paraíba. No século XVIII com igreja, feira livre, casas de taipa, alvenaria e de comércio, é elevada à categoria de Vila Nova da Rainha.

Com a chegada da Estrada de Ferro no início do século XX, o desenvolvimento foi impulsionado na

economia local, influenciando o desenvolvimento urbano, o que veio a tornar-se mais intenso na década de 1970. Abaixo é possível observar a evolução do processo de ocupação urbana da cidade, através de três imagens, ao longo do início e meio do século XX e mais recentemente na primeira década do século XXI. Essa expansão teve um forte aumento demográfico nas décadas de 1970 e 1980, nas quais o país experimenta um crescimento expressivo na urbanização decorrente, principalmente, do êxodo rural. Essa expansão pode ser visualizada através da Figura 1.

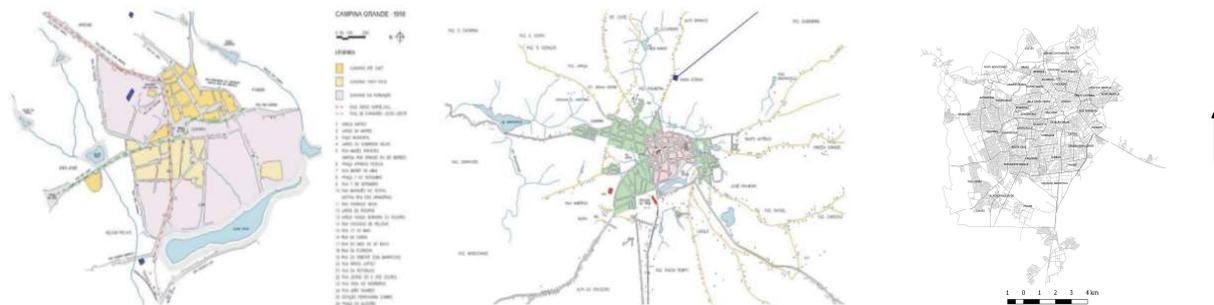


Figura 1: Mapa de Campina Grande em 1918,1943 e 2006, respectivamente. **Fonte:** Barros Filho et al. (2012).

A malha viária da cidade de Campina Grande apresenta um número limitado de rotas acessíveis, conforme comprova-se pelas existências de poucos nós e conexões, caracterizando um desenho restritivo e labiríntico principalmente nas zonas mais periféricas. Neste sentido a mobilidade fica comprometida pelo uso excessivo das poucas vias que apresentam melhor acessibilidade para os transeuntes, colapsando o sistema viário nos horários de pico.

A representação linear da cidade foi obtida trançando-se o menor número possível de retas que representassem acesso direto no espaço urbano, através da base cartográfica da malha viária local. Em seguida, com o auxílio da ferramenta Depthmap® (desenvolvido pela *University College London – UCL*), gerou-se uma matriz de intersecções, na qual calculou-se os valores representativos dos segmentos.

É possível identificar aspectos de regularidade, semelhantes ao tabuleiro de xadrez, predomínio de cruzamento em forma de ‘X’ e uma proximidade em seus tamanhos e proporções. São exemplos dos bairros da Prata, Centro, Lauritzen, São José, Quarenta e Liberdade. Essa característica tende fortalecer a possibilidade de rotas possíveis nos pares de origem-destino, como consequência essas localidades apresentam valores de configuração espaciais mais elevados que os demais, possibilitando relações ótimas de fluxo e movimento.

Outros bairros parecem seguir uma adequação da malha com as características físicas e de padrões socioculturais de ocupação, com ausência de planejamento urbano, é o caso dos bairros Cuités, Araxá, Novo Bodocongó e Cidades. Nesses locais é comum a existência de cruzamentos em forma de “T” e irregularidades dos quarteirões quanto à predominância da forma labiríntica e ao tamanho, refletindo baixos valores de indicadores configuracionais na Sintaxe Espacial.

Os demais bairros que contemplam a maioria do espaço da cidade apresentam uma configuração intermediária, porém, bem mais próxima da regularidade apresentada pelos indicadores superiores encontrados, encontrando-se cruzamentos tanto em forma de “X” como em forma de “T”. Os números

médios para todo o espaço analisado apresentam valores que tendem a uma regularidade, mas sem definição clara.

As interações entre as variáveis indicam os efeitos da Sintaxe Espacial na identificação das vias mais integradas e conectadas (normalizadas), que são mais suscetíveis ao comércio e que, teoricamente, deveriam possuir maior acessibilidade ao transporte público coletivo, maior correspondência ao sistema e consequentemente, possuir maiores atrativos para a população.

Ao analisar o traçado urbano percebe-se longas vias que apresentam elevado grau de integração. Embora pudesse ser um bom indicativo de configuração urbana voltada para a mobilidade ótima, acabam gerando o que os estudiosos chamam de *movement around*, ou seja, um forte fluxo concentrador de movimento no seu entorno. No tecido urbano elas desempenham um papel de tentáculos que ligam o núcleo integrador aos assentamentos mais segregados na periferia, embora pudesse desempenham um papel de aglomeração urbana mais densa no seu entorno. É possível que fenômenos do espraiamento urbano justifiquem a presença desse fenômeno.

O trabalho apresenta duas abordagens, macro e micro, quanto à leitura dos índices representativos da análise sintática no tecido urbano. Primeiro obteve-se um quadro sobre a cidade e suas vias; em seguida, foi feita uma análise buscando os valores NAIN, NACH e INCH por bairros.

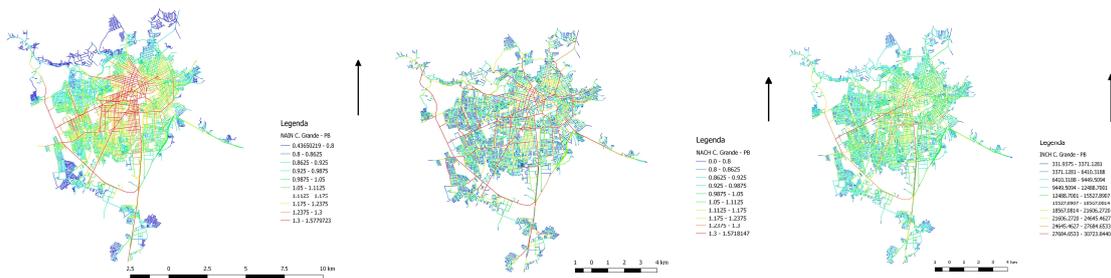


Figura 2: Mapas NAIN, NACH e INCH_Campina Grande, respectivamente.

Na sequência destacamos o Gráfico 1 que visualiza, através do histograma da distribuição de frequência por bairros, com as classes baseadas na convencional paleta de cores da Figura 2.

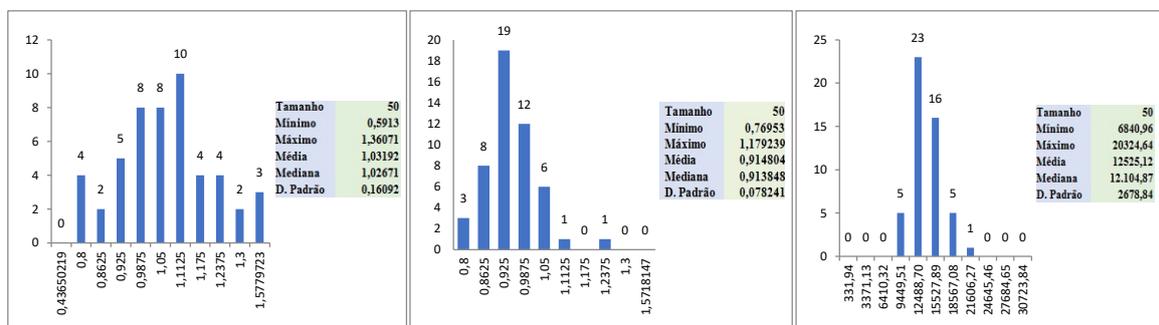


Gráfico 1: Histogramas do NAIN, NACH e INCH_C. Grande por Bairros, respectivamente.

Observa-se no Gráfico 1 a dispersão dos dados encontrados na população em torno da média obtida pela cidade. Os dados revelam que os histogramas NAIN e INCH apresentam comportamento simétrico, enquanto que o histograma do NACH se caracteriza como assimétrico com forte concentração à esquerda; Não se percebe a presença de *outliers* no conjunto dos dados das três medidas sintáticas, ou seja, um bairro

com pontuação excessivamente diferente da população.

NAIN_Campina Grande. Pela análise do mapa NAIN_C. Grande na Figura 2 foi possível localizar algumas vias (linhas/segmentos) que apresentam maior integração na malha viária. Quanto ao resultado do NAIN, a cidade apresentou o escore de 1,007. No conjunto de medidas descritivas sobre a cidade tem-se: a Mediana 1,004 e o Desvio Padrão de 0,1954. Nesse caso o resultado demonstra que a cidade como um todo é integrada, pois apresentou um NAIN médio acima de 1, dentro do intervalo 1,00 – 1,67, embora ainda distante do limite 1,67 que a ranquearia como muito integrada.

De acordo com a palheta de cores, as vias com destaque na cor vermelha são as mais integradas. Ao analisar a configuração urbana percebe-se que essas vias apresentam um valor entre 1,4638 e 1,578. Nesse caso, as vias mais integradas que estão dentro deste intervalo são: Av. Assis Chateaubriand, Av. Mal. Floriano Peixoto, Parte da Rod. Gov. Antônio Mariz, Av. prof. Almeida Barreto, Rua Damasco, Parte da Av. Almeida Barreto e Rua Siqueira Campos.

NACH_Campina Grande. Através do NACH destacado na Figura 2 verificam-se os passos topológicos através das vias em vermelho que apresentam a melhor possibilidade de escolha de acessibilidade do pedestre na cidade, conseqüentemente pode ser uma área de oferta de serviços públicos.

No que se refere à análise da forma urbana da cidade o resultado encontrado é um NACH médio de 0,911. No conjunto de medidas descritivas sobre a cidade tem-se: a Mediana 0,962 e o Desvio Padrão de 0,3227. Ao observar o intervalo de que a cidade apresentou um resultado médio que a coloca como uma área urbana com médio potencial de Escolha, pois apresenta um resultado dentro do intervalo 0,8 - 1,4. Embora ainda distante do padrão ótimo de alto poder de Escolha que seria acima de 1,4.

Na análise da cidade as vias que apresentaram os segmentos com maior índice de Escolha no intervalo de 1,4146 e 1,5718, representado na cor vermelha, foram: Rod. Gov. Antônio Mariz, Avenida Mal. Floriano Peixoto, Parte da Rua Aprígio Veloso, Av. Juscelino Kubitschek, Av. Assis Chateaubriand, Rua Plínio Lemos, Av. Almirante Barroso, Av. Almeida Barreto, Rua Siqueira Campos, Av. Francisco Nascimento, Rua Damasco, Rua Raimundo Nonato, e Rua Manoel Tavares.

INCH_Campina Grande. Na Figura 2 verifica-se a análise do menor ângulo, em oposição ao menor número de mudança de direção ou topológica. A Integração (seleção de um destino) seria uma medida de quão acessível cada segmento é a partir de todos os demais, ou qual o potencial que tem como um destino para o movimento. Já a Escolha (seleção de uma rota), avalia o quanto cada segmento é utilizado como rota de percurso com menor ângulo de origem e destino numa determinada área. Abaixo os resultados na cidade e por bairros, quanto à junção desses dois índices, denominada INCH.

Pode-se analisar o dado a partir do resultado apresentado no presente estudo: 12.204 passos topológicos médios. No conjunto de medidas descritivas sobre a cidade tem-se: a Mediana 12.213 e o Desvio Padrão de 0,5495.

Tendo por base o intervalo de 27.684 e 30.723, representativo da cor vermelha, portanto, as vias com melhor Escolha e Integração são: Av. Mal. Floriano Peixoto, Rua Siqueira Campos, Av. Assis Chateaubriand e parte da Av. Gov. Antônio Mariz.

Foi possível elaborar uma tabela e um mapa representativo dos índices **NAIN**, **NACH** e **INCH_C. GRANDE por bairros**. Essa análise permitiu classificar o conjunto dos bairros dentro dessa metodologia, apresentando os seguintes resultados abaixo, na forma de gráfico de quadro (Gráfico 2).

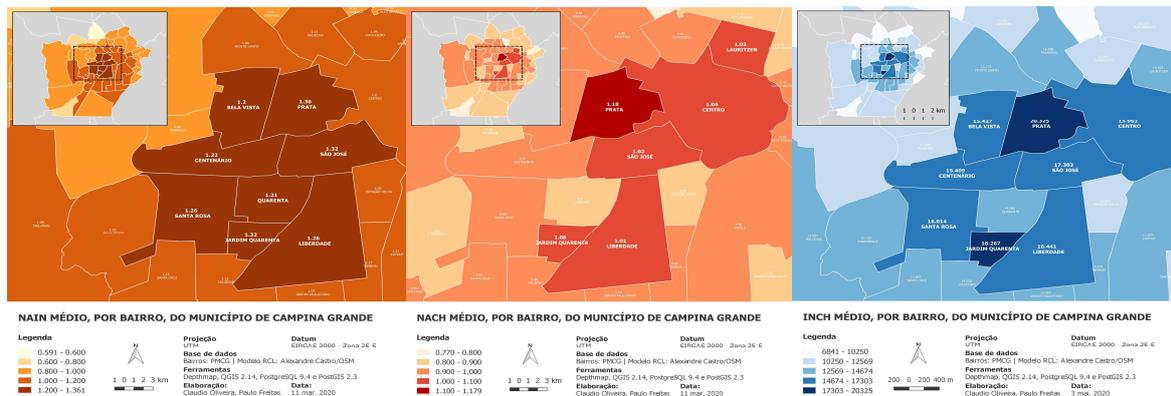


Gráfico 2: Mapas do NAIN, NACH e INCH_Campina Grande por Bairros, respectivamente.

NAIN por bairros. Dos 50 bairros da cidade 28 apresentam pontuação acima de 1,0 (56% da rede urbana) e destes 22 bairros (44% da rede urbana) têm valor inferior ao limite de 1,00, portanto, mais segregados – Cuités (0,591), Novo Bodocongó (0,658), Araxá (0,778), Cidades (0,797), Nações (0,803) e Jardim Continental (0,850). Os melhores bairros com melhor integração são, conforme Gráfico 2: Prata (1,356), São José (1,320), Jardim Quarenta (1,319), Santa Rosa (1,264), Liberdade (1,263), Centenário (1,219) e Quarenta (1,211).

NACH por bairros. Quanto à análise de melhor Escolha por bairros, 47 destes (94%), obtiveram índice igual ou maior do que 0,8 para o intervalo de 0,8 – 1,4. Nenhum bairro obteve valor de Alto Poder de Escolha, acima de 1,4, sendo os seguintes bairros com melhores escores acima de 1,0, conforme Gráfico 2: Prata (1,179), Jardim Quarenta (1,075), Centro (1,037), Lauritzen (1,033), São José (1,015) e Liberdade (1,005). Quando se observa as localidades que estão abaixo do limite do intervalo (0,8), e, portanto, classificam-se como bairro segregados, tem-se três bairros (6% da rede urbana): Castelo Branco (0,760), Cidades (0,790) e Louzeiro (0,794).

INCH por bairros. Na análise por bairros, 23 (46% da rede urbana) localidades apresentam valor superior ao encontrado para a média da cidade, sendo os bairros com melhor índice, conforme Gráfico 2: Prata (20.324), Jardim Quarenta (18.267), São José (17.302), Liberdade (16.441), Santa Rosa (16.013), Centro (15.963), Bela Vista (15.427) e Centenário (15.408). Os bairros com menor índice, abaixo do valor obtido pela cidade são 27 (54% da rede urbana) e destes os que demonstraram os menores valores são: Cuités (6.840), Novo Bodocongó (7.599), Cidades (8.541), Nações (8.737), Jardim Continental (9.381), Araxá (9.464), Louzeiro (9.799) e Vila Cabral (9.812).

CONCLUSÕES

O uso do modelo de análise da configuração urbana proposto pela Sintaxe Espacial mostrou-se adequado para a análise do espaço urbano para cidades brasileiras de porte médio. A investigação dos atributos, tendo Campina Grande – PB como objeto de pesquisa indicou alguns aspectos importantes, a citar:

o núcleo integrador é representado pelo centro urbano; a cidade apresenta uma Integração média e a maioria dos seus bairros (56%) apresentam uma boa Integração (NAIN acima de 1,00); apresenta um bom índice de potencial de Escolha (NACH acima de 0,8) e o conjunto dos bairros (94%) estão acima desse limite inferior, e, portanto, com bom potencial de Escolha; e quanto à medida representativa de mobilidade e acessibilidade, o INCH, 48% estão dos bairros estão acima dos valores encontrados na média da cidade. Nesse caso, embora apresentem em sua maioria bons números, praticamente metade do conjunto urbano precisa de novos estudos dos planejadores urbanos e intervenções dos gestores públicos para buscar diminuir a segregação espacial e aumentar o acesso de todos os cidadãos aos bens e serviços ofertados pela cidade.

Embora a medida padrão apresente-se como um indicador ótimo para o contexto analisado neste artigo, os valores médios e máximos podem variar de acordo com o tamanho da cidade (e, conseqüentemente, do número de eixos ou segmentos). Mas, destaca-se aqui o diagnóstico representativo do quadro espaço-temporal analisado.

De acordo com o desenho configuracional radiocêntrico – já que todas as vias levam ao centro - apresentado nos resultados, é possível inferir que os bairros periféricos apresentam uma característica mais restritiva quanto ao movimento das pessoas na cidade. Porém, nas regiões centrais, encontra-se um padrão mais favorável à mobilidade e acessibilidade dos cidadãos.

Dois aspectos devem ser ponderados quanto ao estudo e que podem interferir no fluxo de veículos e pedestres, destacam-se: primeiro, embora uma via apresente um bom escore de Integração e Escolha, não necessariamente essa característica pode ser interessante pra cidade em termos de mobilidade e acessibilidade, pois é preciso que existem outras vias paralelas como alternativas de rota para pedestres e ciclistas; e segundo, é a sensação de pertencimento, a relação que as pessoas têm com a região na qual mora. É o caso do cidadão que mora na região limite entre dois bairros tendem a se identificar com alguma outra região e fazer uso de outra área urbana que lhe parece mais conveniente na perspectiva social e de acessibilidade.

De forma geral pode-se considerar que os padrões heterogêneos de formação e povoamento na cidade refletem a mesma lógica da desigualdade social, pois é possível identificar espaços de bairros do entorno da região central que apresentam escores elevados, enquanto os demais bairros periféricos destacam-se por seus perfis segregacionistas.

Embora o estudo não tenha feito uma correlação com variáveis sociais, é notória, pela observação empírica, que os melhores índices encontrados refletem ocupações de maior renda. Percebe-se que a lógica da disparidade social dentro do espaço urbano reproduz a mesma desproporção socioeconômica vigente.

Diante da necessidade de um desenvolvimento sustentável, as cidades que pretendem ser inteligentes precisam observar que não só o uso da tecnologia é uma variável importante para esse objetivo, mas também a adoção de políticas de reversão da realidade social apontada pelos estudos.

REFERÊNCIAS

AL-SAYED, K.; TURNER, A.; HILLIER, B.; IIDA, S.; PENN, A.. **Space syntax methodology**. 5 ed. London: Bartlett School

of Architecture, UCL, 2018.

BARROS, A. P. B. G.; MEDEIROS, V. A. S.. Centralidades e sintaxe espacial: variáveis para a compreensão da acessibilidade urbana. In: KNEIB, É. C.. **Projeto e Cidade: centralidades e mobilidade urbana**. Goiânia: UFG, 2014.

BARROS FILHO, M. N. M.; BONATES, M. F.; GALVÃO, C. O.; MIRANDA, L. I. B.; OLIVEIRA, I. B.; PANET, M. F.; PASSOS, L. A.; QUEIROZ, M. V. D.; RUFINO, I. A. A.; SILVA, H. A.. Tecidos urbanos e sistemas de espaço livres em Campina Grande (PB): uma descrição da qualidade da sua forma urbana. In: COLÓQUIO QUAPÁ-SEL, 7. **Anais**. Campo Grande, 2012.

DHANANI, A.; VAUGHAN, L.S.; ELLUL, C.; GRIFFITHS, S.. From the axial line to the walked line: Evaluating the utility of commercial and user-generated street network datasets in space syntax analysis. In: PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM, 8. **Anais**. Santiago: PUC, 2013. p.11-32.

HILLIER, B.; LEAMAN, A.; STANSALL, P.; BEDFORD, M.. Space syntax. **Environment and Planning B: planning and design**, v.3, n.2, p.147-185, 1976. DOI: <https://doi.org/10.1068/b030147>

HILLIER, B.; HANSON, J.. **The social logic of space**. Cambridge: University Press, 1984. DOI: <https://doi.org/10.1017/CB09780511597237>

HILLIER, B.; PENN, A.; HANSON, J.; GRAJEWSKI, T.; XU, J.. Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. **Environment and Planning B: planning and design**, v.20, n.1, p.29-66, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1068/b200029>

HILLIER, B.; IIDA, S.. Network and psychological effects in urban movement. In: COHN, A. G.; MARK, D. M.. **Spatial Information Theory**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005. p.475-490. DOI: https://doi.org/10.1007/11556114_30

HILLIER, B.. **Space is the machine: a configurational theory of architecture**. London: Space Syntax, 2007.

HILLIER, B.; TURNER, A.; YANG, T.; PARK, H. T.. Metric and topo-geometric properties of urban street networks: some convergences, divergences and new results. **Journal of Space Syntax**, v.1, n.2, p.258-279, 2010.

HILLIER, B.; YANG, T.; TURNER, A.. Normalising least angle choice in Depthmap-and how it opens up new perspectives on the global and local analysis of city space. **Journal of Space Syntax**, v.3, n.2, p.155-193, 2012.

HOLANDA, F.. **O espaço de exceção**. Brasília: Universidade de Brasília, 2002.

KLARQVIST, B.. A space syntax glossary. **NA**, Gothenburg, v.6, n.2, 1993.

KOLOVOU, I.; GIL, J.; KARIMI, K.; LAW, S.; VERSLUIS, L.. Road centre line simplification principles for angular segment analysis. In: PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM, 11. **Anais**. Porto: Instituto Superior Técnico, 2017. p.163.1-163.

KNEIB, E.. **Projeto e cidade: centralidades e mobilidade urbana**. Goiânia: UFG, 2014.

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

MEDEIROS, V. A. S.. **Urbis brasiliae: o labirinto das cidades brasileiras**. Brasília: Universidade de Brasília, 2013.

OLIVEIRA, V.. Diferentes abordagens em morfologia urbana. Contributos luso-brasileiros. In: GOBBI, A.; PAIO, A.; LERMEN, B.; HOLANDA, F.; SAMUELS, I.; KROPF, K.; GIMMLER NETTO, M.; POLIDORI, M.; PERES, O.; SAFE, S.; COSTA, S. P.; OLIVEIRA, V.. **Urban forms**. 2 ed. Porto, 2020.

RATTI, C.. Space syntax: some inconsistencies. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v.28, p.123-150, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1068/b3019>

TURNER, A.. 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**, London, v.34, n.3, p.539-555, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1068/b32067>

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.