



Universidade de Brasília  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

# CONFIGURAÇÃO ESPACIAL E MOBILIDADE URBANA

um estudo de caso do Distrito Federal

**Péterson Dayan Machado Gonçalves**

Orientador: Prof. Dr. Rômulo José da Costa Ribeiro



Brasília, 2018.



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ARQUITETURA E URBANISMO

**CONFIGURAÇÃO ESPACIAL E MOBILIDADE URBANA:  
UM ESTUDO DE CASO DO DISTRITO FEDERAL**

**PÉTERSON DAYAN MACHADO GONÇALVES**

Orientador:

Prof. Dr. Rômulo José da Costa Ribeiro – FAU/UnB

Linha de Pesquisa:

**Projeto e Planejamento Urbano e Regional**

BRASÍLIA, 20 DE FEVEREIRO DE 2018.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

**CONFIGURAÇÃO ESPACIAL E MOBILIDADE URBANA:  
UM ESTUDO DE CASO DO DISTRITO FEDERAL**

**PÉTERSON DAYAN MACHADO GONÇALVES**

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO  
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU  
DE MESTRE EM ARQUITETURA E URBANISMO.**

**APROVADO POR:**

---

Prof. Dr. Rômulo José da Costa Ribeiro (PPG/FAU – UnB) – Orientador

---

Prof. Dr. Valério Augusto Soares de Medeiros (PPG/FAU-UnB) – Examinador Interno

---

Profa. Dra. Vânia Raquel Teles Loureiro (FAU-UnB) – Examinadora Externa

BRASÍLIA, 20 DE FEVEREIRO DE 2018.

## FICHA CATALOGRÁFICA:

**GG643c** Gonçalves, Pétersen Dayan Machado

Configuração Espacial e Mobilidade Urbana: Um Estudo de Caso do Distrito Federal / Pétersen Dayan Machado Gonçalves; orientador Prof. Dr. Rômulo José da Costa Ribeiro. -- Brasília, 2018.

125p., 210 x 297mm (PPG/FAU/UnB, Mestre, Arquitetura e Urbanismo, 2018).

Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) -- Universidade de Brasília, 2018.

1. Planejamento Urbano. 2. Sintaxe Espacial. 3. Transportes. 4. Densidade Urbana. 5. Segregação Urbana. I. Ribeiro, Prof. Dr. Rômulo José da Costa, orient. II. Título.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:

GONÇALVES, P. D. M. (2018). **Configuração Espacial e Mobilidade Urbana: Um Estudo de Caso do Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 125p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Pétersen Dayan Machado Gonçalves

TÍTULO: Configuração Espacial e Mobilidade Urbana: Um Estudo de Caso do Distrito Federal.

GRAU: MESTRE

ANO: 2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestre e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Pétersen Dayan Machado Gonçalves

QD 203, LT 03, BL C, APT 801, Águas Claras, CEP 71939-360, Brasília – DF – Brasil.

petersendayan@hotmail.com

## ***DEDICATÓRIA***

*Às minhas filhas Jéssica Dayana, Daniela Cyntique e Pamela Fernandes,  
À minha querida esposa Catiucia Fernandes,  
E aos meus pais Florivaldo Gonçalves e Maria Aparecida.*

## **AGRADECIMENTOS**

*Agradeço a todos que me acompanhou neste processo do mestrado, foram muitas horas trabalhadas e ceifadas da companhia das pessoas que amo, mas acalentadas pelo carinho e amizade que me trouxe o entusiasmo da contínua produção acadêmica.*

*Agradeço à toda minha família, especialmente aos meus pais Florivaldo Gonçalves e Maria Aparecida, aos meus irmãos Florisvaldo, Kelita, Carlos (in memoriam), Klébert e Kárita, à minha querida esposa Catiucia Fernandes, e minhas filhas Jéssica, Daniela e Pamela, pelo amor incondicional, por estarem sempre ao meu lado, e por me ajudar a enfrentar os momentos mais difíceis com tranquilidade e leveza, por sempre terem sido o motivo de todo o meu esforço e comprometimento com os estudos.*

*Meu agradecimento ao Prof. Rômulo Ribeiro, meu orientador, que me estimulou a trilhar este caminho e perseguir sem pestanejar. Aos membros da banca examinadora Prof. Valério Medeiros, pelos ensinamentos em sala de aula, e muitas orientações sobre as aplicações da teoria da Sintaxe Espacial, que enriqueceram este trabalho, e à Prof. Vânia Loureiro, pelas detalhadas avaliações durante as bancas de qualificação e de defesa, trouxe os aspectos minuciosos da pesquisa a fim de aprimorá-la, superando todas as minhas expectativas de um examinador externo.*

*À Dra. Juliana Coelho por ter fornecido toda sua base de dados, que lhe custou um doutorado e madrugadas a fio na produção dos mapas axiais e de segmentos, que aqui foram utilizados com enorme contribuição ao revelar as variáveis topológicas do tecido urbano do Distrito Federal. Ao Eng. Rony Velasquez, por ter fornecido seus arquivos pessoais, das linhas de transporte público do DF, que serviram de base nos estudos aqui realizados, mesmo estando na Bolívia, não se intimidou em contribuir pela ciência brasileira.*

*Ao Prof. Eduardo Nakano, do Departamento de Estatística da UnB, pelos estudos avançados em estatística aplicada, aos quais foram fundamentais para alcançar os resultados obtidos nesta dissertação.*

*Aos meus colegas de mestrado, especialmente a meus amigos Abner Calixter, Ana Carolina, André Leal, Daniela Werneck, Elen Vianna, Flavia Pedrosa, Nathálya Leal, Paola Maigua, Pedro Máximo, e Tony Oliveira, que me ajudaram na realização de diversos artigos, contribuindo para a produção científica de altíssima qualidade.*

*Aos colegas do PPG/FAU, que dividiram comigo a tarefa da representação discente, Lucas Brasil, Tadeu Melo, e Matias Ocaranza, que se colocaram disponíveis para contribuir pela melhoria do programa.*

*Ao Prof. Benny Schvarsberg, que, com seu carisma, me ensinou a ensinar, a ver a cidade na escala do pedestre, ao caminhar pelas calçadas de Brasília, como em um Safari Urbano.*

*Aos coordenadores do curso de Engenharia Civil, Péricles Bezerra e do curso de Arquitetura e Urbanismo, Larissa Cayres, do Centro Universitário IESB, por suas rigorosas formas de seleção, permitindo-me fazer parte da equipe de professores e por terem sido compreensíveis com minhas ausências no início do semestre letivo, possibilitando, assim, a conclusão dessa pesquisa.*

*Aos meus alunos do IESB, que me estimularam com suas indagações e inquietações, e me seduziram à arte de ensinar, confirmando minha escolha pela docência, delineando o método adotado nesta dissertação, para que possa ser aplicado também nos cursos de graduação e pós-graduação.*

*À Polícia Militar do Distrito Federal, que me concedeu a oportunidade de aplicar meus conhecimentos técnicos a serviço da sociedade, e em especial aos arquitetos Ayrlan Machado, Marcelo Monteiro, Ricardo Targino, Ricardo Naves, Timóteo Barros, e Jadercildo Santos. Aos engenheiros Bárbara Lacerda, Hélio Vitor, Jackson Sousa, Josangelo Camargos, Leandro Carvalho, e Renato Reges. E aos demais integrantes da Diretoria de Projetos, Alberto Martins, Eduardo Cavalcanti, Esaú Ribeiro, Lorena Oliveira, Mércio Pereira, e Ricardo Bezerra, meus amigos, que contribuíram e continuam lutando pela arquitetura e engenharia de qualidade dentro da corporação.*

*Ao meu irmão Klébert Renée que me ajudou na tradução do resumo, versão Inglês, à minha irmã Kárita Cyntique com a versão Espanhol, e à minha cunhada Raquel Gonçalves pelas contribuições na revisão do resumo, versão Francês.*

*Agradeço de forma antecipada, pela compreensão de todos que possam ser afetados pela minha nova jornada de estudos do doutorado em Arquitetura e Urbanismo na UnB, que se inicia em março de 2018, e com previsão de término em março de 2022, me escusando das possíveis ausências que possam ocorrer durante este período.*

*Brasília, 20 de fevereiro de 2018.*

## **CONFIGURAÇÃO ESPACIAL E MOBILIDADE URBANA: UM ESTUDO DE CASO DO DISTRITO FEDERAL**

### **RESUMO**

A mobilidade urbana é um dos principais problemas nas grandes cidades contemporâneas, conforme já relatara Eduardo de Vasconcellos, e que vem se agravando no Brasil pela falta de planejamento e projetos adequados para acompanhar a evolução do processo de urbanização, como ressalta Frederico de Holanda. Embora a literatura descreva diversas teorias, metodologias e técnicas, para apontar os problemas das grandes cidades, o repertório empírico para medir o desempenho da mobilidade é ainda uma matéria complexa e de difícil compreensão, principalmente quando levamos em consideração o bem-estar e a qualidade de vida da população. Esta pesquisa se propôs então analisar a relação entre a configuração do espaço urbano e as principais variáveis que afetam o desempenho da mobilidade urbana, como a densidade, compacidade, integração e conectividade. A Sintaxe Espacial foi utilizada como metodologia da teoria da lógica social do espaço de Bill Hillier e Julienne Hanson, para analisar os efeitos da configuração espacial na mobilidade urbana, sendo levantados os dados, indicadores e índices nos principais órgãos de pesquisa em um único Modelo Urbano Integrado. Assim foi realizada a construção de mapas temáticos por meio de análise multicritério, com o software QGIS, e selecionadas as variáveis significativas por meio de correlações estatísticas, de acordo com George Casella e Roger Berger. Como resultado desta avaliação configuracional do espaço, foi possível estabelecer critérios objetivos para avaliar as condições existentes de forma automática e simplificada. Com isso, identificou-se, por exemplo, que 68% das vias mais integradas do sistema viário do Distrito Federal, fazem parte do itinerário dos ônibus pertencentes ao sistema de transporte público coletivo, além de medir o desempenho da cobertura das rotas de ônibus, que não oferecem acessibilidade a 17% da população urbana da capital brasileira. Desta forma, este estudo identificou diversas variáveis da configuração espacial que se correlacionam estatisticamente com o sistema de mobilidade urbana, possibilitando a medição do seu desempenho e, pela Sintaxe Espacial, visualizá-lo neste sistema complexo, cujo método, pode facilmente ser replicado nas cidades de todo o mundo.

**Palavras chave:** Planejamento Urbano; Sintaxe Espacial; Transportes; Densidade Urbana; Segregação Urbana.

## SPACE CONFIGURATION AND URBAN MOBILITY: A CASE STUDY OF THE FEDERAL DISTRICT

### ABSTRACT

Urban mobility is one of the main problems in large contemporary cities, as Eduardo de Vasconcellos has already pointed out, which has been aggravated in Brazil by the lack of adequate design and planning to match the evolution of the urbanization process, as pointed out by Frederico de Hollanda. Although the literature describes several theories, methods and techniques to identify the problems of large cities, the empirical repertoire for measuring the performance of mobility is still a complex subject and difficult to understand, especially when we take into account the welfare and quality of population life. The purpose of this research was analyzing the relationship between the urban space configuration and the main variables that affect the performance of urban mobility, such as density, compactness, integration, and connectivity. *Space Syntax* was used as a methodology of *The Social Logic of Space* theory of architecture and urbanism by Bill Hillier and Julienne Hanson to analyze the effects of the spatial configuration on urban mobility, and collected data, indicators and indexes regarding the main research entities in a single Integrated Urban Model. Thus, thematic maps were prepared using multicriteria analysis with QGIS software, and significant variables were selected through statistical correlation, according to George Casella and Roger Berger. As a result, it was identified, for instance, that 68% of the most integrated streets in the Federal District's road system are part of the bus route of the public transit system, in addition to measuring the performance of bus routes, that do not offer accessibility to 17% of the urban population of the Brazilian capital. In this way, this study identified several variables of the spatial configuration that correlate statistically with the urban mobility system, allowing the measurement of its performance and, by *Space Syntax*, to visualize it in this complex system, whose method can easily be replicated in cities around the world.

**Keywords:** Urban Planning; Space Syntax; Transit; Urban Density; Urban Segregation.

## CONFIGURACIÓN ESPACIAL Y MOVILIDAD URBANA: UN ESTUDIO DE CASO DEL DISTRITO FEDERAL

### RESUMEN

La movilidad urbana es uno de los principales problemas en las grandes ciudades contemporáneas, como ya había relatado Eduardo de Vasconcellos, y que viene agravándose en Brasil por la falta de proyectos y una planificación adecuada para acompañar la evolución del proceso de urbanización, así como resalta Frederico de Holanda. Aunque la literatura describe varias teorías, metodologías y técnicas para señalar los problemas de las grandes ciudades, el repertorio empírico para medir el desempeño de la movilidad es todavía una materia compleja y de difícil comprensión, principalmente cuando se busca el bienestar y la calidad de vida de la población. Esta investigación tuvo por objeto analizar la relación entre la configuración del espacio urbano, con las principales variables que afectan el desempeño de la movilidad urbana, como la densidad, compacidad, integración y conectividad. La *Sintaxis Espacial* fue utilizada como metodología de la teoría de la lógica social del espacio de Bill Hillier y Julienne Hanson, para analizar los efectos de la configuración espacial en la movilidad urbana, donde los datos, indicadores e índices se obtuvieron en los principales organismos de investigación, formando un único Modelo Urbano Integrado. Así, los mapas temáticos se construyeron por medio de análisis multicriterio, con el software QGIS, y se seleccionaron variables significativas mediante correlaciones estadísticas, de acuerdo con George Casella y Roger Berger. Como resultado de esta evaluación configuracional del espacio, fue posible establecer criterios objetivos para evaluar las condiciones existentes de forma automática y simplificada. Con ello, se identificó, por ejemplo, que el 68% de los caminos más integrados del sistema vial del Distrito Federal, son parte del itinerario de los autobuses pertenecientes al sistema de transporte público, además de medir el desempeño de la cobertura de las rutas de autobuses, que no ofrecen accesibilidad al 17% de la población urbana de la capital brasileña. De esta forma, este estudio identificó diversas variables de la configuración espacial que se correlacionan estadísticamente con el sistema de movilidad urbana, posibilitando la medición de su desempeño y, por la *Sintaxis Espacial*, visualizarlo en este complejo sistema, cuyo método, puede fácilmente ser replicado en las ciudades de todo el mundo.

**Palabras clave:** Planificación Urbana; Sintaxis Espacial; Transporte; Densidad Urbana; Segregación Urbana.

# CONFIGURATION SPATIALE ET MOBILITÉ URBAINE: UNE ÉTUDE DE CAS DU DISTRICT FÉDÉRAL

## RÉSUMÉ

La mobilité urbaine est l'un des principaux problèmes dans les grandes villes contemporaines, comme l'a déjà signalé Eduardo de Vasconcellos, qui s'est aggravé au Brésil par le manque de projets et de planification adéquate pour accompagner l'évolution du processus d'urbanisation, comme l'a souligné Frederico de Hollanda. Bien que la littérature décrive plusieurs théories, méthodes et techniques, pour mettre en évidence les problèmes des grandes villes, le répertoire empirique pour mesurer la performance de la mobilité est encore à comprendre la matière complexe et difficile, surtout lorsque l'on considère le bien-être et de la qualité de la vie de la population. Le but de cette recherche était d'analyser la relation entre la configuration de l'espace urbain, avec les principales variables qui affectent la performance de la mobilité urbaine, telles que la densité, la compacité, l'intégration et la connectivité. La *Syntaxe Spatiale* a été utilisée comme une méthodologie de la théorie de la logique sociale de l'espace par Bill Hillier et Julienne Hanson, pour analyser les effets de la configuration spatiale sur la mobilité urbaine, où les données, indicateurs et indices ont été collectés dans les principales entités de recherche dans un seul modèle urbain intégré. Ainsi, les cartes thématiques ont été construites grâce à l'analyse multicritère, avec le logiciel QGIS, et les variables significatives ont été sélectionnées par des corrélations statistiques, selon George Casella et Roger Berger. À la suite de cette évaluation configurationnelle de l'espace, il a été possible d'établir des critères objectifs pour évaluer les conditions existantes de manière automatique et simplifiée. Avec cela, il a été identifié, par exemple, que 68% des routes les plus intégrées du réseau routier du District Fédéral font partie de la route des bus appartenant au système de transport public, en plus de mesurer la performance de couverture des routes des bus, qui n'offrent pas l'accessibilité à 17% de la population urbaine de la capitale brésilienne. Ainsi, cette étude a identifié plusieurs variables de configuration spatiale qui sont en corrélation statistiquement avec le système de mobilité urbaine, ce qui permet la mesure de leur performance par la *Syntaxe Spatiale*, vue dans ce système complexe, la méthode peut facilement être reproduit dans les villes de partout dans le monde.

**Mots-clés:** Urbanisme; Syntaxe de l'espace; Transport; Densité urbaine; Ségrégation urbaine.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>RESUMEN</b> .....	x
<b>RÉSUMÉ</b> .....	xi
<b>LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS</b> .....	xiv
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xvi
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	20
<b>1.1. Justificativa</b> .....	22
<b>1.2. Problema</b> .....	21
<b>1.3. Questões de Pesquisa</b> .....	23
<b>1.4. Objetivo Geral</b> .....	25
<b>1.5. Objetivos Específicos</b> .....	25
<b>1.6. Estrutura da dissertação</b> .....	25
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	27
<b>2.1. Configuração Espacial</b> .....	27
<b>2.2. Densidade Urbana</b> .....	30
<b>2.3. Segregação Urbana</b> .....	37
<b>2.4. Mobilidade Urbana</b> .....	41
<b>2.5. Cidade Compacta e Mobilidade Urbana</b> .....	45
<b>2.6. Centro e Centralidade</b> .....	51
<b>2.7. Dispersão Urbana</b> .....	52
<b>3. MÉTODO DA PESQUISA</b> .....	56
<b>3.1. Metodologia: Variáveis Analíticas</b> .....	56
3.1.1. Nível de atividade urbana .....	56
3.1.2. Índice de Centralidade .....	57
3.1.3. Indicadores de qualidade de vida.....	57
<b>3.2. Metodologia: Modelo Urbano Integrado</b> .....	59
<b>3.3. Ferramentas: QGIS e Space Syntax Toolkit</b> .....	61

<b>3.4. Técnicas: Procedimentos Operacionais .....</b>	<b>61</b>
3.4.1. Espaço como conjunto de dados .....	62
3.4.2. Espacializando o conjunto de dados .....	62
3.4.3. Saída analítica .....	62
3.4.4. Testes estatísticos.....	63
3.4.5. Fontes primárias.....	64
<b>4. ANÁLISE DOS DADOS.....</b>	<b>65</b>
<b>4.1. Metropolização do Distrito Federal .....</b>	<b>65</b>
4.1.1. Caracterização do Distrito Federal .....	67
<b>4.2. Cálculo da Dispersão Urbana .....</b>	<b>72</b>
4.2.1. Resultados da Dispersão Urbana na AMB .....	73
<b>4.3. Resultados da Configuração Espacial do DF .....</b>	<b>76</b>
4.3.1. Conectividade .....	76
4.3.2. Integração Global.....	77
4.3.3. Comprimento Médio das Linhas.....	79
4.3.4. Compacidade do Sistema.....	80
4.3.5. NAIN e NACH .....	82
<b>4.4. Correlações da Mobilidade Urbana à Configuração Espacial .....</b>	<b>86</b>
<b>4.5. Resultados dos Testes Estatísticos .....</b>	<b>92</b>
4.5.1. Estatística Descritiva.....	92
4.5.2. Testes de Normalidade.....	93
4.5.3. Correlação de Pearson .....	94
4.5.4. Correlação de Spearman .....	98
4.5.5. Regressão linear.....	100
4.5.6. Teste de Friedman.....	102
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>104</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>110</b>

## LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 1 – Mapa de distribuição da população no DF (2010).....	31
Figura 2 - Vantagens e desvantagens da alta e baixa densidade urbana.....	34
Figura 3 - Mapa de distribuição de renda no DF (2010) .....	39
Figura 4 - Ilustração do cálculo do índice de dispersão .....	55
Figura 5 - Mapa situacional da RIDE Distrito Federal e entorno.....	67
Figura 6 - Localização da Rodoviária do Plano Piloto de Brasília.....	68
Figura 7 - Mapa de Integração Angular Normalizada - NAIN.....	83
Figura 8 - Mapa de Escolhas Angular Normalizadas - NACH .....	85
Figura 9 - Rotas de Ônibus do sistema de transporte público do DF .....	87
Figura 10 – Vias com maior Integração Angular Normalizada - NAIN .....	89
Figura 11 - Mapa com as Escolhas Angulares Normalizadas - NACH 20% mais altas	90
Figura 12 - Sistema cicloviário construído e em projeto para o DF.....	91
Gráfico 1 - Custo da Urbanização por habitação em relação à densidade em dólares de 1977 .....	35
Gráfico 2 - Curvas de custo de transporte público urbano em função da densidade populacional .....	46
Gráfico 3 - Áreas Urbanas de cada subdistrito do DF (2010) .....	69
Gráfico 4 - População Urbana em cada subdistrito do DF (2010) .....	70
Gráfico 5 – Densidade Urbana em cada subdistrito do DF (2010) .....	71
Gráfico 6 - Renda per capita em cada subdistrito do DF (2010).....	72
Gráfico 7 - Dispersão Urbana por município da RIDE-DF (2010).....	73
Gráfico 8 - Distribuição da Densidade Populacional da RIDE-DF, raio 180 km (2010)	74
Gráfico 9 - Distribuição da Densidade Populacional na AMB, raio 50 km (2010) .....	75
Gráfico 10 - Distância Média ao CCS para cada subdistrito do DF (2010) .....	76
Gráfico 11 - Conectividade média de cada subdistrito do DF (2015).....	77
Gráfico 12 - Integração Global (HH) média de cada subdistrito do DF (2015).....	78
Gráfico 13 - Comprimento médio das linhas/eixos de cada subdistrito do DF (2015) ..	79
Gráfico 14 - Número de linhas/eixos em cada subdistrito do DF (2015).....	80

Gráfico 15 - Compacidade A: número de linhas / km <sup>2</sup> para cada subdistrito do DF (2015) .....	81
Gráfico 16 - Compacidade B: comprimento de linhas em km / km <sup>2</sup> para cada subdistrito do DF (2015) .....	82
Gráfico 17 - Valor de NAIN para cada subdistrito do DF (2015).....	84
Gráfico 18 - Valor de NACH para cada subdistrito do DF (2015).....	86
Gráfico 19 - Áreas desprovidas de acessibilidade ao Transporte Público em cada subdistrito do DF (2015) .....	88
Gráfico 20 - População sem acessibilidade ao Transporte Público em cada subdistrito do DF (2015) .....	88

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação das 20 maiores áreas urbanas do Brasil (2015) .....	32
Tabela 2 - Relação dos 20 municípios com as maiores densidades urbanas do Brasil em 2015 .....	33
Tabela 3 - Valores de densidade urbana defendidos por cada autor .....	49
Tabela 4 - Estatísticas descritivas de cada variável analisada .....	92
Tabela 5 - Testes de Normalidade Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk de uma amostra .....	93
Tabela 6 - Resumo do Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov .....	94
Tabela 7 - Variáveis que se correlacionaram com a variável "Area_ha" pela Correlação de Pearson.....	95
Tabela 8 - Variáveis que se correlacionaram com a variável "Densidade" pela Correlação de Pearson .....	96
Tabela 9 - Variáveis que se correlacionaram com a variável "Perc_area_não_atend" pela Correlação de Pearson .....	96
Tabela 10 - Variáveis que se correlacionaram com a variável "Dist_CCS_km" pela Correlação de Pearson .....	97
Tabela 11 - Variáveis que se correlacionaram com a variável "CONN" pela Correlação de Pearson.....	98
Tabela 12 - Variáveis que se correlacionaram com a variável "Perc_pop_não_atend" pela Correlação de Spearman .....	98
Tabela 13 - Variáveis que se correlacionaram com a variável "Renda Percapita" pela Correlação de Spearman.....	99
Tabela 14 - Resumo do modelo de Regressão Linear das variáveis Distância ao CCS e Renda per capita .....	100
Tabela 15 – Resultados dos Coeficientes da Regressão Linear das variáveis Distância ao CCS e Renda per capita .....	102
Tabela 16 - Correlação entre a População Urbana com Transporte Público acessível e a Densidade Urbana.....	103
Tabela 17 - Resultado do Teste de Friedman rejeitando a hipótese nula .....	103
Tabela 18 - Estatística descritiva da variável Área Urbana, em hectares (ha), dos subdistritos do DF (2010).....	117

Tabela 19 - Estatística descritiva da variável População Urbana, dos subdistritos do DF (2010) .....	117
Tabela 20 - Estatística descritiva da variável Densidade Urbana, em habitantes por hectares (hab/ha), dos subdistritos do DF (2010) .....	118
Tabela 21 - Estatística descritiva da variável Renda per capita, em R\$/hab, dos subdistritos do DF (2010) .....	118
Tabela 22 - Estatística descritiva da variável Área Sem Transporte Público, em hectares (ha), dos subdistritos do DF (2015) .....	119
Tabela 23 - Estatística descritiva da variável Percentual de área não atendida, variação de 0 a 1, dos subdistritos do DF (2015) .....	119
Tabela 24 - Estatística descritiva da variável Área Urbana atendida pelo transporte público, em hectares (ha), dos subdistritos do DF (2015) .....	120
Tabela 25 - Estatística descritiva da variável População Urbana não atendida, dos subdistritos do DF (2010) .....	120
Tabela 26 - Estatística descritiva da variável Percentual da População não atendida, variação de 0 a 1, dos subdistritos do DF (2010) .....	121
Tabela 27 - Estatística descritiva da variável Distância ao CCS, em quilômetro (km), dos subdistritos do DF (2010) .....	121
Tabela 28 - Estatística descritiva da variável CONN - Conectividade, dos subdistritos do DF (2015) .....	122
Tabela 29 - Estatística descritiva da variável INT - Integração Global (Rn), dos subdistritos do DF (2015) .....	122
Tabela 30 - Estatística descritiva da variável LEN - Comprimento médio dos eixos, em metro (m), dos subdistritos do DF (2015) .....	123
Tabela 31 - Estatística descritiva da variável nLinhas - Número de Linhas, dos subdistritos do DF (2015) .....	123
Tabela 32 - Estatística descritiva da variável Linhas_km2 – Número de Linhas por km², dos subdistritos do DF (2015) .....	124
Tabela 33 - Estatística descritiva da variável Comp_Linhas_km2 - Comprimento médio das linhas em km por km², dos subdistritos do DF (2015) .....	124
Tabela 34 - Estatística descritiva da variável NACH - Escolha Angular Normalizada, dos subdistritos do DF (2015) .....	125
Tabela 35 - Estatística descritiva da variável NAIN - Integração Angular Normalizada, dos subdistritos do DF (2010) .....	125

## LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AMB - Área Metropolitana de Brasília

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CBD - *Central Business District*

CCS - Centro de Comércio e Serviços

CODEPLAN - Companhia de Planejamento do Distrito Federal

DF - Distrito Federal

DFTrans - Transporte Urbano do Distrito Federal

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EIXO - Eixo Rodoviário de Brasília – DF 002

EPIA - Estrada Parque Indústria e Abastecimento – DF 003

EPNB - Estrada Parque Núcleo Bandeirante – DF 075

EPTG - Estrada Parque Taguatinga – DF 085

EPCL - Estrada Parque Ceilândia – DF 095

ESRI - *Environmental Systems Research Institute*

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBM - *International Business Machines*

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano

INCT - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

ISO - *International Organization for Standardization*

MUI - Modelo Urbano Integrado

NACH - Escolha Angular Normalizada

NAIN - Integração Angular Normalizada

PDAD - Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios

PIB – Produto Interno Bruto

PNMU - Política Nacional de Mobilidade Urbana

QGIS - *Quantum Geographic Information System*

RA - Região Administrativa

RIDE - Região Integrada de Desenvolvimento

RM - Região Metropolitana

SAD - *Spatial Analysis and Design*

SATURN - *Simulation and Assignment of Traffic to Urban Road Networks*

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SPSS - *Statistical Package for the Social Sciences*

UN - *United Nation*

UnB - Universidade de Brasília

### **UNIDADES DE MEDIDA**

1 ha (hectare) = 0,01 km<sup>2</sup> (quilômetro quadrado) = 10.000 m<sup>2</sup> (metro quadrado)

1 acre = 4.046,86 m<sup>2</sup> (metro quadrado)

1 hab/ha (habitantes por hectare) = 100 hab/km<sup>2</sup> (habitantes por quilômetro quadrado)

1 km (quilômetro) = 1.000 m (metro)

## 1. INTRODUÇÃO

O fenômeno da urbanização tem se intensificado desde a década de 1960 por consequência do processo de industrialização, conforme já relatara (LEFEBVRE, 1968), impactando severamente sobre o Direito à Cidade e ao Bem-Estar Urbano. Principalmente quando se olha para as últimas cidades planejadas no Brasil, como Brasília e Palmas, projetadas por Lucio Costa e Grupo Quatro, respectivamente, com um urbanismo modernista, advindo da Carta de Atenas de Le Corbusier. Começamos então a nos perguntar se é uma falha do planejamento urbano, o fato das cidades projetadas serem tão segregadas do ponto de vista socioespacial.

Com o propósito de buscar uma solução a essa problemática, Furtado, Sakowski e Tóvolli (2015), apresentam um amplo escopo de aplicações de modelagem de sistemas complexos e discutem as vantagens de aplicar essas abordagens a um contexto de política pública, defendendo a urgência de uma proposta de definição de políticas públicas combinadas com a compreensão das cidades como sistemas complexos. Embora não totalmente consensual, no país, são propostas que trazem expressivos avanços em relação à farta literatura já existente, no entanto, carecem de indicadores específicos e objetivos para a definição de políticas públicas assertivas (SEGNSTAM, 2002).

Como um dos temas mais discutidos no país, Magalhães e Yamashita (2015), propuseram um modelo integrado para o planejamento de transportes, tendo em vista que as alterações nas condições em que as pessoas se deslocam diariamente, causam impactos significativos sobre os movimentos pendulares das pessoas e traduz as condições críticas de mobilidade urbana existentes nas grandes metrópoles. Entretanto, o planejamento de transportes parece ter uma relação mais próxima à configuração espacial e a forma urbana das cidades, especialmente quando se fala em mobilidade (BARROS, 2006, p. 33).

Neste cenário é que este trabalho se insere, com o objetivo de analisar a influência da configuração espacial no desempenho da mobilidade urbana, na tentativa de compreender como o planejamento de transportes se associa ao planejamento urbano e regional. São levadas em consideração as variáveis que envolvem as condições socioeconômicas, da organização física, espacial e de políticas públicas que impactam a população nas regiões metropolitanas, contribuindo com os estudos estatísticos que subsidiam a dissertação de comprovação científica acerca dos dados revelados.

## 1.1. Problema

Muitas vezes questionamos se uma determinada cidade possui um projeto urbanístico adequado, principalmente quando nos deparamos com os problemas relacionados à mobilidade urbana, quando ficamos horas em um congestionamento, quando enfrentamos fila para entrar no ônibus “lotado” ou quando precisamos pegar um carro para ir à padaria, simplesmente porque o comércio mais próximo fica a 2 km de distância.

Na verdade, o problema é mais denso, pois, ao identificar essas dificuldades do dia a dia, se manifesta a noção do papel essencial da configuração do espaço em nossas vidas, e o desconhecimento da importância da forma urbana dos espaços, nos faz pensar que a culpa está relacionada à concepção do projeto original, quanto na realidade, existem vários outros elementos que contribuem para esses distúrbios.

Essa adversidade encontrada nas grandes cidades brasileiras está relacionada, principalmente, à *má qualidade*<sup>1</sup> da mobilidade urbana, que impacta severamente a qualidade de vida e bem-estar das pessoas que vivem nessas regiões. Assim, este estudo se apresenta com o propósito de compreender como a configuração espacial afeta o sistema de mobilidade urbana.

Para Mônica Gondim, o uso do carro valoriza a individualidade e promove a segregação socioespacial, beneficiando o indivíduo que mais ocupa o espaço viário, provocando uma expulsão daqueles que não possuem veículo próprio, por conta da expansão da cidade, induzida por este modelo, configurando, assim, o que ela chama de: um quadro de injustiça social na apropriação da cidade (GONDIM, 2014, p. 24).

Caroline Gentil (2015, p. 155), aponta que o planejamento urbano e de transporte devem ser sincronizados, caso contrário, a mobilidade urbana estará impedida de alcançar cenários positivos, e baixos desempenhos do conjunto serão verificados. Por exemplo, a falta de conectividade da rede, acaba provocando desconforto e insegurança, o que desestimula os deslocamentos por meio dos transportes não motorizados.

Desta forma, este trabalho supõe que a qualidade da mobilidade e as condições existentes nas grandes cidades estão relacionadas à configuração urbana, ou seja, não são independentes, se trata de um sistema complexo que, de acordo com a forma urbana, a mobilidade, pode ter um melhor ou pior desempenho. Em outras palavras,

---

<sup>1</sup> Aqui, o termo “má qualidade” se referencia ao desempenho insatisfatório, deficiente, precário e falho da mobilidade urbana como um todo.

supõe-se que a configuração urbana, é o fator determinante para a utilização do automóvel, do uso da bicicleta, da promoção da caminhabilidade, ou do uso do transporte público coletivo. Assim, esta suposição deverá ser confirmada ou rejeitada por testes estatísticos que serão realizados.

O grande desafio aqui estabelecido é o de viabilizar e formalizar um método de avaliação simplificado que possa ser aplicado e disseminado nas regiões metropolitanas para progredir no desenvolvimento de novos projetos urbanísticos, utilizando critérios objetivos, de fácil compreensão e identificação das melhores alternativas de planejamento urbano, para as tomadas de decisões e alocação de recursos.

Assim, para identificar as questões que se pretende responder com este trabalho, somos direcionados à justificativa desta dissertação.

## **1.2. Justificativa**

Por se tratar de um tema que possui um caráter interdisciplinar, este trabalho se dedica ao estudo avaliativo da configuração espacial e a mobilidade urbana no contexto das regiões metropolitanas, trazendo novas visões em relação à temática, unindo a abordagem da engenharia de transportes ao urbanismo, em complemento aos estudos de Barros (2006). Observa-se que a problemática estudada se revela de forma bastante abrangente, daí a importância de identificar suas nuances e particularidades, para compreender como o conjunto se comporta como um todo.

Com o propósito de dar continuidade a estes estudos, a área do Distrito Federal, foi escolhida como estudo de caso, por ter o pior sistema de mobilidade urbana do país, segundo o relatório global sobre o uso do transporte público no Brasil (MOOVIT, 2017). Esta é uma forma de contribuição ao avanço da ciência na região centro-oeste, tratando-se de um sistema complexo que envolve a capital federal, como cidade planejada, e outras que surgiram em decorrência da expansão urbana não planejada.

Este estudo se dedica a essa temática, com um papel de grande importância para a sociedade, à medida em que essas análises possibilitam a compreensão de como a forma urbana afeta a mobilidade, assim como as condições socioeconômicas e qualidade de vida das pessoas. Além de tudo, subsidia outros estudos no campo da História, Geografia, Turismo, Segurança, Habitação, Indústria, Comércio, Transportes, entre tantos outros.

Neste contexto, o Distrito Federal, tendo sido escolhido como estudo de caso desta dissertação, se fundamenta, também, pela existência de uma dinâmica metropolitana entre Brasília e os municípios goianos próximos, onde o estabelecimento do conceito de “Espaço Metropolitano”, corrobora com a definição de “Metrópoles” na publicação das Regiões de influência das cidades – 2007 (IBGE, 2008), que são os principais centros urbanos do país, caracterizados pelos seus grandes portes e fortes relacionamentos entre si, além de possuírem extensa área de influência direta.

Para a Companhia de Planejamento do Distrito Federal - CODEPLAN, a área ampliada do DF foi definida como a Área Metropolitana de Brasília – AMB, com o propósito de traçar os caminhos para que ela seja viabilizada sob o ponto de vista geopolítico, administrativo e econômico de tal modo que possibilite o desenvolvimento do conjunto urbano com equidade social (CODEPLAN, 2014). Questiona-se então, até que ponto existe realmente essa forte influência direta da AMB no DF, e se sua configuração espacial proporciona condições favoráveis à mobilidade urbana, ao ponto de viabilizar economicamente o desenvolvimento equitativo de toda a região da AMB.

O método de análise adotado, para avaliar as relações entre a configuração espacial e a mobilidade urbana, também se justifica, por se tratar de um procedimento técnico que reúne todas as informações em um único Modelo Urbano Integrado. Nota-se a urgência da espacialização e junção de dados para o planejamento urbano. Em uma única base de dados georreferenciada em SIG, se torna possível identificar as variáveis analisadas por camada independente e assim possibilitar a realização dos testes estatísticos de correlação entre elas.

Neste sentido, este trabalho se deparou com duas principais questões de pesquisa, e que serão respondidas mais adiante.

### **1.3. Questões de Pesquisa**

Questiona-se a respeito do desenvolvimento de centros e centralidades, se estão relacionados à distribuição da população, à dispersão urbana e à segregação socioespacial, e se a segregação socioespacial está relacionada à segregação configuracional. Os resultados obtidos por Juliana Coelho (2017) apontam que a segregação socioespacial está associada à segregação configuracional, principalmente quando se trata de segregação voluntária. Então podemos entender que o desenho urbano pode promover tanto a desigualdade social quanto a igualdade. Mas desejamos entender

como a configuração espacial se correlaciona à mobilidade urbana, então surge a primeira questão de pesquisa:

**A configuração espacial contribui para uma leitura mais refinada sobre o sistema de mobilidade urbano ou são sistemas independentes que não se relacionam?** Se essa questão for confirmada, temos que o desempenho da mobilidade está relacionado à acessibilidade, e assim, podemos assumir que a configuração afeta a maneira pela qual as pessoas vivenciam a mobilidade urbana e que ela pode proporcionar uma melhor ou pior qualidade de vida. Assim, supomos que uma melhora da permeabilidade configuracional, também proporciona melhoria no sistema de mobilidade.

Em relação ao sistema de mobilidade existente, entendemos que ele promove a articulação entre as partes da cidade, interligando seus centros. Entretanto, a falta de uma leitura sistêmica configuracional da cidade, prejudica o planejamento de transportes e o planejamento urbano. Principalmente ao considerar que os vazios urbanos contribuem para a dispersão e fragmentação da cidade. Considerando que o método aqui adotado é um modelo simplificado e automatizado, desejamos saber se os resultados deste estudo se aproximam da realidade, ou seja, dos valores reais obtidos *in-loco* e dos valores obtidos pelos modelos complexos e mais precisos da Engenharia de Transportes. Daí surge a segunda questão de pesquisa:

**O método adotado neste estudo proporciona a obtenção de resultados próximos aos obtidos pelos modelos de simulação de transportes e às medições reais?**

Caso essas questões sejam confirmadas, identificamos que o modelo aqui proposto possui um grau de confiabilidade e de precisão que torna o processo de investigação mais direto e imparcial, pois identifica, de forma numérica e automática, as possíveis desigualdades socioespaciais geradas pela configuração urbana, como a distribuição espacial da população no território. A identificação dos processos de segregação socioespacial e de desigualdade de acesso aos recursos existentes na cidade, consolidam a importância deste estudo ao identificar os elementos que se correlacionam com os grandes deslocamentos pendulares e por sua vez afetam a qualidade de vida das pessoas.

Antes de buscar as respostas dessas questões, primeiramente, definimos o objetivo geral e os objetivos específicos desta pesquisa.

#### **1.4. Objetivo Geral**

Compreender as relações entre a mobilidade e o espaço urbano em relação às suas propriedades sintáticas<sup>2</sup> e configuracionais<sup>3</sup>, com o objetivo de formar a base teórica, metodológica e técnica deste estudo, possibilitando que atributos relacionados à configuração morfológica sejam matematicamente mensurados e graficamente visualizados por meio de mapas axiais e tabelas, revelando assim a lógica morfológica do tecido urbano (HILLIER; HANSON, 1984) e da mobilidade urbana da cidade.

#### **1.5. Objetivos Específicos**

Analisar os efeitos da configuração urbana sobre o desempenho da mobilidade urbana no Distrito Federal e identificar as variáveis sintáticas que se correlacionam com o sistema de transporte público do DF.

Identificar se a configuração urbana, é um fator determinante para a utilização do automóvel, da bicicleta, para a promoção da caminhabilidade, ou para o uso do transporte público coletivo.

Comprovar, estatisticamente, se o método aqui adotado, proporciona a obtenção de resultados que se aproximam ou não dos valores reais obtidos *in-loco*.

#### **1.6. Estrutura da dissertação**

Incluindo a introdução, este trabalho foi estruturado em 6 capítulos, além das referências bibliográficas e anexos. Para analisar o problema deste estudo, buscou-se dividir a discussão em partes introdutórias, de desenvolvimento e de conclusões, iniciando pela problematização e objetivos a serem atingidos, trazendo a base conceitual e metodológica e finalizando com as análises dos resultados obtidos.

O capítulo 2 apresenta um referencial teórico com os principais conceitos que fundamentam a análise da configuração espacial e da mobilidade urbana. O intuito deste capítulo é trazer as noções elementares da temática abordada, para subsidiar o

---

<sup>2</sup> As propriedades sintáticas são reveladas pelas variáveis topológicas e não geométricas do sistema viário. As estruturas básicas para a análise sintática são os espaços convexos e as linhas axiais. (HILLIER; HANSON, 1984).

<sup>3</sup> As propriedades configuracionais estão relacionadas à composição semântica de categorias variadas, sem relação hierárquica entre si, que podem incluir os indivíduos ou objetos localizados no espaço, no tempo, no modo, na razão e na quantidade, conforme definição de K. Hengeveld e J. L. Mackenzie.

entendimento sobre os quatro pilares que sustentam o método adotado nas análises realizadas: configuração espacial, densidade urbana, segregação urbana e mobilidade urbana.

Este capítulo avança na abordagem dos estudos mais recentes relacionados ao fenômeno de análise, e os correlatos que subsidiam o entendimento sobre centro, centralidade e índice de dispersão urbana. Assim, procurou-se conhecer a dinâmica metropolitana pela formação de centros e centralidades, a condição de localização das pessoas no território e identificação dos elementos que tem um papel importante na configuração do bem-estar urbano.

O capítulo 3 apresenta o método da pesquisa, que envolve: (i) aplicação das técnicas da Sintaxe Espacial para analisar a Configuração Urbana; (ii) identificação das variáveis configuracionais e não configuracionais, com a construção dos mapas, tabelas e gráficos; (iii) realização de testes estatísticos e análise dos resultados.

Por meio da análise estatística (CASELLA; BERGER, 2002), é que se correlaciona a configuração espacial das cidades com a mobilidade urbana, e identifica os distintos níveis de integração dos territórios à dinâmica do processo de metropolização, possibilitando assim, classificar e clarificar a diversidade social, econômica e funcional da área analisada.

O capítulo 4 faz a análise dos dados propriamente dita, iniciando com um breve histórico da formação do DF e apresentação dos resultados obtidos nas análises exploratórias dos dados espaciais, dos testes estatísticos aplicados e da avaliação do estudo de caso. Avalia-se a classificação e estruturação das aglomerações urbano-metropolitanas, e a integração da cidade, na escala global e local, levando-se em consideração a distribuição espacial da população, a renda, o movimento dos usuários, e o desenho urbano.

O capítulo 5 apresenta as conclusões da pesquisa, com as considerações finais e recomendações para futuras investigações. A partir da agregação matemática dos conceitos, vinculado a uma estrutura formal de cálculos estatísticos, são apresentados os resultados das avaliações gerais sobre a mobilidade urbana e a configuração espacial, tornando-se também como indicadores capazes de valorizar a agregação dos dados e suas regras de relacionamento em trabalhos futuros (MAGALHÃES, 2004).

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Entende-se como principais variáveis, aquelas que determinam a configuração urbana, capazes de impactar de forma significativa a qualidade dos deslocamentos das pessoas nos diversos modos de transporte. Para tanto, primeiramente, é necessário estabelecer os conceitos aqui utilizados para uma melhor compreensão do que está sendo tratado. Assim, como referencial teórico, explorou-se os conceitos da configuração espacial, da densidade urbana, da segregação urbana, da mobilidade urbana, de centro e centralidade, e também sobre a dispersão urbana.

### **2.1. Configuração Espacial**

A configuração espacial é estudada por meio da Teoria da Lógica Social do Espaço ou simplesmente Sintaxe Espacial, definida por Bill Hillier como uma teoria arquitetônica da cidade. A Sintaxe Espacial é um modelo teórico do espaço humano: como é estruturado, como funciona, como é entendido e como é parte do que chamamos de sociedade, comumente considerada como um conjunto de técnicas para analisar o espaço arquitetônico e urbano para prever resultados funcionais (HOLANDA, 2002a).

A Sintaxe Espacial é uma abordagem baseada na ciência, que investiga relacionamentos entre a configuração espacial e uma série de fenômenos sociais, econômicos e ambientais, com o foco nas pessoas. Esses fenômenos incluem padrões de movimento, conscientização e interação; densidade, uso do solo e valor da terra; crescimento urbano e diferenciação social; distribuição de segurança e criminalidade.

A configuração espacial, por sua vez, aqui é entendida pelos aspectos formais, geométricos e das suas relações hierárquicas, ou seja, como os espaços urbanos se articulam entre si. Esta definição é importante para compreender os fundamentos deste estudo, que faz uma leitura da cidade sob o viés topológico<sup>4</sup>, como um complexo conjunto de relações entre os elementos formais e espaciais (HOLANDA, 2012).

A forma da cidade, investigada por meio da análise sintática do espaço, é uma abordagem da configuração espacial, que foi apresentada, na década de 1970, pelo Prof Bill Hillier, Prof Julienne Hanson e colegas do The Bartlett School of Architecture,

---

<sup>4</sup> Viés topológico se refere ao relacionamento dos elementos que constituem a cidade com o modo de articulação entre eles, ou seja, se trata de uma leitura das relações urbanas de interdependência entre as partes.

University College London. Hoje, a Sintaxe Espacial é usada e desenvolvida em centenas de universidades e instituições educacionais, bem como práticas profissionais em todo o mundo. Com base na análise quantitativa e na tecnologia informática geoespacial, a Sintaxe Espacial fornece um conjunto de teorias e métodos para a análise de configurações espaciais de todos os tipos e em todas as escalas (AL\_SAYED et al., 2014).

Para avaliar os efeitos do desenho urbano, a Sintaxe Espacial de Hillier e Hanson, (1984) relaciona as propriedades sintáticas configuracionais e possibilita que atributos da configuração morfológica sejam matematicamente mensurados e graficamente visualizados por meio de mapas axiais e tabelas, revelando assim a lógica morfológica do tecido urbano e da conformação da cidade (MEDEIROS, 2013).

A palavra *morfologia*, é derivada do grego *morpho*, que significa “estudo da forma”, e do alemão *morphologie*, originado por Goethe em 1822, que acrescenta os significados dos sentidos de posição e padrão, associando-se etimologicamente à palavra *configuração*, entendida como disposição, organização, ordenação, composição, estrutura, ajuste, posição, articulação ou arranjo das coisas numa determinada ordem.

Existem três estratégias de representação no estudo dos assentamentos urbanos segundo a Teoria da Lógica Social do Espaço, cada uma relacionada a um aspecto de como os indivíduos utilizam o espaço. Quando as pessoas se movimentam ao longo das vias urbanas, a Sintaxe Espacial utiliza a estratégia da **representação linear** do sistema viário, quando agrupam-se em espaços públicos é utilizada a estratégia de representação dos **espaços convexos**, e quando dominam um campo visual a partir de um ponto específico, utiliza-se a estratégia de representação das **isovistas** (MEDEIROS, 2013, p. 149).

A pesquisa usando a abordagem da configuração espacial mostrou como os padrões de movimento são poderosamente moldados pelo desenho urbano (PEREIRA et al., 2011), como os padrões de segurança e insegurança são afetadas pela forma, e como esta relação molda a evolução dos centros e centralidades (COELHO, 2017), tornando as cidades capazes de viver. Existem ainda outros estudos (VILLAÇA, 2012), que revelam como a segregação espacial e a desigualdade social estão relacionadas nas cidades. Scoppa e Peponis defendem a tese, surgida na literatura recente, de que os usos comerciais estão sujeitos à atração exercida pela rede de vias distribuídas, e de acordo com a sintaxe da conectividade da rede de vias (SCOPPA; PEPONIS, 2015).

A abordagem da Sintaxe Espacial foi concebida para representar as relações entre espaços, seja em um projeto urbanístico ou na vida real, ou seja, pode auxiliar na

simulação dos efeitos prováveis dos projetos ou das implantações físicas da cidade na vida das pessoas que ocuparão e se movimentarão neles, sejam eles assentamentos urbanos ou edifícios. Para este trabalho, o foco é a representação da cidade como ela é, como espaço construído, e o potencial das consequências dessas relações na vida das pessoas.

Desde então, tem crescido em todo o mundo uma variedade de áreas de pesquisa e aplicações práticas, incluindo arqueologia, criminologia, tecnologia da informação, geografia urbana e humana, antropologia e ciências cognitivas. Para Medeiros (2013, p. 78), os enfoques topológicos e geométricos são a chave para entender a diversidade que caracteriza o espaço urbano construído.

Na prática, a Sintaxe Espacial fornece um conjunto de princípios de planejamento e projeto, bem como um conjunto de ferramentas para geração e avaliação de ideias. Aqui, não se pretende, analisar e discutir os projetos urbanísticos em si, e como eles foram concebidos, mas sim avaliar a forma urbana existente, e o impacto que ela reflete na sociedade. A configuração espacial da cidade, levanta questões fundamentais de pesquisa que são alimentadas de volta à prática para a universidade. O resultado é um processo de troca de conhecimento e co-criação que estimula a inovação, facilita a prática e, em última análise, beneficia os edifícios e as cidades.

Parte do modelo teórico, tal como desenvolvido até agora, é uma teoria da cidade como um sistema complexo, que reflete espacialmente os aspectos das sociedades e suas relações (HOLANDA, 2002a). As diferentes relações espaciais moldam o movimento, a distribuição do uso do solo, influencia os crimes e a segurança, afeta a pegada de carbono urbana e determina o valor da terra, refletindo no espaço a organização de toda essa dinâmica. Assim, a Sintaxe Espacial pode representar a realidade em um modelo teórico, como também, pode idealizar um modelo teórico para se tornar realidade ao identificar tais características por meio de mapas e planilhas.

Ribeiro, *et al.* (2014), identificou, por meio de análise estatística, que a configuração espacial das cidades, levam a níveis distintos de integração dos territórios devido à dinâmica do processo de metropolização, possibilitando assim, classificar e clarificar a diversidade social, econômica e funcional das unidades analisadas.

Para o entendimento das complexas relações no interior do espaço urbano, dos processos de atração e dispersão que conformam e diferenciam seu território, é necessária a investigação das relações entre suas partes, como se organizam, se estruturam, quais os princípios que regem esta organização. Por isso é necessária a

compreensão das partes isoladas, que se refaz continuamente, para entender o conjunto como um todo, em suas diversas escalas: nacional, regional e local, pois o espaço total é indivisível (SANTOS, 2014).

Outra leitura que este estudo faz, tem correspondência com a densidade urbana, de como ela se associa às relações espaciais. Vamos ver no item 2.2, se a densidade urbana influencia na oferta de transporte público coletivo e na disponibilidade dos demais serviços de infraestrutura urbana, pois à medida em que uma região possui maior concentração de pessoas, maior é a tendência de receber ofertas de serviços e incentivos ao desenvolvimento.

## 2.2. Densidade Urbana

A distribuição espacial da população é medida pela densidade habitacional urbana, ou simplesmente, densidade urbana, que é obtida pelo número de habitantes pela área urbana construída, que inclui os lotes, vias, calçadas, e exclui as áreas rurais, lagos, além de grandes áreas de proteção ambiental e parques de maior porte<sup>5</sup>. A densidade urbana é um dos mais importantes indicadores e parâmetros de desenho urbano a ser utilizado no processo de planejamento e gestão dos assentamentos humanos (ACIOLY; DAVIDSON, 1998, p. 16). Para Lars Marcus<sup>6</sup>, a densidade é a variável dominante na análise geográfica do espaço urbano, ela é fundamental para o desenvolvimento do conhecimento sobre o espaço urbano e na prática do planejamento urbano (MARCUS, 2010, p. 31).

Lars Marcus (2010), utiliza a Sintaxe Espacial como teoria mais abrangente, e propõe que as variáveis: densidade, diversidade e acessibilidade, possam ser combinadas para medir a morfologia urbana. Considerando que a acessibilidade é medida pela Sintaxe Espacial, por meio da variável *Integração*, que varia de acordo com as mudanças na configuração da forma urbana, a densidade e a diversidade passam a ser componentes essenciais para compreender as relações do espaço e a configuração urbana.

---

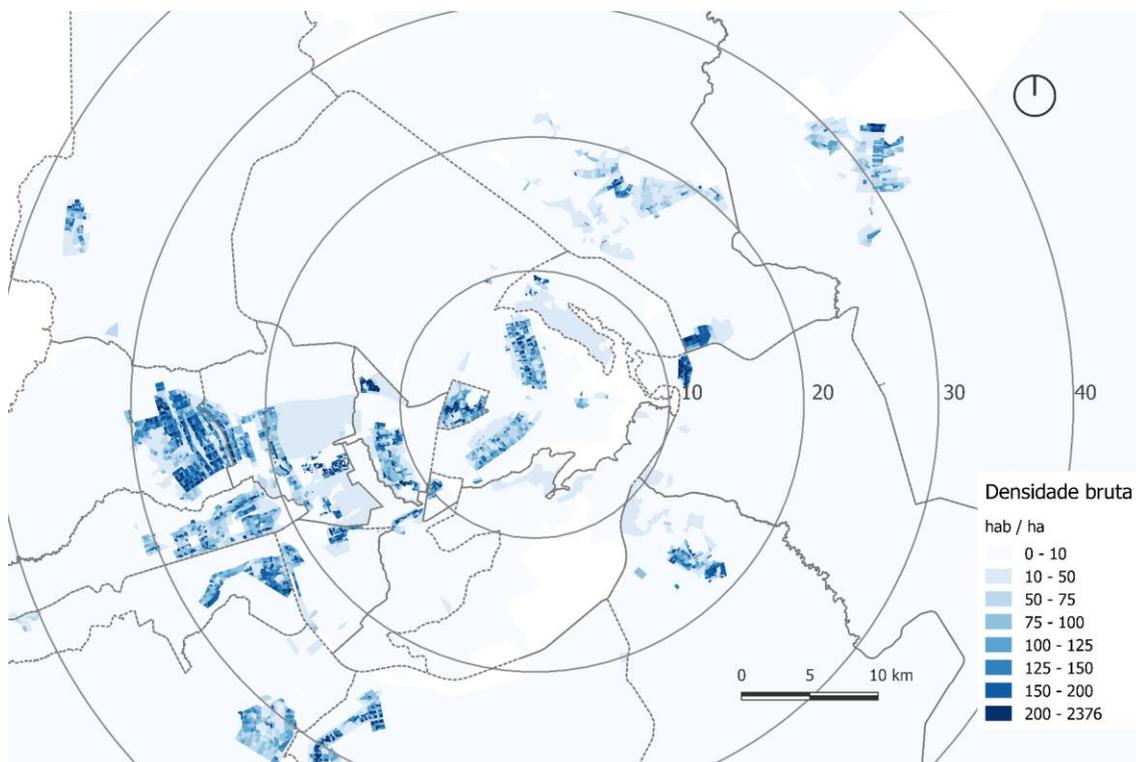
<sup>5</sup> Essa definição é uma generalização da teoria de Acioly e Davidson (1998, p. 5), que contabiliza a densidade bruta como a área a ser parcelada e ocupada (vias, equipamentos, habitações), exceto as áreas de preservação, e densidade líquida como área de potencial construtivo para a habitação e usos mistos, exceto vias e calçadas.

<sup>6</sup> Lars Marcus é professor em projeto urbano na *KTH School of Architecture* - Estocolmo, Suécia, onde, desde 2001, preside o grupo de pesquisa *Spatial Analysis and Design* (SAD) na área de Morfologia Espacial. SAD é dedicado ao estudo de como a forma espacial, gerada pelo projeto arquitetônico e urbano, suporta, estrutura e estabelece limites ao uso do espaço das pessoas como um aspecto do cotidiano, além de condicionar processos sociais, econômicos e ecológicos críticos.

Merlin e Choay (2015), sob o prisma da história, discutem as definições do urbanismo e do planejamento urbano, o que possibilita uma melhor apreensão das diferentes correntes teóricas ou políticas sob o tema, e afirmam que a densidade é mais elevada em cidades latinas e orientais que as cidades anglo-saxônicas. Estudos de densidade (a partir do CCS), em dezenas de cidades no mundo (BERTAUD; MALPEZZI, 2014, p. 15), comprovam as afirmações, de que, em geral, as cidades possuem uma maior concentração de pessoas no centro e diminui gradualmente à medida que se aproxima da periferia.

Em termos globais a análise da densidade urbana depende da aplicação metodológica precisa e delimitada sobre uma superfície urbana, para que o cálculo não seja equivocado, reforçando a necessidade de definição dos conceitos, para a delimitação do objeto mensurado. A Figura 1 mostra a distribuição espacial da população no Distrito Federal, com base nos dados da densidade bruta<sup>7</sup>, calculada pelo número total de habitantes, dividido pela área, em hectares, de cada setor censitário do Censo demográfico de 2010 (IBGE, 2011).

Figura 1 – Mapa de distribuição da população no DF (2010)



Fonte: Elaborado pelo autor. Dados do Censo 2010 (IBGE, 2011).

<sup>7</sup> A densidade bruta expressa o número total de habitantes dividida pela área total da cidade em hectares. Neste cálculo são considerados todos os espaços vazios como logradouros, comércios, indústrias, vias e parques da cidade.

Estes estudos de densidade urbana são importantes para definir a localização espacial da população e identificar os maiores problemas existentes em cada região, bem como, a perspectiva de crescimento ao longo de vetores de expansão, para que se façam as intervenções necessárias para proporcionar melhores condições de vida a todos os habitantes. Podemos observar que Brasília possui uma baixíssima densidade urbana, com base nas áreas urbanas dos setores censitários de 2010 (IBGE, 2011), a densidade urbana média é de apenas 20,71 hab/ha, com fragmentos urbanos em toda a extensão do território.

O estudo da densidade urbana é uma ferramenta do planejamento urbano e regional que possibilita essa visualização espacial da ocupação territorial que se traduz em dispersão ou compactação urbana, evidenciando os eixos de crescimento para a mobilidade urbana e distribuição da população no espaço. Recentemente, a Embrapa publicou um estudo das densidades urbanas de todas as cidades brasileiras, onde foi quantificada a área urbana de cada município, revelando que mais de 80% da população brasileira habita em apenas 0,63% do território nacional (FARIAS et al., 2017).

*Tabela 1 - Relação das 20 maiores áreas urbanas do Brasil (2015)*

Município	UF	Área Urbana (ha)	Densidade Urbana (hab/ha)	Município	UF	Área Urbana (ha)	Densidade Urbana (hab/ha)
1) São Paulo	SP	94.961,10	117,44	11) Fortaleza	CE	28.506,00	86,02
2) Rio de Janeiro	RJ	92.531,30	68,31	12) São Luís	MA	28.334,40	33,83
3) Brasília	DF	88.881,60	27,93	13) Salvador	BA	25.956,20	103,06
4) Manaus	AM	42.708,50	41,98	14) São José dos Campos	SP	25.825,50	23,90
5) Goiânia	GO	42.151,70	30,77	15) Cuiabá	MT	24.412,70	22,15
6) Curitiba	PR	41.200,40	42,52	16) Ribeirão Preto	SP	22.635,50	26,64
7) Campinas	SP	35.575,70	29,84	17) Campos dos Goytacazes	RJ	22.246,80	18,82
8) Campo Grande	MS	33.247,80	23,35	18) Teresina	PI	21.989,00	34,91
9) Belo Horizonte	MG	31.428,00	75,57	19) Camaçari	BA	20.656,70	11,23
10) Porto Alegre	RS	30.636,00	46,00	20) Sorocaba	SP	20.559,30	28,24

*Fonte: Elaborado pelo autor. Base de dados disponibilizada pela Embrapa (FARIAS et al., 2017).*

Este estudo da Embrapa é extremamente relevante, pois apresenta o cenário real da ocupação do território brasileiro, corrigindo algumas inconsistências de acurácia na delimitação do polígono de representação da área urbana do IBGE, pois foram confrontados os setores urbanos com as imagens de satélite, permitindo validar a consistência dos dados. Na Tabela 1 vemos que Brasília é a terceira cidade com maior área urbana no Brasil, e devido à correção do perímetro urbano, pelas imagens de satélite,

a densidade urbana aumentou para 27,93 hab/ha, fato que confirma a preocupante situação configuracional do DF, e de todo o Brasil, onde apenas duas das vinte maiores cidades em extensão, possuem uma densidade urbana um pouco acima de 100 hab/ha, que é o caso de São Paulo e Salvador.

*Tabela 2 - Relação dos 20 municípios com as maiores densidades urbanas do Brasil em 2015*

Município	UF	Área Urbana (ha)	Densidade Urbana (hab/ha)	Município	UF	Área Urbana (ha)	Densidade Urbana (hab/ha)
1) Nilópolis	RJ	960,40	163,92	11) Jaqueira	PE	64,20	110,31
2) Diadema	SP	2.782,70	138,75	12) Floresta Azul	BA	67,40	108,95
3) São João de Meriti	RJ	3.519,40	130,33	13) Recife	PE	14.234,80	108,02
4) Colônia Leopoldina	AL	120,00	127,66	14) Carapicuíba	SP	3.446,80	107,23
5) Taboão da Serra	SP	1.931,20	126,62	15) Osasco	SP	6.292,60	105,96
6) Dário Meira	BA	40,70	125,06	16) Roteiro	AL	56,00	104,11
7) Branquinha	AL	56,20	118,74	17) Barra de Guabiraba	PE	109,90	103,64
8) São Paulo	SP	94.961,10	117,44	18) Salvador	BA	25.956,20	103,06
9) Mesquita	RJ	1.438,70	117,03	19) São Miguel de Taípu	PB	28,90	103,01
10) Flexeiras	AL	69,40	115,52	20) São Vicente	SP	3.231,60	102,68

*Fonte: Elaborado pelo autor. Base de dados disponibilizada pela Embrapa (FARIAS et al., 2017).*

A Tabela 2 mostra um dado até mais preocupante, em relação ao cenário nacional, pois nenhum município brasileiro possui densidade urbana acima de 170 hab/ha, e olhando a base de dados completa, observamos que apenas 21 dos 5.565 municípios existentes no Brasil, à época do Censo de 2010 (IBGE, 2011), possuem densidade urbana acima de 100 hab/ha.

A Figura 2 apresentada por Cláudio Acioly e Forbes Davidson (1998), mostra as vantagens e os problemas advindos da alta densidade e também da baixa densidade, embora não seja, aqui, caracterizado qual o parâmetro para a alta e para a baixa densidade, as quais veremos mais adiante por meio das recomendações contidas na Tabela 3 - Valores de densidade urbana defendidos por cada autor.

Figura 2 - Vantagens e desvantagens da alta e baixa densidade urbana



Fonte: (ACIOLY; DAVIDSON, 1998).

Pablo Hereñu (2016), estudou com profundidade os efeitos dos sistemas infraestruturais relacionados à mobilidade como papel determinante na configuração das formas físicas das cidades. Para Hereñu, o espraiamento suburbano, conhecido como *sprawl*<sup>8</sup>, não é mais a aspiração do *American way of life* (estilo de vida americano), esse modelo de urbanização é cada dia mais criticado pelas suas deficiências, promovendo o surgimento de novos movimentos como o *New-Urbanism*<sup>9</sup> e o nicho de mercado chamado *Sprawl Repair*<sup>10</sup>.

Esse movimento do *New-Urbanism* defende a restauração das cidades e dos centros urbanos, a reconfiguração da periferia em comunidades de vizinhanças e bairros distintos, a conservação do meio ambiente natural e a preservação do patrimônio cultural. Não se trata da sustentação de uma densidade urbana ideal, mas de princípios que abrigam a diversificação do uso do solo e da população dos bairros; a concepção das cidades voltadas tanto para o trânsito de pedestres quanto para o de veículos; a configuração dos

<sup>8</sup> O termo *Sprawl* se refere aos assentamentos suburbanos de baixa densidade, monofuncionais e dependentes do automóvel.

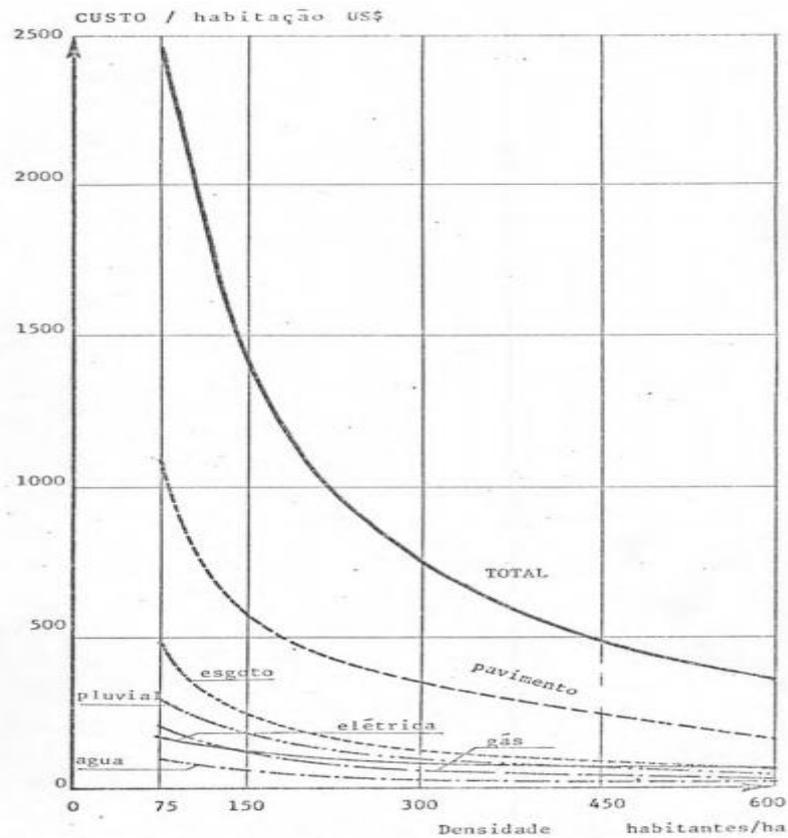
<sup>9</sup> O *New Urbanism* é um movimento iniciado em meados da década de 1980 que se opõe ao modelo urbano do *sprawl* e propõe a recuperação de características das cidades tradicionais e das propostas urbanas anteriores à automobilização. Na década de 1990 foi fundado o *Congress for the New Urbanism*, organização que constitui hoje seu canal de representação mais ativo. Fonte: <http://www.cnu.org>

<sup>10</sup> O termo *Sprawl Repair* surgiu como uma oportunidade de negócios para a prestação de serviços de renovação urbana relacionados ao espraiamento suburbano. Fonte: (TACHIEVA, 2010)

espaços públicos universalmente acessíveis nas cidades, bairros, e edifícios públicos; a concepção da arquitetura e da paisagem que forma os lugares urbanos que consagram a história, o clima, a ecologia e as práticas construtivas locais.

A densidade urbana reflete diretamente nos custos da implementação da infraestrutura, e o Gráfico 1, desenvolvido por Mascaró (1979), revela essa variação do custo da urbanização em função da densidade.

Gráfico 1 - Custo da Urbanização por habitação em relação à densidade em dólares de 1977



Fonte: Extraído da Tese de Livre docência (MASCARÓ, 1979)

Mascaró, em sua tese de livre docência, observou que a forma da cidade e da bacia tem influências muito pequenas no custo do conjunto das redes de infraestrutura, e que somente duas variáveis importantes são realmente determinantes no custo das redes por habitação servida: o tipo de traçado viário (xadrez ou quarteirão) e a densidade habitacional (MASCARÓ, 1979, p. 220).

Mais adiante, no livro “Desenho urbano e custos de urbanização”, Mascaró defendeu que a densidade demográfica deve ser próxima de 600 hab/ha para sustentar os sistemas de infraestrutura (MASCARÓ; YOSHINAGA, 2005, p. 158). Apesar disso, mostra que algumas localidades de Madrid e Buenos Aires, com densidades demográficas

próximas a 3.000 hab/ha, possuem uma intensa vida urbana, segurança nas ruas, mistura de classes e qualidade de vida.

Para Geovany Silva, *et al.* (2016), pesquisas nesse campo de compreensão da urbe contemporânea a partir de sua forma urbana construída, associando aspectos multivariados, poderão nortear novas formas de planejamento e gestão urbana aplicada à sustentabilidade. Estes estudos técnico-científicos de planejamento urbano e regional integrado, que agreguem análises quantitativas aos critérios qualitativos sobre os processos de uso e ocupação do solo, em distintas escalas (multi-escalas), permitem estabelecer padrões de ocupação coerentes com as condicionantes e determinantes de cada localidade urbana, capazes de responder, por meio da performance espacial, às demandas de uso atuais e futuras.

Em uma análise de sustentabilidade habitacional, Geovany Silva fez um comparativo de custos da infraestrutura por hectare de habitação em relação à densidade urbana bruta. Como resultado, ele verificou que a densidade urbana e a forma edificada são critérios preponderantes na definição de custos de urbanização, identificando que a variação de desenho e forma para projetos urbanos de mesma densidade proporcionam custos bastante aproximados, ao passo que densidades díspares proporcionam maior discrepância no custo de urbanização.

Em termos numéricos, o custo de urbanização para uma densidade de 75 hab/ha é de US\$250.000 = US\$ 3.333 per capita, para a densidade de 260 hab/ha é de US\$270.000 = US\$1.038 per capita, e para a densidade de 600 hab/ha é de US\$320.000 = US\$533 per capita (SILVA; SILVA; NOME, 2016). Os resultados aqui alcançados apresentam um desempenho ligeiramente superior (custo per capita proporcionalmente menor) aos obtidos por Mascaró (1979), entretanto, obteve a mesma conclusão de que o custo dos serviços por hectare tem uma variação relativamente pequena com a quantidade de habitantes nele existente, mas à medida em que se aumenta a densidade, o custo por habitante diminui consideravelmente, como pode ser observado no Gráfico 1 - Custo da Urbanização por habitação em relação à densidade em dólares de 1977.

O Diretor da Agência de Ecologia Urbana de Barcelona, Salvador Rueda, defende o modelo de cidade compacta, por ser o que melhor se acomoda aos propósitos mencionados na sustentabilidade urbana, como demonstrado pela cidade mediterrânea compacta e densa, com continuidade formal, multifuncional, heterogênea e diversa em toda a sua extensão. Para Rueda, os quatro pilares da compactidade, complexidade, eficiência e estabilidade social é que proporcionam a mistura de usos do solo e a redução

do uso do automóvel, gerando maior equilíbrio de usos dos espaços públicos e potencializando a vida comunitária. É categórico ao dizer que a base para se obter uma vida social coesa e uma plataforma econômica competitiva, ao mesmo tempo em que se poupa a devastação do meio ambiente, é evitando o espraiamento da cidade, reduzindo o consumo de solo, de energia e de recursos materiais (RUEDA, 1999, p. 17).

Para Rueda, o modelo de cidade sustentável se ajusta ao planejamento da cidade compacta, complexa, eficiente e coesa socialmente, cumprindo ao mesmo tempo, os princípios da eficiência e habitabilidade urbana. E resume em sete grupos os indicadores que definem o urbanismo sustentável: 1- Ocupação do solo; 2- Espaço público; 3- Mobilidade; 4- Diversidade de usos e funções urbanas; 5- Biodiversidade; 6- Metabolismo; e 7- Coesão social. Estes grupos podem ainda ser agrupados em apenas quatro eixos, para que a sobrevivência da cidade seja possível, que são os definidores do modelo urbano sustentável (RUEDA, 1999, p. 35): o eixo que reúne os itens 1, 2 e 3, pode ser traduzido por **compacidade**, os itens 4 e 5 como **complexidade**, o item 6 como **eficiência urbana** e o item 7 com o mesmo termo, **coesão social**.

Considerando que a densidade pode ser interpretada como a intensidade de uso dos espaços pelas pessoas, e que os aspectos da implantação de densidades demográficas no espaço e a localização de empregos, juntos, tem importantes implicações sobre o bem-estar dos habitantes (HOLANDA et al., 2015), é necessário compreender os efeitos da segregação urbana para a simulação de cenários, avaliação de custos, monitoramento, controle e resposta às dinâmicas pós-ocupacionais, no processo de formulação de legislações urbanísticas e planejamento urbano.

No item 2.3, será abordada a questão da segregação urbana, como ela se correlaciona com as relações espaciais e com a mobilidade urbana. Bill Hillier (2007), fala da segregação enquanto pêndulo, que explica essa dinâmica urbana. Por sua vez, Vânia Loureiro (2017), faz uma abordagem da segregação socioespacial na leitura da lógica social do espaço, permitindo a comparação de diferentes formas espaciais e suas relações recorrentes, reforçando, como a configuração espacial está diretamente ligada à leitura das relações interpartes.

### **2.3. Segregação Urbana**

Os estudos tradicionais da segregação vieram da sociologia urbana americana, entre as décadas de 1950 e 1970, que relacionavam a segregação social com

os demais aspectos econômicos, políticos e ideológicos. Mais recentemente, alguns estudos produzidos no Brasil, relacionaram a segregação com o restante da estrutura urbana (VILLAÇA, 2012).

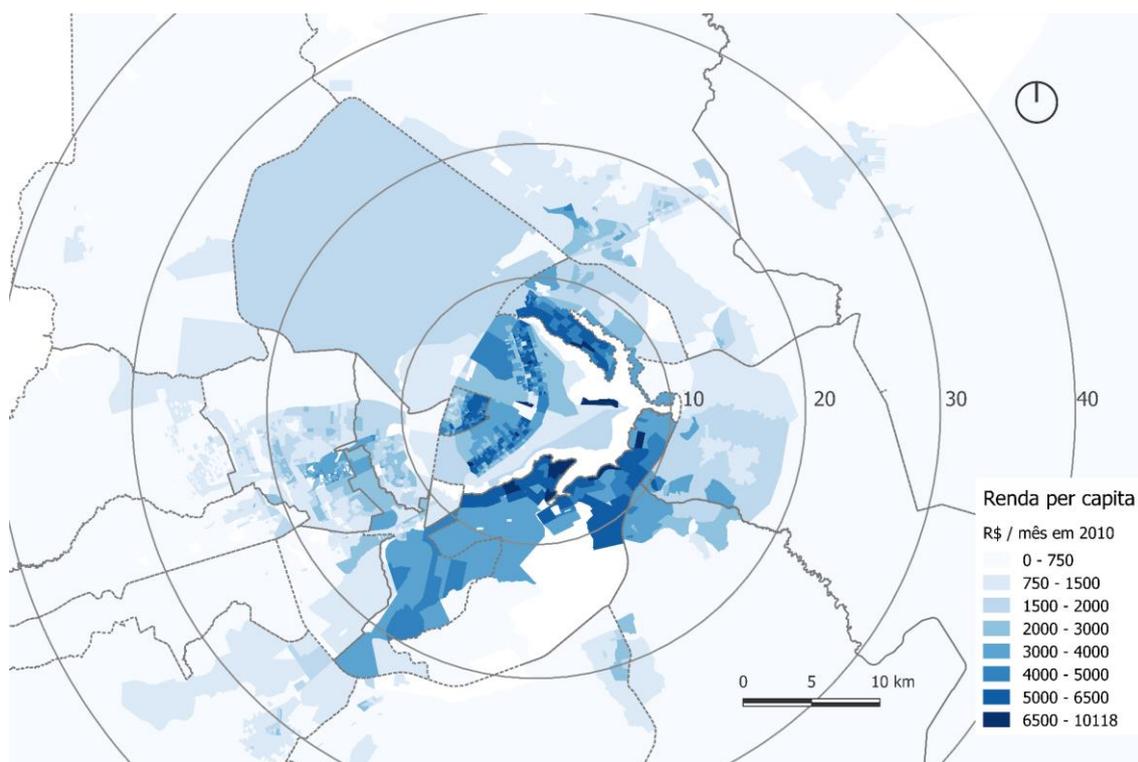
A segregação urbana tradicional faz uma abordagem sob a óptica do centro versus periferia urbana de forma descritiva, denunciando as injustiças sociais. Essa abordagem traz a ideia de que a segregação ocorre em círculos concêntricos, com os mais ricos no centro e os mais pobres na periferia. Para Villaça (VILLAÇA, 2012, p. 12), essa é uma falsa visão decorrente da teoria dos círculos concêntricos da Escola de Chicago, do início do século XX, limitada fundamentalmente a uma descrição, não conseguindo explicar a segregação nem articulá-la ao restante da estrutura urbana e à totalidade social.

Uma das formas mais destacadas no estudo da segregação moderna é a sua manifestação sob a forma dos condomínios fechados (FREITAS, 2013). O estudo de Giuliana Freitas mostra como ocorreu a ocupação segregada no Distrito Federal, num contexto histórico, articulando o surgimento dos condomínios no preenchimento dos vazios e revelando que não houve melhoras significativas ao adensamento da malha urbana, por não se articular ao restante da estrutura urbana, perpetuando assim a segregação no território.

A organização do território do Distrito Federal seguiu o mesmo padrão desde a sua inauguração, com um traçado modernista, possui todas as características favoráveis à segregação socioespacial, e por isso, o livro “Brasília: Transformações na ordem urbana”, aponta que um dos fatores que contribuiu para esse processo de segregação e, conseqüentemente, periferação, foi o tombamento do Plano Piloto, que impediu o adensamento do centro da cidade. E ressalta: pela sua configuração e estrutura metropolitana, Brasília já nasce excludente (RIBEIRO; TENORIO; HOLANDA, 2015, p. 104).

A segregação urbana é, portanto, um problema que tem se agravado com a expansão desordenada e espraiamento da cidade. Ela tem tido um desempenho inferior a décadas, e o colapso torna-se evidente, sendo agravado pela crise econômica, sua abundância amplia os problemas do seu fracasso. A segregação urbana e os bairros afastados não são sinônimos. Há muitos bairros afastados do centro que funcionam bem, por estarem conectados à malha urbana, por serem compactos, transitáveis e possuírem usos mistos. A segregação é, por outro lado, caracterizada pela dependência do centro e separação de usos. É tipicamente encontrada em áreas periféricas, e acaba afetando a cidade como um todo.

Figura 3 - Mapa de distribuição de renda no DF (2010)



Fonte: Elaborado pelo autor. Dados do Censo 2010 (IBGE, 2011).

A Figura 3 mostra como a distribuição das classes mais ricas estão alocadas em regiões específicas do espaço urbano do DF, corroborando com o estudo de Flávio Villaça (2012), onde foi observado que a concentração de camadas de mais alta renda, está no quadrante sudoeste de São Paulo.

Villaça mostra como se dá a relação entre a segregação e a totalidade das estruturas social e urbana da cidade de São Paulo, negando a forma clássica de segregação que se apresentaria sob a forma de círculos concêntricos, com os mais ricos no centro e os mais pobres na periferia, abordando a segregação, não mais por bairro, mas por região geral da cidade. Essa abordagem traz um enorme potencial explicativo, pois relaciona as diversas variáveis urbanas que afetam a segregação socioespacial da cidade.

Essa explicação se dá pela existência de concentração de diversos tipos de benefícios concedidos em uma região específica da cidade. No caso de São Paulo, o seu quadrante sudoeste possui alta renda, alto Índice de Desenvolvimento Humano – IDH, menores taxas de homicídios, menor vulnerabilidade social, entre outros. Villaça aponta que até mesmo o clima nessa região é mais ameno do que o restante da cidade, por causa de uma maior arborização e quantidade de parques. Ele defende que esse padrão acontece

em todas as metrópoles brasileiras e em cidades “acima da média” (VILLAÇA, 2012, p. 62).

Devido à prioridade concedida ao desenvolvimento urbano em áreas distantes do núcleo metropolitano, constante nas propostas governamentais do Plano Diretor da Organização Territorial do Distrito Federal e do Plano de Preservação de Brasília como Patrimônio Cultural Mundial, ignorando possibilidades de criação de novos bairros dentro do perímetro da área classificada e seus arredores imediatos, a tendência é de agravamento dos problemas de segregação urbana (HOLANDA et al., 2015).

Os problemas da expansão desordenada não se limitam à economia. O espraiamento é fundamental para o uso ineficiente de terra, da energia e da água, além de contribuir para degradação do meio ambiente, do aumento da poluição do ar e da água, das emissões de gases de efeito estufa e da perda de habitats naturais. Mas precisamos abrigar mais de 20 milhões de pessoas no Brasil até 2050.

De acordo com os estudos: *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*<sup>11</sup>, a população do Brasil somente alcançará certa estabilidade por volta de 2040, onde terá 229,4 milhões de pessoas, e em 2050 terá 231,1 milhões, em que 91% desses habitantes estariam vivendo em áreas urbanas.

Sabe-se, portanto, que haverá crescimento urbano nos próximos anos e que as cidades precisam se preparar para essa ocupação em seus territórios, desde uma maior demanda por habitação, a uma maior necessidade de atendimento básico em saúde, educação e até aumento dos deslocamentos intraurbanos. Conseqüentemente haverá aumento do número de veículos em circulação, daí a importância de compreender as implicações da segregação urbana na evolução das cidades.

Os assentamentos resultantes da segregação urbana, são resultantes da expulsão, em massa, de pessoas dos centros das cidades, levando a ocupações espaciais denominadas de favelas (LOUREIRO, 2017). Vânia Loureiro faz uma análise da favela enquanto fenômeno urbano contemporâneo, a partir da leitura configuracional de seu sistema espacial, e observa que, as favelas surgem de um processo espontâneo de segregação socioespacial, a partir da expulsão das camadas da sociedade atreladas à pobreza urbana.

---

<sup>11</sup> Uma publicação do Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas, que todos os anos, revisam estimativas e projeções das populações urbanas e rurais de todos os países do mundo e de suas principais aglomerações urbanas. As perspectivas de urbanização mundial são amplamente utilizadas em todas as Nações Unidas e por muitas organizações internacionais, centros de pesquisa, pesquisadores acadêmicos e mídia (UN, 2015).

Essa segregação urbana, traz ainda, um agravo à mobilidade urbana, devido às distâncias elevadas, ela separa a população socialmente, forçando-a a maiores deslocamentos, exercendo pressão ao espraiamento da cidade. Este formato, provoca a degradação dos recursos naturais, aumento no consumo de energia, gera prejuízos econômicos e ambientais, e proporciona uma configuração de cidade dispersa, fruto de um espaço fragmentado, o que onera os grupos sociais menos favorecidos, que tendem a se instalar nas áreas periféricas (GENTIL, 2015, p. 18).

## **2.4. Mobilidade Urbana**

O conceito de mobilidade urbana está associado ao desejo de acessar determinado destino e à capacidade do indivíduo em se deslocar. A Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012, que instituiu a Política Nacional de Mobilidade Urbana - PNMU, define a mobilidade urbana como sendo a condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano. Esta lei federal tem por objetivo contribuir para o acesso universal à cidade, o fomento e a concretização das condições que contribuam para a efetivação dos princípios, objetivos e diretrizes da política de desenvolvimento urbano, por meio do planejamento e da gestão democrática do Sistema Nacional de Mobilidade Urbana<sup>12</sup>.

Aqui não se pretende explorar o movimento veicular como objeto de estudo da Engenharia de Transportes, mas sim para entender as possibilidades de movimento das pessoas no espaço urbano, nos diversos modos de transporte, em função da configuração espacial estabelecida. Pretende-se, compreender as relações de acessibilidade do transporte público coletivo com a mobilidade a pé, e a equidade no acesso dos cidadãos, a partir das rotas de ônibus e da posição georreferenciada dos pontos de paradas existentes. Além disso, aqui se busca a identificação das vias mais ou menos integradas e conectadas que propiciam eficiência, eficácia e efetividade na circulação das pessoas no meio urbano.

Desta forma, o conceito de mobilidade urbana aqui tratado, está pautado nos fundamentos contidos no Art. 5º da PNMU, que se relacionam com a morfologia urbana e seus aspectos topológicos, na oferta de acessibilidade universal; no desenvolvimento sustentável das cidades, nas dimensões socioeconômicas e ambientais; na equidade no

---

<sup>12</sup> Art. 2º da Lei nº 12.587 (BRASIL, 2012).

acesso dos cidadãos ao transporte público coletivo; na justa distribuição dos benefícios e ônus decorrentes do uso dos diferentes modos e serviços; na equidade no uso do espaço público de circulação, vias e logradouros; e na eficiência, eficácia e efetividade da circulação urbana.

Para isso a lei da mobilidade urbana, em seu Art. 6º, destaca como diretrizes principais, a integração com a política de desenvolvimento urbano e respectivas políticas setoriais de habitação, saneamento básico, planejamento e gestão do uso do solo; a prioridade dos modos de transportes não motorizados sobre os motorizados e dos serviços de transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado; a integração entre os modos e serviços de transporte urbano; a mitigação dos custos ambientais, sociais e econômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas na cidade; o incentivo ao desenvolvimento científico-tecnológico e ao uso de energias renováveis e menos poluentes; e a priorização de projetos de transporte público coletivo estruturadores do território e indutores do desenvolvimento urbano integrado.

Assim, podemos entender que a configuração espacial pode contribuir para a obtenção de uma melhor função social, mas também pode fazer com que essa relação seja ruim, se o projeto urbanístico for mal concebido. Neste sentido, se utiliza a Sintaxe Espacial como conjunto de métodos de pesquisa para representar e quantificar essas propriedades estruturais do espaço. E ela também pode ser usada para investigar a relação entre o projeto e a função social.

Para Jones (2017), um dos principais impulsionadores do movimento de pedestres em torno das cidades é a estrutura e a conectividade das ruas. Estes são os espaços que as pessoas ocupam e se deslocam, e onde entramos em contato um com o outro. Essa forma de contato é essencial para a interação social e para as transações econômicas. A configuração do espaço, resultado do projeto urbanístico e arquitetônico, é, portanto, muito importante para o modo como as pessoas, as empresas e as comunidades se relacionam.

A Sintaxe Espacial permite realizar a modelagem do sistema viário no contexto deste conjunto de ferramentas, e é usada para analisar as conexões de ruas e prováveis padrões de movimentos de veículos e de pedestres (BARROS, 2014). Desta forma, também pode ser usada para prever o impacto, sobre os fluxos, das mudanças em um projeto. Assim, a avaliação da Sintaxe Espacial, leva a uma nova compreensão da relação fundamental entre o projeto urbanístico, a infraestrutura, a capacidade de mobilidade urbana, de uso do espaço público e dos resultados sociais de longo prazo.

Já os modelos convencionais da Engenharia de Transportes, consideram, principalmente, os aspectos geométricos de um sistema, e desconsideram os aspectos topológicos, consagrados pelos modelos configuracionais (BARROS, 2006, p. 79). Para Ana Paula Barros, o alto custo da realização de pesquisa origem-destino é um fator crucial para deixar de utilizar este modelo, ao passo que a Sintaxe Espacial, não precisa desses dados para suas análises, pela qual permite obter informações muito relevantes, simplesmente com um mapa digital. Frederico de Holanda, também apontou como a teoria da Sintaxe Espacial tem um papel revelador das relações socioeconômicas na investigação das origens e destino, simplesmente pelo movimento dos indivíduos no território (HOLANDA, 2002a).

Ana Paula Barros (2006), realizou uma análise comparativa dos resultados obtidos pelo modelo de transporte, gerado pelo software SATURN<sup>13</sup>, com o modelo da Sintaxe Espacial, observando uma boa associação entre os valores reais e os obtidos na análise de segmentos. Ela aponta que a grande vantagem de utilizar o modelo da Sintaxe Espacial, é que ele pode ser gerado rapidamente, sem a necessidade de uma exaustiva inserção de valores, calibração de dados e conferência dos resultados, como usualmente ocorre com os modelos de transporte.

Em resumo, o SATURN, opera com a simulação dos fluxos de tráfego, a partir das medições reais em cada via, e portanto, são mais complexos e precisos, tendo assim, suas vantagens e desvantagens, de acordo com o que se pretende estudar. Já a Sintaxe Espacial, explora o potencial de geração de fluxos e movimentos no espaço urbano, com base nos aspectos topológicos, que são obtidos pelos desenhos das vias da cidade. Assim, com a base cartográfica da cidade, o pesquisador não tem a necessidade de ir a campo, para fazer levantamentos e medições de fluxo de tráfego, para entender como ela se articula.

Outro software, de uso mais recente na modelagem no transporte, é o *UrbanSim*, desenvolvido por Paul Waddell, da Universidade da Califórnia, em Berkeley, que faz a simulação da dinâmica da cidade, considerando a densidade, o uso do solo, juntamente com a dinâmica dos usuários. De modo geral, como a maioria das outras experiências de modelagem, a modelagem do transporte pode ajudar os formuladores de

---

<sup>13</sup> SATURN – *Simulation and Assignment of Traffic to Urban Road Networks* – é um software de simulação utilizado na Engenharia de Transportes para análise do movimento dos veículos nas vias urbanas, modelando a capacidade de fluxo de tráfego, e identificando os efeitos do congestionamento. Foi desenvolvido pelo *Institute for Transport Studies*, da *University of Leeds*.

políticas públicas a visualizar cenários nos quais os parâmetros são ajustáveis e suas consequências são medidas (FURTADO; SAKOWSKI; TÓVOLI, 2015). Entretanto, repete-se a problemática de outros softwares de modelagem de transportes, são complexos e precisos, dificultando a aplicação automática e simplificada.

Os métodos da Sintaxe Espacial podem ser usados para analisar a estrutura do sistema viário, mostrando quais vias e caminhos são mais importantes, tanto para a mobilidade urbana quanto para as atividades de comércio e interações sociais. Este método de análise espacial considera a geometria e a conectividade viária como variáveis independentes na avaliação do transporte de pedestres e de veículos. E observa apenas a configuração do sistema viário, para a obtenção de resultados muito significativos. Já outros fatores, que possam encorajar ou desencorajar o deslocamento a pé ou motorizado, não são examinados, o que simplifica o processo.

A teoria da Sintaxe Espacial sugere que o movimento das pessoas pelas ruas urbanas, está pautado pelo relacionamento das ruas entre si, como um sistema complexo de interação entre as pessoas e o espaço. Outras avaliações do sistema viário utilizam como parâmetro a distância ao longo das possíveis rotas, a proximidade de destinos ou o número de junções em uma área especificada, entre outras medidas. A Sintaxe Espacial considera o sistema viário local dentro do contexto espacial global, ou seja, os movimentos e a rede de vias dentro de uma área, são afetados pela forma como essas vias se conectam ao sistema viário da área urbana mais ampla.

Desta forma, as condições de mobilidade urbana apresentam-se profundamente ligadas à estruturação do espaço urbano no território. Mas a dinâmica da urbanização é expressada pela descentralização espacial e necessidade de deslocamentos das pessoas, que só é possível graças ao desenvolvimento das redes de transportes e de comunicações (VASCONCELLOS, 2014). Assim, as redes de transportes são resultados de um conjunto potencial de origens e destinos, motivados pelas atividades desenvolvidas no espaço, que geram fluxos e interações espaciais (SANTOS, 2014).

As atividades desenvolvidas no espaço, a economia urbana e a mobilidade fazem parte dos princípios prioritários do espaço público para a Nova Agenda Urbana (UN, 2016). Assim, é imprescindível aprofundar os estudos que diagnostiquem as mudanças e identifiquem os problemas da mobilidade urbana, sob a perspectiva das metrópoles (AZEVEDO, 2015), ressaltando a importância da escala metropolitana sobre a qualidade dos sistemas de transportes, seus impactos na mobilidade urbana e suas dimensões.

Mônica Gondim (2014), em sua tese de doutorado, faz uma interpretação das cidades e de sua mobilidade, dando destaque às análises morfológicas, por meio de uma leitura histórica e diacrônica, revelando que a cidade, desde o seu surgimento, é moldada pelo deslocamento de veículos e pedestres. E aponta a necessidade de resgatar a qualidade de vida proporcionada pelos modos de transporte não motorizados.

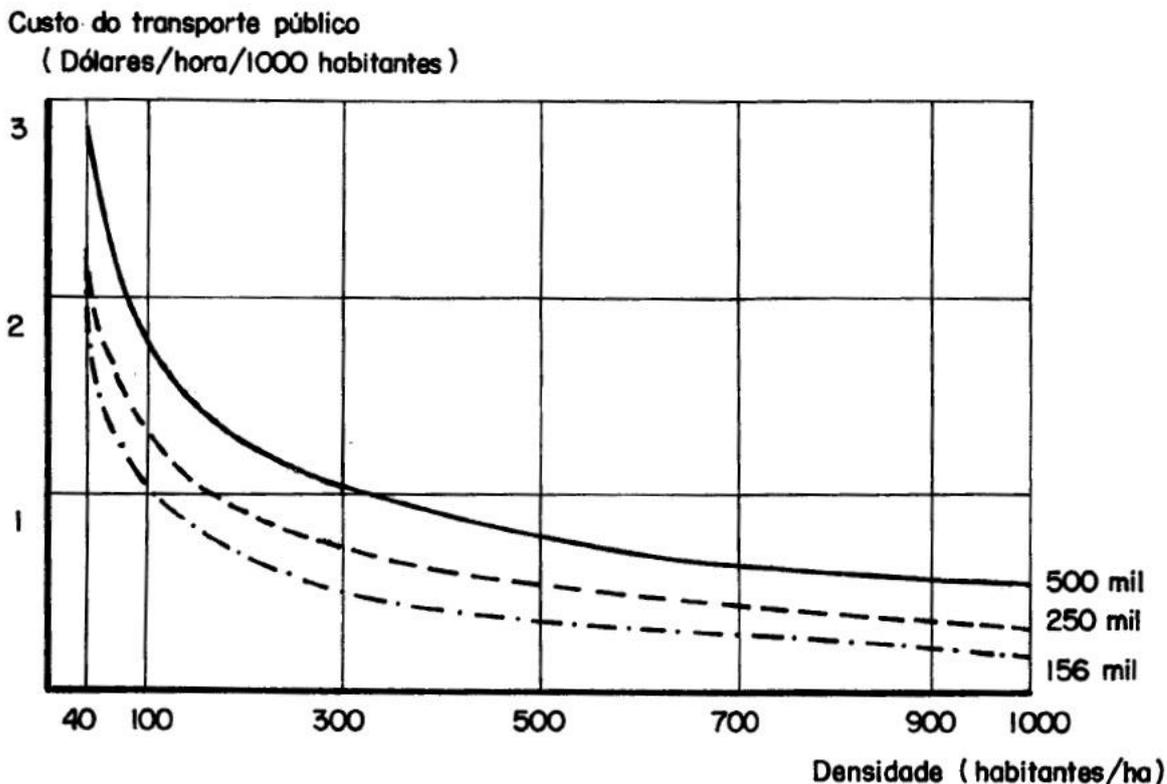
Para Caroline Gentil (GENTIL, 2015, p. 21), os elementos definidores da forma urbana que contribuem para a mobilidade sustentável, são identificados pela forma urbana compacta, capaz de apoiar o projeto urbano com alta densidade, menor fragmentação urbana, diversidade de usos do solo e característica do desenho urbano, como conectividade e acessibilidade do sistema viário. Cabe então uma avaliação sobre os conceitos da cidade compacta frente à mobilidade urbana.

## **2.5. Cidade Compacta e Mobilidade Urbana**

Dentre os elementos e serviços de infraestrutura urbana, o transporte público é um dos que possuem uma relação mais direta com a cidade compacta. Isso, porque a concentração de pessoas em um determinado espaço influencia diretamente na quantidade de demanda por transporte, o que por sua vez, interfere no custo (RODRIGUES DA SILVA, 1990).

O Gráfico 2, mostra a influência do custo do transporte público na definição da cidade ideal, sintetizado em um gráfico de densidade x custo do transporte público, Rodrigues da Silva utilizou cidades fictícias para simular os diferentes valores da densidade populacional urbana.

Gráfico 2 - Curvas de custo de transporte público urbano em função da densidade populacional



Fonte: (RODRIGUES DA SILVA, 1990, p. 78).

Com base nesses dados obtidos por Rodrigues da Silva, é notório que densidades abaixo de 300 hab/ha elevam significativamente os custos do transporte público, sendo até 2 vezes mais caros para densidades próximas a 100 hab/ha e chega a ser até 3 vezes mais caros para densidades próximas a 40 hab/ha. Por outro lado, com densidades acima de 300 hab/ha, a redução do custo ocorre com menor intensidade, chegando a 50% do valor quando a densidade é de 1000 hab/ha, ou seja, sob o ponto de vista da infraestrutura urbana como um todo, o autor defende que quanto maior a densidade populacional, menor será o custo do sistema por habitante.

Daí a importância da densidade populacional no processo de planejamento urbano, é um fator que pode representar uma economia substancial para o funcionamento das cidades, ao ponto de apenas por esta escolha, já ser possível definir a viabilidade ou não de condições mínimas de sobrevivência de uma cidade.

Entretanto, não existe o valor exato para a densidade ideal, muitos autores defendem valores aproximados, com uma variação que chega a apenas 10 hab/ha, defendida por Frank Lloyd Wright em 1932, ao apresentar a Broadacre City, quando propôs a criação de uma cidade onde cada família viveria em uma propriedade de 1 acre, aproximadamente 4.000 m<sup>2</sup>, chegando a 3.000 hab/ha, proposta por Le Corbusier em 1925, ao projetar a cidade contemporânea de Paris no Plan Voisin, uma proposta ousada

que mostrava suas ideias sobre como deveria ser a cidade moderna.

A escolha da compacidade de uma cidade é refletida diretamente na configuração espacial, e os efeitos causados por ela são sentidos na mobilidade urbana e na qualidade de vida das pessoas. Rodrigues da Silva (1990, p. 85) elaborou um método de cálculo para os tempos de viagem dos usuários do transporte público, onde, em uma cidade de 500 mil habitantes, com uma densidade de 300 hab/ha, teria um raio médio de 2,30 km, e o tempo de viagem por ônibus, do usuário mais distante do centro seria de 19 minutos. E ao calcular o tempo de viagem para a mesma população, mas em uma cidade com densidade de 40 hab/ha, seu raio médio aumentaria para 6,30 km, e o tempo de viagem seria de 32 minutos, ou seja, teria um acréscimo de 68%.

Considerando uma cidade circular com mesma área e densidade habitacional, porém, homogênea, com os dados reais é possível dimensionar essa cidade hipotética como um modelo que nos permite realizar diversas análises da influência dessas dimensões, como por exemplo, o tempo de viagem e o custo do transporte coletivo. Assim o raio desta cidade pode ser definido em função da densidade urbana, pela seguinte fórmula:

$$R = \sqrt{\frac{P}{\pi \times d}} \quad (1)$$

Onde:

R = raio do círculo de mesma área da cidade, em km.

P = população total da cidade, em hab.

d = densidade urbana, em hab/km<sup>2</sup>.

Este mesmo cálculo foi feito para o caso de Brasília, onde a densidade urbana é de 20,71 hab/ha<sup>14</sup> e o raio do círculo de mesma área da cidade, foi de 19,53 km (valor muito próximo ao raio médio<sup>15</sup> de 19,96 km). Considerando o tempo de caminhada de 10 minutos, para uma pessoa sair da sua casa, pegar o transporte público e desembarcar até o seu destino, e considerando uma velocidade média de 18 km/hora para o ônibus,

---

<sup>14</sup> Valor obtido pelo cálculo de densidade baseado nas áreas dos setores censitários urbanos, constante nos dados do Censo 2010 (IBGE, 2011).

<sup>15</sup> O raio médio foi calculado neste trabalho utilizando o Modelo Urbano Integrado, com os setores censitários do Censo de 2010 e a população de cada área. Esse raio representa a distância média em que toda a população se encontra do centro da cidade, e é calculado pelo somatório das distâncias de cada habitante ao centro, dividido pela população total.

chegamos a um tempo médio de viagem de 1 hora e 15 minutos. Esse é o tempo médio gasto por toda a população de Brasília para sair da sua casa e chegar ao centro da cidade, segundo o método de Rodrigues da Silva (RODRIGUES DA SILVA, 1990, p. 85).

Se levarmos em conta o efeito desse tempo de viagem na vida dos trabalhadores, considerando que 41,5% da população do DF está ocupada no Plano Piloto (CODEPLAN, 2016, p. 91), este trabalhador brasileiro está perdendo 2 horas e meia somente com o deslocamento diário para ir e voltar ao trabalho, ocasionado exclusivamente pela configuração espacial da cidade. Esses cálculos, realizado sem nenhum levantamento *in-loco*, e sem a realização de nenhuma pesquisa dos usuários de transporte público, são extremamente relevantes, quando observamos os valores publicados no último relatório do transporte público da Moovit (MOOVIT, 2017, p. 3), em que 31% dos usuários gastam mais de 2 horas no deslocamento de casa para o trabalho e trabalho para casa.

O relatório da Moovit, sobre o transporte público no Brasil, revela que Brasília é a cidade que possui o maior tempo de viagem por usuário, com um total de 96 minutos por dia, empatando com Recife, com um tempo médio de espera nas estações de 28 minutos, só perde para Salvador, e é a que possui a maior distância média de viagem, 15 km, onde 50% dos usuários percorrem mais de 12 km por viagem. Brasília é também a cidade que possui a maior distância média que uma pessoa caminha durante o trajeto, são 776 m por viagem, onde 26% das pessoas precisam caminhar mais de 1 km em cada trajeto, pois não existem pontos de parada de ônibus mais próximos (MOOVIT, 2017, p. 11). São dados reveladores que somente vem corroborar com os estudos aqui realizados, que traduzem os efeitos da configuração espacial no desempenho da mobilidade urbana.

Rodrigues da Silva salienta que mesmo em uma situação extrema de 1.000 hab/ha, a demanda encontrada, para o sistema de transporte público, foi de 880 passageiros por hora por sentido, o que ainda se encontra dentro da faixa de utilização do modo ônibus, sem a necessidade de introduzir estratégias operacionais aperfeiçoadas, como o metrô.

O autor destaca ainda que em cidades dispersas, ou com densidades menores, pode-se reduzir a oferta, para manter o custo do transporte público, no entanto, isso gera um prejuízo aos passageiros, já que a redução da frequência do ônibus pode gerar, para o usuário, tempos de espera maior que 30 minutos, limite máximo recomendado (RODRIGUES DA SILVA, 1990, p. 66). Na prática, é o que vem acontecendo na maior parte das cidades brasileiras: as empresas reduzem a oferta de veículos, e elevam o preço

da passagem para manter o nível de lucro desejado, já que não há subsídios o suficiente. Assim, de uma forma ou de outra, o custo da baixa densidade é transferido para a população.

Diante disso, este estudo reuniu na Tabela 3, alguns valores de densidade populacional urbana, considerados como referência para a cidade compacta sustentável, de acordo com o que foi apresentado pelos autores analisados.

*Tabela 3 - Valores de densidade urbana defendidos por cada autor*

<b>Autor e Ano de Referência</b>	<b>Densidade Urbana</b>
Le Corbusier - Ville Radieuse (1922)	<b>300 hab/ha</b> (baixo gabarito) e <b>3.000 hab/ha</b> (alto gabarito)
Celson Ferrari (1979)	de <b>250 hab/ha</b> a <b>450 hab/ha</b> (densidades econômicas)
Antônio Néelson Rodrigues da Silva (1990)	de <b>300 hab/ha</b> a <b>500 hab/ha</b> (faixa viável ao transporte público)
Juan Luis Mascaró (1979)	<b>600 hab/ha</b> (custo da infraestrutura)
Geovany Silva et al. (2016)	<b>600 hab/ha</b> (custo habitacional)

*Fonte: Elaborado pelo autor.*

Essa comparação de valores de densidade mostra o quanto é variável a percepção do que seria um valor ou intervalos de densidades para se obter cidades compactas desejáveis. Embora, dentre os valores, ou intervalo de valores propostos pelos autores analisados, não haja um valor comum, há um consenso de que densidades abaixo de 100 hab/ha não são desejáveis, pois apresentam um custo per capita - tanto de infraestrutura urbana em geral quanto de operação do transporte público - muito elevado. Isso contrasta bastante com a realidade das cidades brasileiras, que, segundo o mais recente estudo da Embrapa (FARIAS et al., 2017), a densidade urbana média do Brasil é de apenas 29,7 hab/ha.

Nesse contexto, tanto a legislação federal quanto os planos diretores das cidades vêm apontando caminhos para tornar as cidades mais compactas de modo a reduzir a necessidade por deslocamentos motorizados, e substituir do transporte individual pelo coletivo. A política nacional de mobilidade urbana (BRASIL, 2012),

incorpora esses princípios, como o desenvolvimento sustentável das cidades e a equidade no acesso dos cidadãos ao transporte público coletivo. Essa lei também estabelece como diretriz a “prioridade do transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado”.

Cabe ressaltar, que, este estudo não pretende lançar juízo de valores sobre qual é a densidade ideal, nem tampouco de lançar um discurso em favor de uma densidade maior, pois as densidades refletem diferentes realidades e são tratadas por um conjunto de parâmetros, que trazem características distintas, até mesmo por conta da questão do transporte. O que se destaca, é a abordagem dos diferentes autores, a respeito do tema, lembrando que, cada caso precisa ser analisado sob o enfoque particular, tendo em conta que, a realidade brasileira é vista sob um aspecto peculiar de um país continental,

Cidades compactas, integradas e conexas é o foco da nova agenda urbana das Nações Unidas – Habitat III (UN, 2016). A área de Planejamento Urbano da UN-Habitat tem se debruçado a apoiar as autoridades municipais, regionais e nacionais na adoção de políticas e melhores projetos com a visão de cidades mais compactas, socialmente inclusivas, melhor integradas e conectadas que promovam o desenvolvimento urbano sustentável e sejam resilientes à mudança climática.

As densidades urbanas diminuíram significativamente ao longo dos anos, em todas as partes do mundo, exacerbando desafios urbanos como a expansão, a segregação e o congestionamento. Por isso, foram lançadas pela UN-Habitat (UN, 2016), propostas para abordar essa problemática, com o objetivo de solucionar o atual modelo de negócios do desenvolvimento urbano, que muitas vezes leva a expansão, segregação e congestionamento.

Desta forma, cabe uma ponderação de que, acima de tudo, o transporte é um direito social<sup>16</sup>, garantido pela Constituição Federal, sendo assim, amplia-se a ideia da liberdade de locomoção como um direito fundamental<sup>17</sup>, como um direito do indivíduo de ir e vir, bem como de circular pelas vias públicas. Por isso, sendo o transporte um direito, ele precisa ser subsidiado, para garantir o acesso à população. Portanto, precisa ficar claro que, aqui não se pretende discutir se o transporte público se paga, pelo tipo de compacidade de uma cidade, mas sim, que o tipo de densidade, impacta no seu custo de

---

<sup>16</sup> Em setembro de 2015 foi promulgada a Emenda Constitucional nº 90, de 2015, que incluiu o transporte como um direito social.

<sup>17</sup> Constituição Federal de 1988, artigo 5º, inciso XV: “É livre a locomoção no território nacional em tempo de paz, podendo qualquer pessoa, nos termos da lei, nele entrar, permanecer ou sair com seus bens”.

transporte.

Embora a Sintaxe Espacial seja frequentemente apresentada como uma teoria morfológica da arquitetura, essa simplificação tende a esconder que ela também é uma teoria analítica, baseada na ciência e não nas afirmações normativas ou ideológicas que se encontra na teoria arquitetônica. Este trabalho submete uma ampliação de tal teoria analítica, usando áreas da Sintaxe Espacial na análise da mobilidade urbana, no contexto do espaço urbano, baseados em levantamentos estatísticos e em investigações qualitativas, trazendo assim, a interpretação da lógica social do espaço.

Isto posto, o presente estudo propõe que as formas de medir as variáveis geométricas e topológicas possam ser combinadas em uma análise mais geral da forma urbana, decorrente diretamente da teoria da Sintaxe Espacial, ampliando o escopo desse fundamento para uma área urbana mais abrangente, que envolve a mobilidade urbana e a qualidade de vida das pessoas. Assim, presume-se que essas medidas captem algo que pode ser chamado de capital espacial (MARCUS, 2010), que também envolvem outras disciplinas relacionadas e necessárias à interpretação do espaço urbano, como o centro e as centralidades da geografia.

## **2.6. Centro e Centralidade**

A definição do conceito de metropolização implica também na definição do que seria a centralidade exercida pelo polo urbano ou centro - o que, por sua vez, alimenta um debate conceitual dos termos “centro da cidade” e “centralidade”. Para o geógrafo Arthur Magon Whitacker (MAIA; SILVA; WHITACKER, 2017), o “centro da cidade” é compreendido como forma espacial, social e historicamente construída, e a “centralidade” é constituída por conteúdo, atributo e fenômeno associados a um recorte territorial e analítico.

Para a geógrafa Maria Encarnação Sposito, o centro nas cidades é entendido como aquele que desempenha um papel de concentricidade regional ou de intermediação no âmbito de uma rede urbana (CARLOS; SOUZA; SPOSITO, 2011, p. 125). Já a centralidade se desvela pelo que se movimenta no território, que não se institui apenas pelo que está fixo no espaço, mas pelas mudanças ocorridas no decorrer do tempo, no uso, na apropriação e no sentido dados aos espaços e deles apreendidos.

Inicialmente, o centro era definido a partir da constituição do núcleo primaz, ou o ponto inicial a partir do qual a cidade se estruturou. Entretanto, devido à expansão e

ganho de novas complexidades, as cidades passaram a se consolidar de acordo com as formas contemporâneas policêntricas, principalmente, pela presença estruturadora dos shopping centers, defendido pelo geógrafo William Ribeiro da Silva (MAIA; SILVA; WHITACKER, 2017). Por isso, deve-se verificar a correspondência com o que atualmente se constitui o Centro Principal das cidades, ou o que se denomina Cidade Histórica ou Tradicional.

Quando se fala em efeitos da forma da cidade sobre a mobilidade urbana, é necessário medir a dispersão urbana, que em suma, depende das distâncias das pessoas ao centro da cidade. Numa abordagem econômica, quanto menores as distâncias percorridas nas cidades, melhor funcionam os mercados de trabalho e de consumo.

É preciso diferenciar os elementos que compõe a estrutura urbana e analisar a composição das relações entre as formas espaciais. Pois, quanto menor a distância percorrida por pessoa para o local de trabalho, ou para as principais áreas comerciais, melhor será o desempenho da forma urbana, tendo como principal implicação o custo de transporte.

Para efeito comparativo com os estudos de dispersão urbana do DF, de Alain Bertaud (2010), este trabalho, adotou como “centro da cidade”, o Centro de Comércio e Serviços, assim denominado pela sigla CCS, traduzido do termo inglês CBD (*Central Business District*), trazido por Richard Muth (1969).

Desta forma, é necessário compreender em que se baseia o estudo de dispersão urbana, a fim de utilizar este conceito como uma das medidas da forma da cidade.

## **2.7. Dispersão Urbana**

Existem diversas maneiras de se medir a forma da cidade, a que tem sido mais frequentemente estudada por economistas urbanos é o gradiente de densidade populacional que possui uma função exponencial negativa, que se associa ao trabalho de Muth (1969). Esta é uma forma simples e útil, apesar de suas deficiências, de descrever o tipo de achatamento possui a curva de gradientes de densidade populacional. Isso quer dizer que, à medida em que as cidades crescem, elas vão se configurando espacialmente de acordo com o desenvolvimento econômico dos seus habitantes, e a variação da densidade populacional no território é identificada por essa função exponencial.

Outras medidas, até mais diretas, também são utilizadas para identificar a forma urbana da cidade, como a sua densidade demográfica ou simplesmente a sua área metropolitana. No entanto, essas medidas não expõem a abstração da forma urbana como um todo, pois ela se configura espacialmente por diversos fatores, dentre eles está a compacidade, que se traduz pela forma como a densidade populacional é distribuída na superfície da área urbana.

Com base nessas medidas, foi desenvolvido o Índice de Dispersão Urbana (BERTAUD; MALPEZZI, 2003), como um modo de revelar o desempenho da forma da cidade. Para entender melhor este conceito, suponha duas cidades em igualdade de condições, porém, com formatos distintos. A cidade que diminua a distância entre as residências das pessoas ao seu principal local de trabalho e de consumo, proporcionará menores deslocamentos<sup>18</sup> e mais comodidade aos seus habitantes, e conseqüentemente será mais favorável ao funcionamento dos mercados de trabalho e de consumo. Assim, podemos compreender que, para uma determinada área construída, quanto menor a distância média por habitante ao principal local de trabalho ou para as principais áreas comerciais, melhor será o desempenho da forma da cidade e por simplificação, também, melhor será o desempenho da mobilidade urbana.

Este Índice de Dispersão Urbana pode ser utilizado em cidades monocêntricas e em cidades policêntricas (BERTAUD; MALPEZZI, 2014). Assim, de acordo com Muth (1969), em uma cidade monocêntrica, o principal local de trabalho e comércio é o CCS. E em uma cidade policêntrica, o centro de gravidade da população é o ponto mais próximo de todos os centros de comércio e serviços, como é o caso do Distrito Federal (HOLANDA; MEDEIROS; RIBEIRO, 2008). Deste modo, a distância média por pessoa ao CCS, no caso de uma cidade monocêntrica, ou a distância média por pessoa para o centro de gravidade da população, no caso de uma cidade policêntrica, fornece uma boa medida para o desempenho da forma da cidade (BERTAUD; MALPEZZI, 2003).

Para compreender essas relações espaciais, neste estudo, foi calculado o índice de dispersão urbana para o caso específico do Distrito Federal, sendo estendido a todos os municípios pertencentes à RIDE-DF. Para medir o desempenho da forma urbana

---

<sup>18</sup> Quando se fala em deslocamentos, aqui estão incluídos todos os componentes inerentes a eles, como o tempo, o custo e a energia gasta para essa finalidade. Assim, menor necessidade de deslocamentos se traduz em melhor desempenho da mobilidade urbana.

dessa região, aferiu-se a distância euclidiana<sup>19</sup> da população de cada área fracionada<sup>20</sup>, ao CCS, e também ao centro de gravidade da população, calculada pela seguinte equação:

$$d((x, y), (a, b)) = \sqrt{(x - a)^2 + (y - b)^2} \quad (2)$$

Onde:

d = distância euclidiana entre dois pontos;

(x,y) = coordenadas do ponto 1;

(a,b) = coordenadas do ponto 2.

Para Bertaud (2010), o modelo monocêntrico do Centro de Comércio de Serviços favorece a operação de transporte público pela menor distância a ser percorrida, possui menor custo de investimentos em infraestrutura rodoviária e garante maior facilidade de acesso a empregos. Já o modelo policêntrico pode funcionar apenas para carros particulares como principal meio de transporte (a exemplo da estrutura de Los Angeles e Atlanta), e por isso, não funciona bem para famílias de baixa renda que não podem pagar pelo transporte individual de carro.

O Índice de Dispersão ilustra como a cidade ocupa o espaço, e permite fazer considerações a respeito de custos de deslocamento, de infraestrutura, e de custo social por manter a população mais pobre em locais mais distantes. Para este trabalho, o índice de dispersão  $\rho$  é calculado pela razão entre a soma das distâncias médias por pessoa ao CCS e ao centro de gravidade da população, pela distância média C de uma circunferência de área equivalente à cidade analisada. Esta fórmula foi traduzida a partir da equação de Bertaud & Malpezzi (2003):

$$\rho = \frac{\sum_i d_i w_i}{C} \quad (3)$$

onde:

$\rho$  = índice de dispersão urbana;

d = distância do centroide de cada setor urbano ao CCS;

w = população de cada setor urbano;

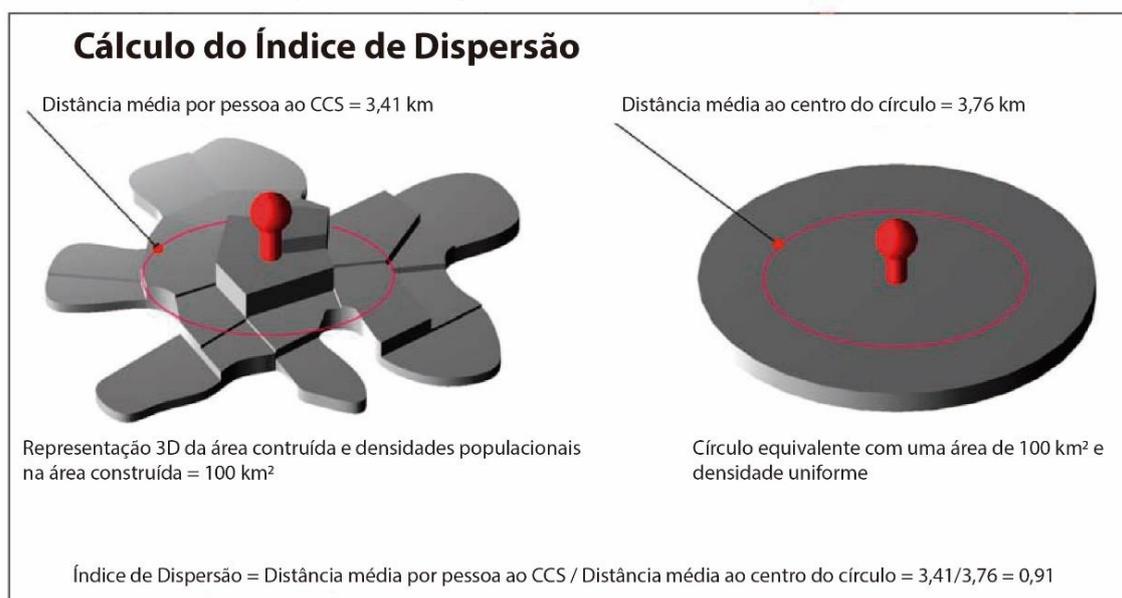
---

<sup>19</sup> Distância euclidiana é a distância entre dois pontos que pode ser calculada pelo teorema de Pitágoras, que fornece o tamanho do segmento de reta que os une.

<sup>20</sup> Neste trabalho, a região de estudo foi dividida em áreas fracionadas de acordo com os setores censitários definidos pelo Censo de 2010 (IBGE, 2011), e foram calculados os centroides desses setores censitários para a realização do cálculo de dispersão.

C = área da circunferência equivalente à área construída da cidade com mesma população.

Figura 4 - Ilustração do cálculo do índice de dispersão



Fonte: Bertaud & Malpezzi (2003), modificado pelo autor.

Alain Bertaud e Stephen Malpezzi identificaram Brasília como sendo a segunda cidade mais dispersa do mundo<sup>21</sup>, e ao investigar o que isso representa, buscamos a sua configuração espacial e identificamos que o Distrito Federal, foi criado com um modelo *rodoviarista*<sup>22</sup> de desenvolvimento e planejamento urbano, deixando de lado a figura do pedestre e valorizando o uso dos automóveis, impactando sobremaneira a área urbanizada e a ocupação do território. Essa escolha produziu um espaço urbano segregado, homogeneizado pela separação de classes de renda, reforçando a distinção entre indivíduos, de acordo com seu poder aquisitivo.

Agravado por esse modelo *rodoviarista* (COSTA, 2014, p. 27), os assentamentos da capital do Brasil se tornaram praticamente cidades dormitório, pois foram implantados distantes do CCS, o grande gerador de empregos, o Plano Piloto. Com isso, a massa trabalhadora passou a ser demandada a realizar grandes deslocamentos diariamente, gerando congestionamentos, piorando o desempenho da mobilidade urbana e, conseqüentemente, perdendo qualidade de vida.

<sup>21</sup> Em uma pesquisa sobre distribuição espacial da população que avalia 57 cidades ao redor do mundo, elaborada por Bertaud e Malpezzi (2014), Brasília ficou em segundo lugar no ranking de cidades mais dispersas do mundo, perdendo apenas para Mumbai, Índia.

<sup>22</sup> O modelo *rodoviarista* é descrito por Emmanuel Costa (2014, p. 27) como um modelo de cidade feita para os automóveis, que provoca a *imobilidade* urbana.

### **3. MÉTODO DA PESQUISA**

A pesquisa adota o método hipotético-dedutivo, e se apropria de abordagens estatísticas quantitativas e qualitativas, por meio de análises de imagens de satélite para mapeamento das cidades e de levantamento da configuração urbana, que forneceram os mapas axiais e de segmentos, além dos mapas temáticos dos dados socioeconômicos obtidos pelo Censo de 2010 (IBGE, 2011) para a construção do banco de dados geoespacializados, permitindo o relacionamento comparativo entre as variáveis analisadas.

As variáveis analisadas foram divididas em categorias as quais são descritas e relacionadas de forma qualitativa e quantitativa, incluindo as medidas de integração e de escolha, provenientes da teoria da Sintaxe Espacial, que possibilitam quantificar a fragmentação urbana e a movimentação dos indivíduos na cidade. Além disso, outras variáveis também são analisadas, como a densidade urbana, a distribuição de renda da população no território, e o tempo gasto com os deslocamentos de casa ao trabalho e vice-versa, retratando os efeitos da configuração espacial na mobilidade urbana das pessoas.

Neste sentido, tomou-se o cuidado de fazer o devido tratamento de um conjunto robusto de dados, para alcançar uma representatividade que pudesse refletir a complexidade dos sistemas urbanos, por meio de uma abordagem simplificadora e explicativa das condicionantes envolvidas, resultando em poucas variáveis que expliquem, de maneira significativa, o seu comportamento.

#### **3.1. Metodologia: Variáveis Analíticas**

Como estratégia metodológica, esta dissertação se debruça a analisar as variáveis que envolvem a complexidade intrínseca da experiência urbana de mobilidade, no conceito da lógica socioespacial da cidade (HILLIER; HANSON, 1984), para tanto, foram destacadas algumas variáveis como objeto de estudo, a saber:

##### **3.1.1. Nível de atividade urbana**

O nível de atividade urbana descreve o movimento de pessoas que transitam pela rua como parte de uma avaliação global, e traz a ideia de volume de tráfego para as vias urbanas, bem como de circulação de indivíduos para o seu local de trabalho ou residência. As ruas e os espaços que registrem valores mais altos indicam que serão

necessários fornecer níveis de infraestrutura que possibilitam a acomodação de um maior movimento multimodal e de atividade de pedestres (BARROS, 2014).

Neste quesito, o espaço urbano é analisado em relação às suas propriedades sintáticas configuracionais, geométricas e topológicas, determinando os aspectos de seu funcionamento, possibilitando que atributos relacionados à configuração morfológica sejam matematicamente mensurados e graficamente visualizados por meio de mapas axiais e tabelas, revelando assim a lógica morfológica do tecido urbano (HILLIER; HANSON, 1984) e da configuração da cidade.

### **3.1.2. Índice de Centralidade**

O Índice de Centralidade é medido pelas áreas mais acessíveis, ou mais fáceis de se chegar a partir de todas os outros lugares, usando todos os modos de transporte. Espaços que são mais fáceis de ter visibilidades tem correspondência com as funções ativas de uma cidade que se encontram nos centros. É um atributo identificado pelas variáveis Integração Global, Local e NAIN.

Aqui, o foco é a medição dos níveis de integração da cidade, na escala global e na escala local, levando-se em consideração a taxa de crescimento populacional, a renda, o movimento dos usuários, o uso do solo e o desenho urbano, diagnosticando suas principais relações, no que diz respeito à geração de centros e centralidades e suas influências na mobilidade urbana da região.

### **3.1.3. Indicadores de qualidade de vida**

Na tese de doutorado do Prof. Rômulo Ribeiro (2008), foi proposto um cálculo composto, para medir a qualidade de vida, por meio do agrupamento de três grandes áreas: a configuração urbana, a qualidade de vida urbana, e a qualidade ambiental urbana. Para Ribeiro, a qualidade de vida é medida pela inclusão ou exclusão social, que um indivíduo pode estar submetido, em função da sua condição socioeconômica e espacial, que está relacionada ao conceito de pobreza e também à equidade de acesso universal aos serviços públicos.

Já a qualidade ambiental urbana, é percebida pela acessibilidade à natureza, com menor grau de degradação e precariedade, à qual é promovida pela quantidade de verde urbano disponível para a população e pelo conforto térmico urbano. Neste estudo não será calculada a qualidade ambiental urbana, por não ser este o objetivo, mas os

conceitos aqui envolvidos são utilizados para identificar o desempenho da mobilidade urbana, considerando o bem-estar do cidadão.

Ribeiro (2008), constatou que à medida em que se afasta do CCS, há redução da inclusão social, sendo esta uma condição de qualidade de vida que leva em consideração as variáveis socioeconômicas e espaciais. E é categórico ao afirmar que a qualidade de vida no DF reduz à medida em que se afasta do centro, ou seja, quanto mais próximo ao centro, melhor a qualidade de vida urbana. Entende-se que os grandes vazios urbanos contribuem para a segregação socioespacial da população, bem como à expansão da área urbana e à especulação imobiliária, por provocar aumento nas distâncias e maior exclusão social.

Assim, nesta dissertação, a qualidade de vida é medida pela acessibilidade aos serviços públicos, principalmente ao sistema de transporte público coletivo, e pela distribuição de renda no território, identificando as áreas socialmente excluídas. A exclusão socioespacial da cidade, é identificada, simplesmente, pelo que aqui chamamos de segregação urbana.

Desta forma, o método aqui proposto, avalia a estruturação das aglomerações urbano-metropolitanas com base na dinâmica metropolitana, na condição habitacional e no atendimento de serviços coletivos, baseado na acessibilidade equitativa e universal aos cidadãos, calculando a porcentagem da população que vive dentro de um raio de 400 metros de uma estação de transporte público coletivo, ou de um ponto de parada de ônibus.

O acesso ao sistema de transporte público é medido por meio do geoprocessamento das áreas cobertas por um raio de 400 metros dos pontos de parada de ônibus, com o mapa de densidade urbana, identificando o número de pessoas atendidas e a área urbana que possui acessibilidade em cada setor censitário e em cada subdistrito que compõe a cidade em análise. Este critério é um excelente identificador dos principais fatores que influenciam o desempenho da mobilidade urbana, visto que, nele estão incluídos os aspectos da qualidade de vida e da segregação socioespacial urbana.

Outro procedimento adotado neste modelo é a medição da correlação entre o sistema de mobilidade urbana do DF à Integração Global e ao mapa de escolhas normalizados NACH, obtidos pela configuração espacial. Desta forma, podemos compreender a dinâmica metropolitana, ao analisar as condições em que as pessoas se deslocam diariamente e seus impactos sobre a qualidade dos movimentos pendulares,

traduzindo as condições da mobilidade urbana existentes nas grandes metrópoles como um importante papel na configuração do bem-estar e na qualidade de vida urbana.

### **3.2. Metodologia: Modelo Urbano Integrado**

As cidades são combinações complexas de formas físicas, sistemas de infraestrutura, relações interpessoais e de atividades econômicas. As mudanças físicas na cidade podem ter impactos inesperados sobre esses sistemas e sobre o funcionamento do dia-a-dia da cidade. Para antever aos impactos inesperados do planejamento urbano na configuração espacial e na mobilidade urbana, a Sintaxe Espacial desenvolveu a metodologia de reunir todas as informações em um único modelo, que aqui vamos chamar de "Modelo Urbano Integrado" (MUI).

O MUI permite que as condições existentes sejam descritas de forma quantitativa e objetiva, fornece uma ferramenta capaz de ser utilizada durante o desenvolvimento dos projetos, ou de definições de políticas públicas, com a definição de uma linha de base consistente para testar o impacto de cenários futuros. É um modelo espacial digital que faz a ligação das pessoas ao espaço urbano, que combina sistemas de movimento, uso do solo, conjuntos de dados socioeconômicos, de densidade populacional e de transportes.

Este modelo fornece a possibilidade de análise multicritério (ANDRADE, 2013) do impacto das mudanças na infraestrutura, no sistema de transporte público, na distribuição da populacional ou no emprego. Os resultados analíticos são realizados para identificar o impacto na cidade como um todo, em partes da cidade, ou simplesmente em uma variável específica do modelo. Assim, este modelo também fornece indicadores urbanos orientados para políticas relevantes de uma cidade específica (MAGALHÃES, 2004), como o acesso a oportunidades de emprego.

Dentre os benefícios do MUI na análise da configuração espacial no planejamento urbano é o de fornecer uma avaliação quantitativa de cenários existentes e futuros que permite medir o impacto do crescimento da população ou do emprego antes de qualquer projeto urbano. Assim, apoia o desenvolvimento de projetos de infraestrutura ou propostas de transporte público por meio de um processo baseado na simulação virtual com evidências iterativas, permitindo a comparação dos cenários contra uma condição existente. Com isso, possibilita tomar as decisões com base nas informações de impactos das propostas sobre os indicadores urbanos.

Espacializar e combinar conjuntos de dados torna o planejamento urbano mais assertivo, pois traz uma compreensão simultânea da mobilidade urbana, da densidade populacional e da distribuição de emprego. Um único modelo capaz de fazer essa leitura da cidade, permite que cada uma das variáveis seja ajustada individualmente, e assim medir o impacto da combinação entre elas na configuração urbana. Isso permite que as condições existentes sejam objetivamente descritas e garanta que o planejamento urbano, assim como o planejamento de transportes possam ser desenvolvidos para criar impactos positivos.

Para esta dissertação, esses conjuntos de dados são provenientes de várias fontes secundárias, produzidas para diferentes finalidades. Essas fontes secundárias foram escolhidas com base nas informações disponíveis nos principais órgãos de fomento a dados demográficos, técnicos e bibliográficos, como IBGE, CODEPLAN, ABNT, ISO, periódicos e livros, visando alcançar os resultados e responder a problemática apresentada, para tanto, foram consultadas as seguintes fontes:

- Dados dos Índices de Bem Estar Urbano – (IBEU), (RIBEIRO; RIBEIRO, 2013).
- Dados de População, Renda, PIB, Movimentos Pendulares, Trabalho, Educação, Moradia, obtidas pelo CENSO 2010, (IBGE, 2011).
- Dados dos Resultados por RA, da Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios – PDAD, divulgados em 05/12/2016, (CODEPLAN, 2016).
- Dados que envolve o conhecimento científico e tecnológico nos campos de Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais, e levantamento das áreas urbanas dos municípios brasileiros (FARIAS et al., 2017).
- Dados produzidos pelos grupos de trabalho do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – INCT/Observatório das Metrópoles, nas diversas linhas de pesquisa em andamento.
- Base de dados dos mapas axiais e de segmentos desenvolvidos na tese de doutorado de Juliana Coelho (COELHO, 2017).
- Base de dados do sistema de transporte público do Distrito Federal, coletados e desenvolvido na dissertação de mestrado de Rony Arteaga (VELASQUEZ, 2015).

Combiná-los em um único modelo requer a tradução e coordenação de dados em uma forma adequada, e para isso é preciso utilizar algumas ferramentas que dão este suporte.

### **3.3. Ferramentas: QGIS e Space Syntax Toolkit**

O QGIS (anteriormente conhecido como Quantum GIS) é um software de plataforma aberta (software livre ou *open source*) com a tecnologia de Sistemas de Informação Geográficas (SIG) que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados, além da criação de mapas com várias camadas usando diferentes projeções cartográficas<sup>23</sup>. Essa ferramenta é a base das análises das informações espaciais utilizadas neste trabalho, integrando os dados de diversas fontes, com a criação de um banco de dados georreferenciados.

O *Space Syntax Toolkit* é um plug-in para o software livre QGIS para rede espacial e análise estatística. Ele fornece um acesso ao software DepthmapX dentro do QGIS, oferecendo fluxos de trabalho de análise de Sintaxe Espacial no próprio ambiente SIG. Destina-se principalmente a apoiar a metodologia da Sintaxe Espacial e a aprimorá-la com os recursos de dados georreferenciados, para análise e visualização em SIG. Sua funcionalidade é de fácil aplicação para os usuários do QGIS, com a introdução de ferramentas para análise de dados espaciais exploratórios. A ferramenta *Space Syntax Toolkit* possui os recursos de dois módulos iniciais, a Análise de Gráficos, e o Gerenciador de Atributos (GIL et al., 2015).

Essa ferramenta, utilizada no próprio sistema do QGIS, foi apresentada em 2015, no *10th International Space Syntax Symposium*, em Londres, sendo hoje, uma importante ferramenta na aplicação da teoria da Sintaxe Espacial, cujo avanço possibilitou a realização de toda a metodologia aplicada neste trabalho, que são mais detalhados nas técnicas e procedimentos operacionais.

### **3.4. Técnicas: Procedimentos Operacionais**

As técnicas e procedimentos operacionais foram definidos com base na estratégia metodológica do Modelo Urbano Integrado adotado, visando alcançar os

---

<sup>23</sup> Projeção cartográfica é definida como: qualquer representação sistemática de paralelos e meridianos retratando a superfície da Terra, ou parte dela, considerada como uma esfera ou elipsoide, sobre um plano de referência.

resultados e responder a problemática apresentada, para tanto, foram utilizadas diversas ferramentas, divididas nas seguintes etapas:

#### **3.4.1. Espaço como conjunto de dados**

Pesquisas acadêmicas identificaram vínculos fundamentais entre a configuração espacial e o desempenho social, econômico e ambiental dos lugares (HOLANDA, 2002a) e (MEDEIROS, 2013). Assim, como primeiro procedimento adotado foi o de reunir o conjunto de dados que envolvem a forma urbana, o movimento dos pedestres, ciclistas e veículos, o sistema viário, o uso do solo, bem como os dados referentes à população, como as condições socioeconômicas, local de moradia e de trabalho, e renda, obtidos pelas diversas fontes secundárias citadas no item 3.2.

#### **3.4.2. Espacializando o conjunto de dados**

A incorporação do conjunto de dados ao modelo espacial é um procedimento de distribuição espacial dos dados numéricos como informações do território, que envolve a distribuição dos dados espaciais da escala da cidade até a escala do pedestre (BARROS, 2014). Para permitir que esta distribuição seja possível, foi adotada uma metodologia específica para espacializar e distribuir o conjunto de dados que muitas vezes não são espaciais, com o objetivo principal de incorporar os dados ao MUI, por meio de um banco de dados em um Sistema Informação Geográfica – SIG, utilizando a plataforma do software QGIS, onde os dados espacializados também podem ser analisados individualmente ou em grupos.

#### **3.4.3. Saída analítica**

A partir do momento em que todos os dados estão espacializados em um único modelo urbano integrado, são desenvolvidos os procedimentos de geoprocessamento para a interpolação das informações da Sintaxe Espacial aos dados de áreas, de distribuição da população, de dispersão urbana, e do sistema de transporte para a saída analítica. Nesta fase são produzidas as seguintes análises:

- Análise dos efeitos da configuração urbana sobre a qualidade da mobilidade, em relação às propriedades sintáticas configuracionais, adotou-se a aplicação

da Sintaxe Espacial, utilizando o software Depthmap©, de acordo com a metodologia aplicada por PEREIRA, *et al.* (2011);

- Análises da configuração espacial em diversas escalas, combinada com o sistema de mobilidade para medir o nível de atividade urbana e a condição de centralidade;
- Análises da localização da população no território, combinadas com as condições socioeconômicas para medir os níveis de qualidade de vida e a segregação urbana;
- Análise multicritério (ANDRADE, 2013), utilizando o software livre QGIS, com vista a sintetizar as informações coletadas para determinar as prioridades e as situações de conflito, medindo e identificando os principais fatores que influenciam o desempenho da mobilidade urbana no DF.

Com base nas análises dos dados espacializados, são gerados os mapas temáticos para visualização e enviadas as variáveis para o processamento estatístico no *Software IBM SPSS Statistics V.22*, para a verificação dos principais testes, e assim, validar ou rejeitar as hipóteses de correlação dos resultados.

#### **3.4.4. Testes estatísticos**

Para classificar a diversidade social, econômica e funcional do DF, adotou-se as técnicas de análise de dados espaciais provenientes da estatística (SERRANO; VALCARCE, 2000), onde foi utilizado o *Software IBM SPSS Statistics V.22*, para selecionar as variáveis que correlacionam a configuração espacial à conformação da mobilidade urbana, para validar ou rejeitar as hipóteses do problema desta pesquisa, buscando captar a realidade multidimensional e a estrutura metropolitana de Brasília.

Os principais testes estatísticos têm como suposição a normalidade dos dados, onde são realizados os testes paramétricos com suposição de igualdade ou não das variâncias, dentre eles, destacam-se os testes Qui-quadrado, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Shapiro-Wilk, Shapiro-Francia, Cramer-von Mises, Anderson-Darling e Jarque-Bera. Em caso de baixa aderência à normalidade, as variáveis são submetidas aos procedimentos não paramétricos para a análise, destacando os testes de Man-Whitney, Teste Z, Teste Qui-quadrado e ANOVA não paramétrica de Kruskal-Wallis (CASELLA; BERGER, 2002).

Para a verificação de significância estatística dos dados, as variáveis são submetidas a hipóteses nulas  $H_0$ , onde se pretende rejeitar a hipótese. E como resultado final deste estudo, foram adotadas as variáveis representativas essenciais para formalizar o modelo de análise, verificando sua aplicabilidade por meio do estudo de caso no DF e utilizando o teste de consistência e confiabilidade Alfa de Cronbach (RIBEIRO; RIBEIRO, 2013), gerando assim, as fontes primárias deste estudo.

### 3.4.5. Fontes primárias

Com a aplicação das técnicas e procedimentos operacionais relatados, com base na transformação de dados das fontes secundárias, obtém-se as seguintes fontes primárias:

- **Índice de dispersão urbana** da Área Metropolitana de Brasília, obtido pela distância do centroide de cada setor urbano ao Centro de Comércio e Serviço e pela população de cada setor urbano, equação proposta por Holanda (2002b).
- Identificação das **diferenças topológicas e geométricas** dos subdistritos do DF, a partir das propriedades sintáticas configuracionais, com o uso do software Depthmap, e geração de mapas axiais e tabelas, revelando assim a lógica morfológica do tecido urbano (AL\_SAYED et al., 2014) e da configuração da cidade.
- Identificação das **áreas desprovidas de** acessibilidade ao **transporte público** coletivo, a partir da correlação entre a área de cobertura das rotas de ônibus do DFTrans e dos pontos de parada, com a área urbana de cada subdistrito do DF.
- Identificação da **população desprovida de** acessibilidade ao **transporte público** coletivo, a partir da correlação entre a área de cobertura das rotas de ônibus do DFTrans e dos pontos de parada, com a população urbana de cada subdistrito do DF.
- Identificação da **correspondência** entre as vias mais integradas e as vias de melhor escolha com as rotas de ônibus e com os pontos de parada do DFTrans.
- Cálculo dos **níveis de integração** da cidade, com base nos dados dos setores censitários do IBGE, como a taxa de crescimento populacional, a renda, o movimento dos usuários, o uso do solo e o desenho urbano.
- Cálculos estatísticos (SERRANO; VALCARCE, 2000), utilizando o *Software IBM SPSS Statistics V.22*, para selecionar as variáveis configuracionais na conformação da mobilidade urbana.

## 4. ANÁLISE DOS DADOS

### 4.1. Metropolização do Distrito Federal

O crescimento populacional e o aumento do êxodo rural são alguns dos principais fatores que contribuíram para a expansão das cidades no Brasil desde meados do século XX. Esse processo configurou uma regionalização que além de ampliar as desigualdades locais e regionais, ainda intensificou a metropolização desordenada e concentrada (RIBEIRO; TENORIO; HOLANDA, 2015). Para Ribeiro, Tenório e Holanda (2015), as metrópoles constituem centros do poder econômico, social e político, capazes de polarizar o território nas escalas nacional, regional e local. Contudo, apresentam grandes desafios do ponto de vista da gestão dos recursos, do território e do planejamento urbano.

Esses desafios eram principalmente de caráter prático de gestão metropolitana, ou seja, grandes municípios já estavam em processo de conurbação, e impasses da competência administrativa estavam surgindo. Surge então o questionamento de quem é a responsabilidade de resolver o problema do transporte interurbano, e de quem é a competência de articular a política de mobilidade e os planos diretores. Somam-se, desta forma, inúmeras variáveis de planejamento, como infraestrutura, educação, saúde, entre outros problemas que devem ser resolvidos não só no âmbito municipal, mas também no metropolitano.

A Constituição Federal de 1988 define regiões metropolitanas como “aglomerações urbanas e microrregiões, constituídas por agrupamentos de municípios limítrofes, para integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum” (art. 25 § 3º). A Constituição prevê, ainda, em casos de aglomerações urbanas envolvendo duas ou mais unidades federativas, a criação de Regiões Integradas de Desenvolvimento, no intuito de possibilitar uma gestão interfederativa mais adequada a essa particularidade de metropolização. A gestão torna-se mais complexa, por envolver mais entes federados no processo de articulação de políticas e distribuição de recursos. De acordo com o Ministério das Cidades:

*A RIDE tem como objetivo articular e harmonizar as ações administrativas da União, dos Estados e dos municípios para a promoção de projetos que visem à dinamização econômica de*

*territórios de baixo desenvolvimento e assim, conseguir prioridade no recebimento de recursos públicos destinados à promoção de iniciativas e investimentos que reduzam as desigualdades sociais e estejam de acordo com o interesse local pactuado entre os entes participantes.*

*Fonte: Ministério das Cidades, 2011.*

No entanto, não há critérios técnicos claros para delimitação e classificação das RM's e RIDE's. Muitos municípios foram inseridos em regiões metropolitanas sem evidências claras que estes compõem uma metrópole, ou mesmo se há um processo de metropolização. O mesmo ocorreu com os municípios incorporados às RIDE's. Isso ocorre por motivações e interesses políticos com objetivos de arrecadação de recursos da União para o investimento na região.

A criação das RIDES está ligada a um contexto de metropolização interestadual, e surge como uma resposta ao problema da gestão metropolitana híbrida. Porém, esse formato de arranjo institucional não encerra as soluções de gerenciamento e planejamento do território metropolitano e demanda discussões e aprimoramentos. Por isso, a eficácia da criação das RIDES é discutível, visto que o desenho institucional e o modelo de gestão não têm sido eficazes para promover o desenvolvimento e reduzir as desigualdades.

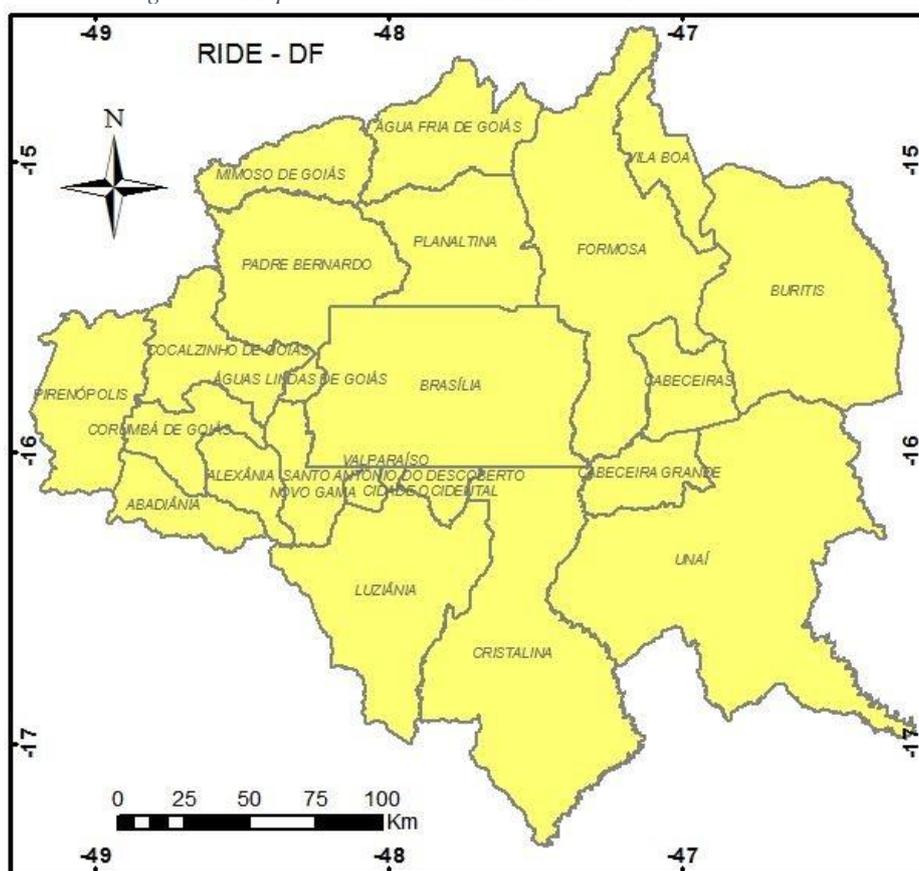
No contexto brasileiro, onde dificuldades financeiras sobrecarregam pequenos municípios, as pequenas e médias cidades tendem a se integrar às grandes aglomerações urbanas para se beneficiar da sua urbanidade e do seu potencial urbano. Entretanto, podemos perceber que essa integração é inexistente na RIDE-DF, existem municípios com mais de 200 km de distância do polo econômico, que é o Distrito Federal. Estudos mostram como a integração entre os municípios mais periféricos da RIDE-DF é muito baixa, já entre os municípios da AMB, esta integração é mais alta (RIBEIRO; TENORIO; HOLANDA, 2015).

Podemos perceber, então, o por quê Brasília se tornou uma metrópole nacional, assim classificada pela REGIC - Regiões de Influência das Cidades (IBGE, 2008), caracterizada por seu grande porte e por fortes relacionamentos entre si, além de possuir extensa área de influência direta.

#### 4.1.1. Caracterização do Distrito Federal

A criação de Brasília, capital do país desde 1960, está vinculada à uma estratégia de planejamento regional que buscava diminuir as desigualdades regionais por meio da criação de uma infraestrutura rodoviária que conectasse o país, passando por Brasília. A cidade atraiu migrantes de várias partes do país, mas, de uma forma geral, apenas as classes média e alta obtiveram acesso ao núcleo matriz - o plano piloto; os demais cidadãos foram alocados em núcleos periféricos distantes desse centro. O crescimento urbano, em geral, replicou esse modelo disperso, rodoviarista e de baixa densidade, e como resultado, tornou Brasília a segunda cidade mais dispersa do mundo, perdendo apenas para Mumbai na Índia (BERTAUD; MALPEZZI, 2014).

Figura 5 - Mapa situacional da RIDE Distrito Federal e entorno



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em função do enorme grau de dispersão, há ainda grandes movimentos pendulares em direção às regiões centrais, partindo de cidades do estado de Goiás, o que caracteriza uma lógica metropolitana interestadual, que levou à criação da RIDE Distrito

Federal e entorno<sup>24</sup>. Atualmente, a RIDE é composta por 22 municípios mais o DF (Distrito Federal), mas nem todos possuem integração significativa com Brasília, há municípios que estão mais de 200 km distantes do centro da Capital.

O Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal trata da integração com municípios limítrofes, e destaca como prioritária a ação sobre apenas seis municípios da RIDE, que são exatamente os que possuem maior fluxo de passageiros de transporte interurbano para o Distrito Federal<sup>25</sup>, municípios cuja população faz mais uso da rede pública de saúde da Capital Federal (CODEPLAN, 2014).

*Figura 6 - Localização da Rodoviária do Plano Piloto de Brasília*



*Fonte: Google Earth, 2017.*

Brasília é o polo econômico da RIDE, principalmente em função do serviço público nos setores federal e distrital, que são responsáveis por grande parte do PIB do Distrito Federal e entorno, concentrando 93,58% do PIB da RIDE (IBGE, 2017). Ambas as atividades se concentram no Plano Piloto, de forma que o seu centro, representado pela Rodoviária, maior estação de integração de linhas de transporte público coletivo do DF,

---

<sup>24</sup> A Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE/DF) foi criada pela Lei Complementar nº 94, de 19 de fevereiro de 1998 e regulamentada pelo Decreto nº 2.710, de 04 de agosto de 1998, alterado pelo Decreto nº 3.445, de 04 de maio de 2000. É constituída pelo Distrito Federal, pelos municípios de Abadiânia, Água Fria de Goiás, Águas Lindas de Goiás, Alexânia, Cabeceiras, Cidade Ocidental, Cocalzinho de Goiás, Corumbá de Goiás, Cristalina, Formosa, Luziânia, Mimoso de Goiás, Novo Gama, Padre Bernardo, Pirenópolis, Planaltina, Santo Antônio do Descoberto, Valparaíso de Goiás e Vila Boa, no Estado de Goiás, e de Unaí, Buritis e Cabeceira Grande, no Estado de Minas Gerais.

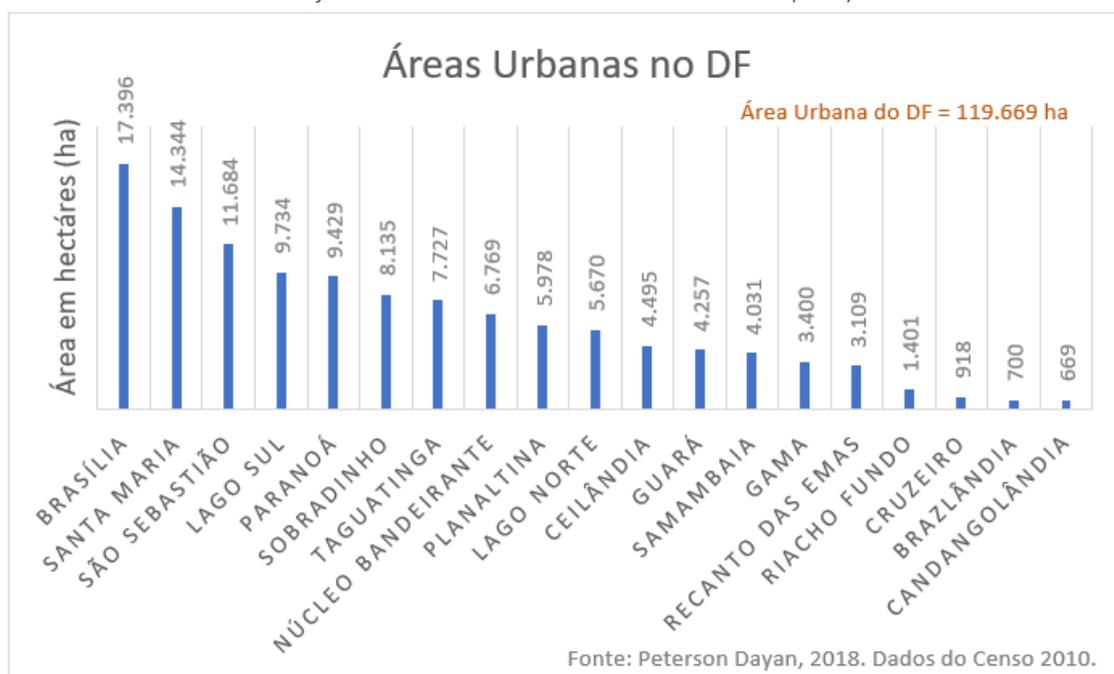
<sup>25</sup> Os municípios da RIDE Distrito Federal e entorno que possuem mais movimentos pendulares para o DF são: Águas Lindas de Goiás, Santo Antônio do Descoberto, Novo Gama, Valparaíso de Goiás, Cidade Ocidental e Planaltina de Goiás (CODEPLAN, 2014).

passou a ser considerado como o principal Centro de Comércio de Serviços (CCS) da região para o cálculo da dispersão urbana.

Para este estudo o Distrito Federal foi dividido em 19 setores, baseados na delimitação geográfica dos subdistritos do Censo 2010 (IBGE, 2011). Desta forma, este trabalho se difere da tese de doutorado de Juliana Coelho (2017), pois na tese foi utilizada a delimitação geográfica das Regiões Administrativas do DF, daí o surgimento de algumas divergências nos valores encontrados. Entretanto, considerando que estes dois estudos possuem delimitações geográficas distintas, os resultados encontrados também possuem tais distinções.

O Gráfico 3 mostra o resultado do geoprocessamento das áreas urbanas do Distrito Federal, onde o subdistrito da Candangolândia é o que possui a menor área e também a menor população urbana, tendo assim, uma distribuição coerente com as demais regiões. Entretanto, o Lago Sul possui uma das maiores áreas urbanas, mas apenas a segunda menor população do DF, mostrando um claro descompasso em relação aos demais subdistritos.

Gráfico 3 - Áreas Urbanas de cada subdistrito do DF (2010)

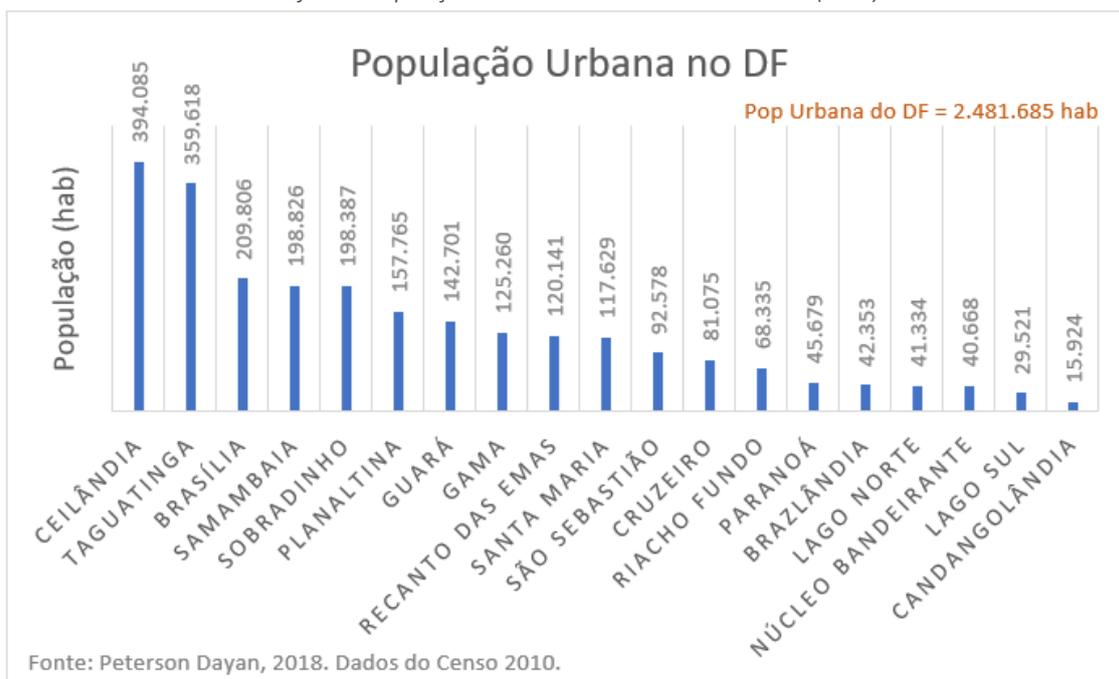


Fonte: Elaborado pelo autor.

A maior população urbana do DF se encontra no subdistrito da Ceilândia, seguida por Taguatinga, e os que possuem a menor população, são: Candangolândia e Lago Sul, como se vê no Gráfico 4. Cabe ressaltar que os subdistritos não possuem o

mesmo tamanho, e, portanto, não permitem tecer considerações em relação à baixa ou alta população em cada região de forma isolada.

Gráfico 4 - População Urbana em cada subdistrito do DF (2010)

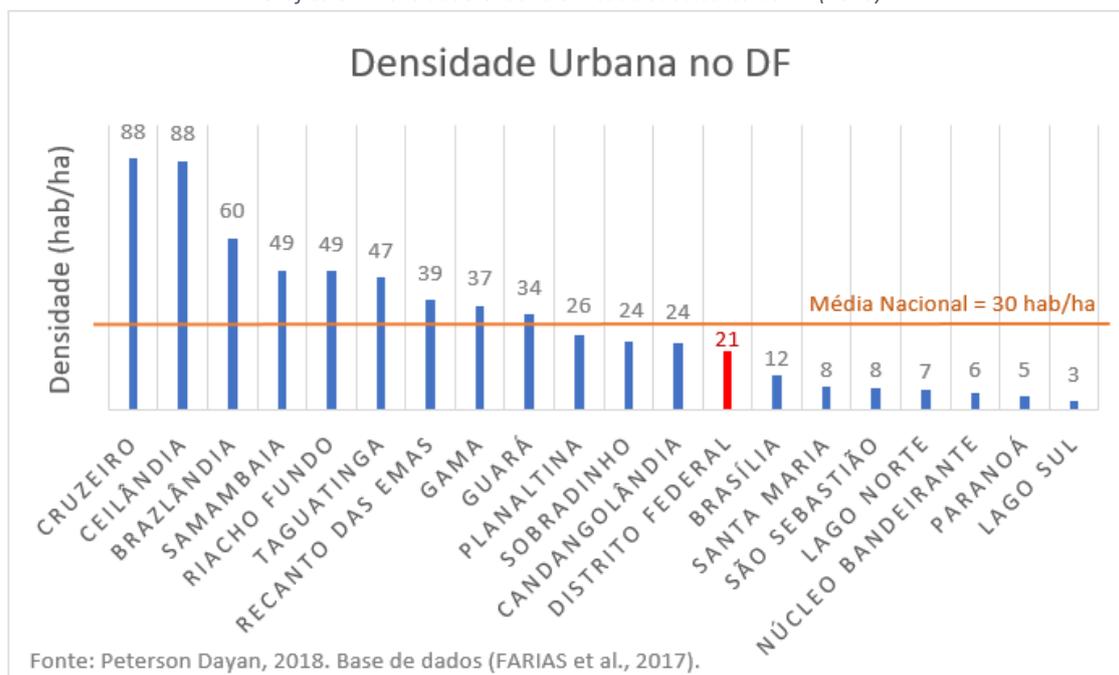


Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao identificarmos a área e a população de cada região, descobrimos a densidade urbana, que coloca todos os dados em uma mesma escala, a de número de habitantes por hectare, e assim, podemos compará-los aos dados de outras cidades. Aqui, identificamos que o Distrito Federal possui uma densidade urbana inferior à média nacional de 30 hab/ha (FARIAS et al., 2017).

Uma observação que este estudo apresenta, é que, a média nacional de 30 hab/ha foi obtida por meio das imagens de satélite da área urbana efetiva, pelos técnicos da Embrapa (FARIAS et al., 2017), já as densidades urbanas dos subdistritos do DF, foram obtidas com base nos setores censitários do Censo 2010 (IBGE, 2011), por isso, podem apresentar pequenas diferenças em seus valores.

Gráfico 5 – Densidade Urbana em cada subdistrito do DF (2010)



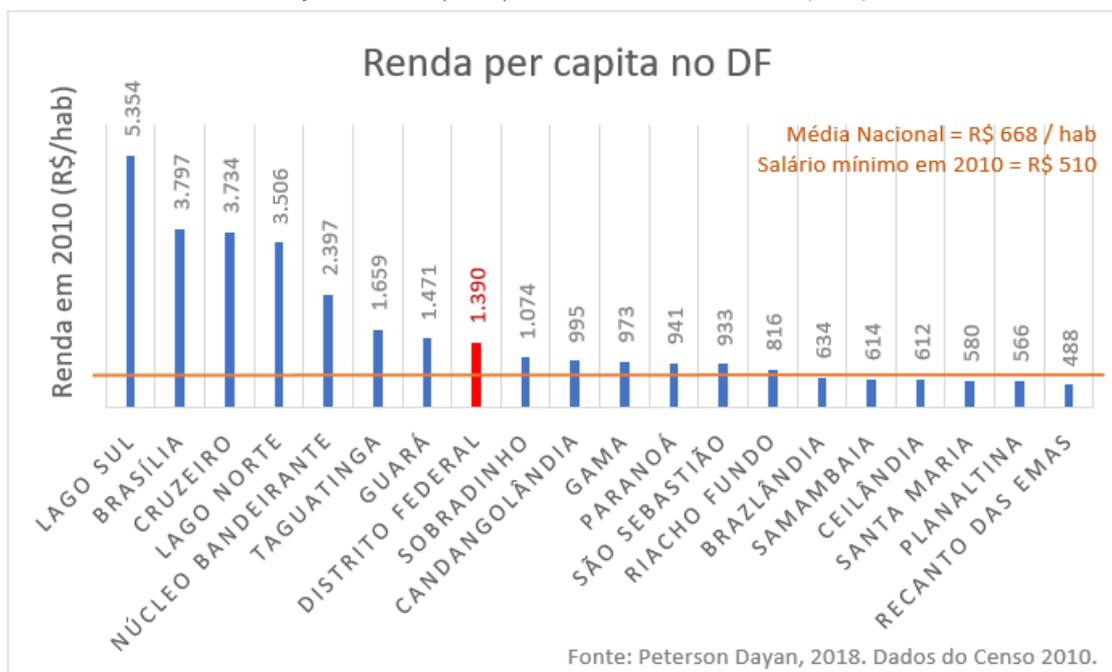
Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que a falta de adensamento e espraiamento do DF, tornou Brasília, uma cidade dispersa, cheia de vazios e fragmentada. Além do desenho urbano de Lucio Costa, o seu modelo rodoviarista (COSTA, 2014, p. 27), transformou-a em uma cidade feita para os automóveis, onde não se pode caminhar, pela falta de acessibilidade aos modos de transportes, e pelas grandes distâncias que precisam ser percorridas diariamente pela população. Esse é o reflexo da cultura política dominante no Distrito Federal, que promoveu a construção de uma cidade, em pleno século XX, com um péssimo desempenho<sup>26</sup> em mobilidade urbana.

Ao fazer um comparativo entre a densidade urbana e a renda da população, descobrimos que o subdistrito que possui a menor densidade urbana, é a que possui a maior renda per capita, o Lago Sul. Isso quer dizer que as pessoas mais ricas da cidade, ocupam, proporcionalmente, a maior parcela do território do DF.

<sup>26</sup> O desempenho aqui relatado, se trata da capacidade do indivíduo realizar seus deslocamentos de acordo com os objetivos e fundamentos que pautam a Política Nacional de Mobilidade Urbana, ou seja, que proporciona o acesso universal à cidade com equidade aos cidadãos.

Gráfico 6 - Renda per capita em cada subdistrito do DF (2010)



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 6 mostra que existe uma grande discrepância entre os três subdistritos com maior renda per capita e os demais setores do DF, chegando a uma diferença de 1000% entre o Lago Sul e o Recanto das Emas. Essa medida evidencia a realidade da segregação socioespacial no DF, em que os pobres vivem na periferia e os mais ricos próximos ao centro.

#### 4.2. Cálculo da Dispersão Urbana

Em vários aspectos, os resultados obtidos confirmam os dados do estudo de duas décadas de Bertaud e Malpezzi (2003), que utilizou os dados do Censo de 1990, para o cálculo do índice de dispersão de 48 (quarenta e oito) cidades do mundo, e da tese de Ribeiro (2008), que remodelou a fórmula, utilizando os dados do Censo de 2000, para o mesmo cálculo de 10 (dez) capitais brasileiras. Entretanto, ambos os autores não analisaram as RIDES brasileiras, nem tampouco as cidades que as compõe, com exceção do Distrito Federal.

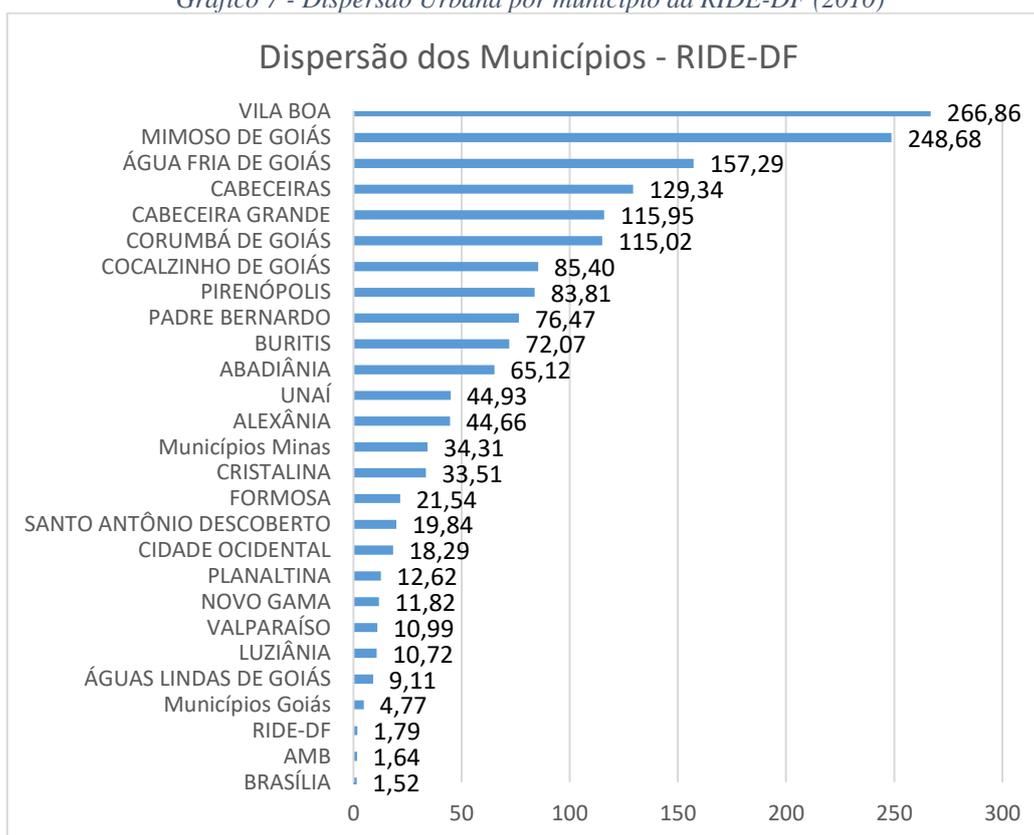
Por isso, este trabalho, vem atualizar os dados ao Censo de 2010, e ampliar a análise à RIDE do Distrito Federal, para avaliar se a configuração espacial do DF promove a articulação entre esses municípios como uma metrópole, ou se são caracterizados pela dispersão e fragmentação espacial.

Para a obtenção dos resultados, foram executados alguns procedimentos, com o uso do software ArcGIS<sup>27</sup>, para o cálculo das informações dos índices de dispersão e de densidade populacional; e do software Excel, para a geração dos gráficos de dispersão e de densidade populacional, além dos cálculos matemáticos para a obtenção das funções exponenciais de dispersão.

A partir da obtenção dos dados espacializados e não espacializados, disponíveis no banco de dados do IBGE, realizou-se o cruzamento dos dados dos setores censitários de forma a obter-se uma unidade espacial comum para análise, contemplando outros cálculos, como: das áreas urbanas; da população por setor; para a definição dos centroides; das distâncias ao CCS; para o cruzamento dessas informações na obtenção do Índice de Dispersão e para a geração dos mapas geográficos temáticos.

#### 4.2.1. Resultados da Dispersão Urbana na AMB

Gráfico 7 - Dispersão Urbana por município da RIDE-DF (2010)



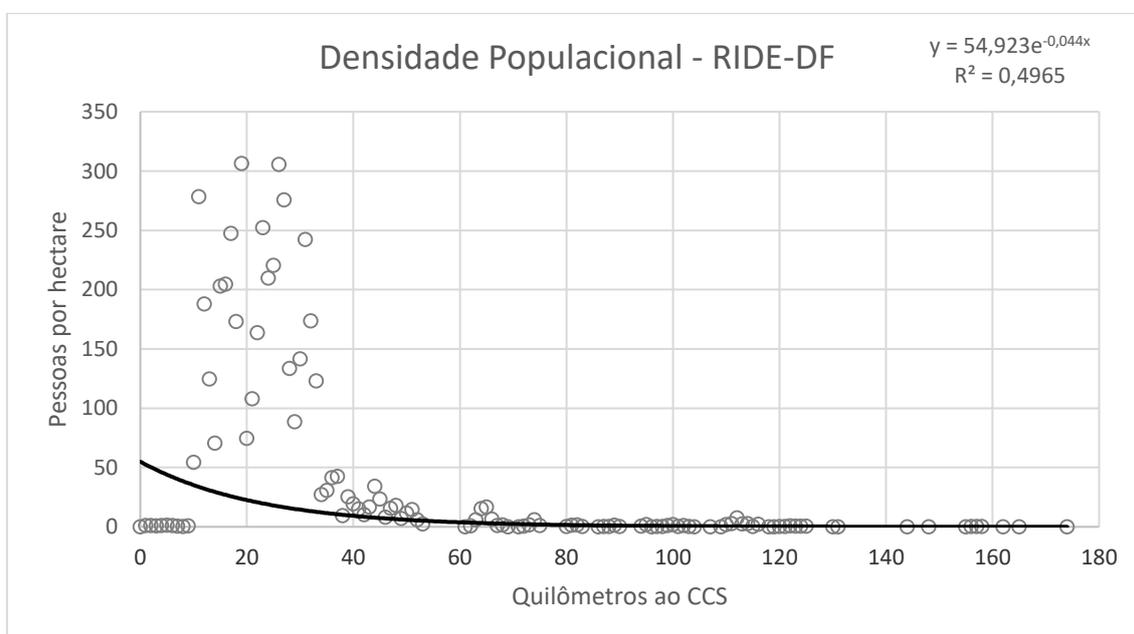
Fonte: Elaborado pelo autor.

<sup>27</sup> Para o geoprocessamento da dispersão urbana, foi utilizado o ArcGIS Desktop 10.5, um dos softwares SIG mais utilizados no mundo, desenvolvido pela empresa ESRI. O software fornece ferramentas contextuais para mapeamento, análise espacial para a exploração de dados e compartilhamento de informações baseados em SIG.

O Gráfico 7, mostra em ordem crescente a dispersão dos municípios ao CCS, chamando a atenção o fato dos municípios de Cocalzinho de Goiás e Padre Bernardo, com índices de dispersão acima de 75, fazerem parte da Área Metropolitana de Brasília - AMB (CODEPLAN, 2014). Observa-se também que, somente os municípios de Águas Lindas de Goiás, Luziânia, Valparaíso, Novo Gama, Planaltina, Cidade Ocidental e Santo Antônio do Descoberto, possuem índice de dispersão abaixo de 20, e portanto, podem ser considerados como integrados ao DF.

Este resultado corrobora o estudo feito pela CODEPLAN (2014), com exceção ao município de Luziânia, que, não foi considerado como dependente do DF.

Gráfico 8 - Distribuição da Densidade Populacional da RIDE-DF, raio 180 km (2010)

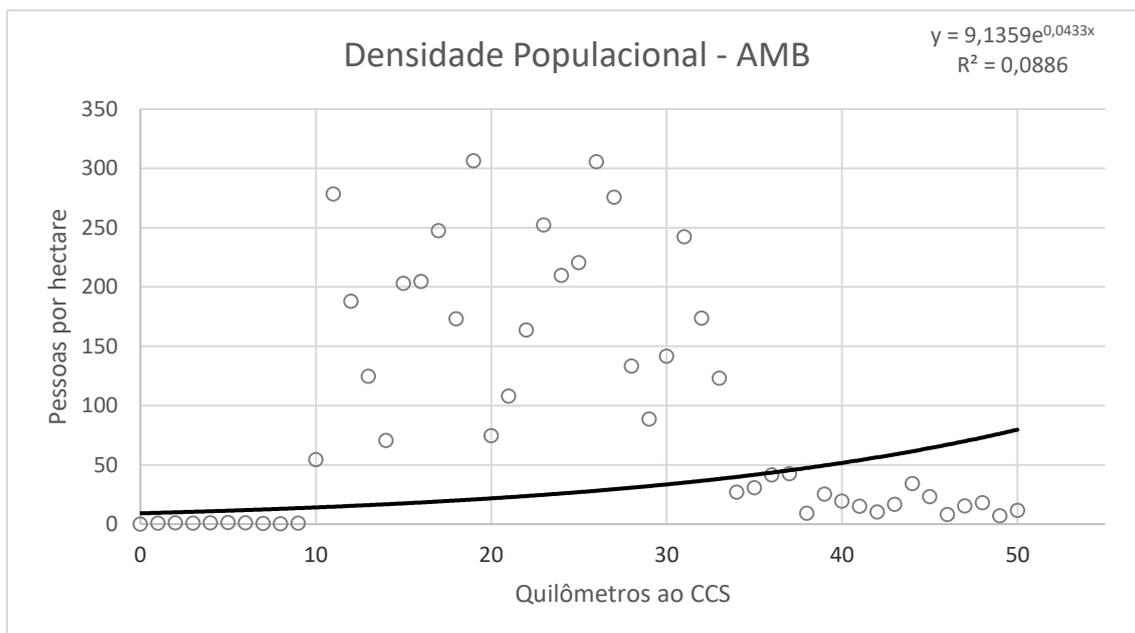


Fonte: Elaborado pelo autor. Base de dados do Censo 2010 (IBGE, 2011).

Depreende-se do Gráfico 8, que a dispersão urbana na RIDE-DF segue uma função exponencial negativa, mostrando que, quanto mais distante do Centro, menor é a concentração de pessoas. Com isso, um menor número de pessoas precisa se deslocar, à medida que se afasta do Centro.

Entretanto, ao reduzir a área de influência para a AMB, considerando somente os primeiros 50 km em relação ao CCS (Rodoviária do Plano Piloto), temos uma medida concorrente de dispersão, com uma função exponencial positiva, como mostra o Gráfico 9, corroborando com as análises de Bertaud (2010).

Gráfico 9 - Distribuição da Densidade Populacional na AMB, raio 50 km (2010)

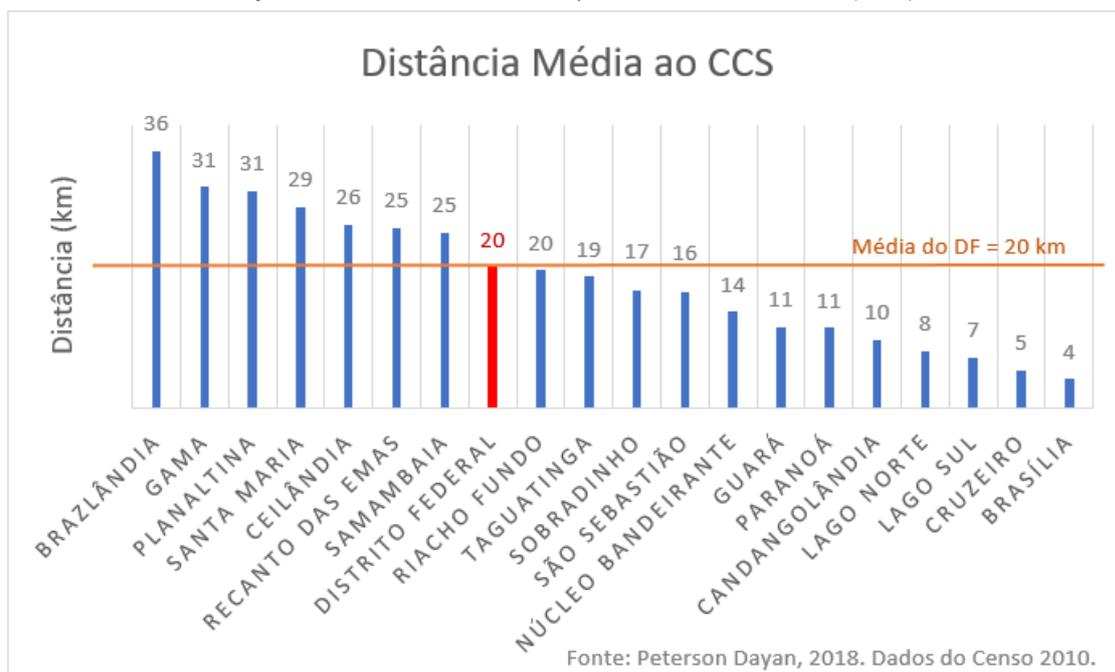


Fonte: Elaborado pelo autor. Base de dados do Censo 2010 (IBGE, 2011).

Isso mostra que, quanto mais se afasta do centro, até uma faixa de 50 km, mais se aumenta a concentração de pessoas, provocando a necessidade de deslocamentos diários de uma grande massa populacional.

O movimento pendular retratado gera diversos problemas, como congestionamentos, sobrecarga na infraestrutura rodoviária, e segregação das classes sociais, onerando o custo e impactando na qualidade de vida urbana, como também identificado por Ribeiro (2008).

Gráfico 10 - Distância Média ao CCS para cada subdistrito do DF (2010)



Fonte: Elaborado pelo autor. Base de dados do Censo 2010 (IBGE, 2011).

O Gráfico 10 mostra as distâncias médias de cada subdistrito do DF ao CCS, permitindo identificar, numericamente a segregação espacial de cada setor, assim, é possível calcular os custos e o tempo com o deslocamento pendular das pessoas que vivem em cada parte do território, o que se reflete na qualidade de vida da população.

Desta forma, podemos identificar que a dispersão urbana do DF pode ser um dos grandes indutores do mau desempenho da mobilidade urbana, e para comprovar essa suposição, deverão ser feitos os cálculos estatísticos, correlacionando esta variável com o sistema de transporte público. De qualquer maneira, percebe-se claramente que a variável dispersão urbana é um indicador de segregação socioespacial, principalmente quando identificamos a concentração das pessoas com menor renda, e em maior número, vivendo em áreas mais distantes e as de maior renda, e menor número, no centro.

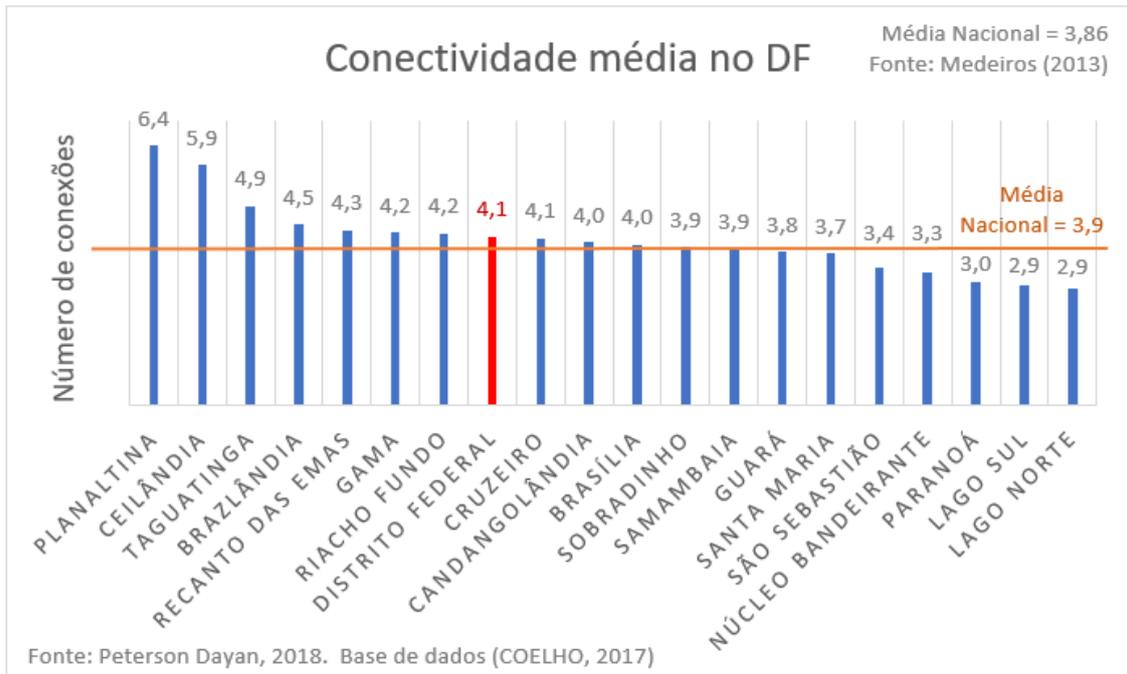
### 4.3. Resultados da Configuração Espacial do DF

#### 4.3.1. Conectividade

A variável conectividade média revela a quantidade média de conexões existentes em um mapa axial. Há uma vigorosa associação entre a forma de articulação das malhas viárias e os potenciais de acessibilidade encontrados para cada eixo em um

mapa axial (MEDEIROS, 2013, p. 498). Ou seja, valores mais altos podem indicar que há mais possibilidades de movimento.

Gráfico 11 - Conectividade média de cada subdistrito do DF (2015)



Fonte: Elaborado pelo autor.

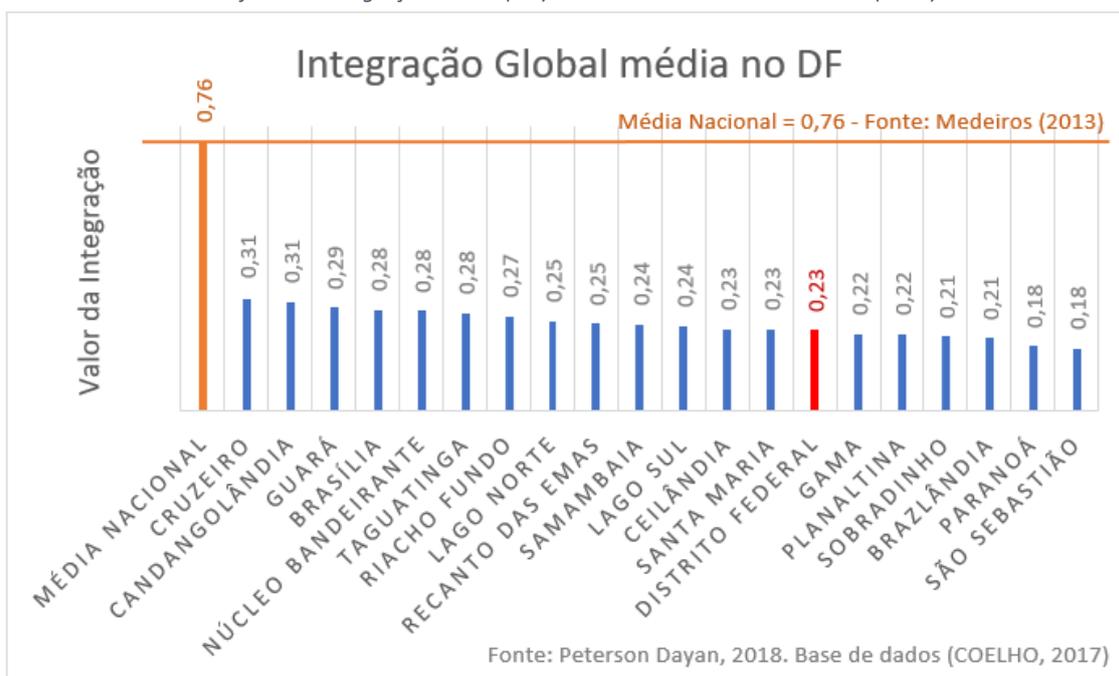
No Gráfico 11 vemos que a média do Distrito Federal se aproxima da média nacional. Essa medida associa-se diretamente à regularidade das malhas em tabuleiro de xadrez das vias principais, que produzem valores mais altos. No entanto a quantidade de rotas e trajetos disponíveis no interior das quadras e na periferia do DF, é baixíssimo. Isso se justifica pela configuração do tecido urbano nessas regiões, é orgânico e irregular, o que provoca a diminuição da conectividade média e compromete a acessibilidade potencial.

#### 4.3.2. Integração Global

Os valores de Integração global ( $R_n$ ) do sistema indicam importantes características do traçado urbano, aspectos de dispersão e compacidade, ortogonalidade e regularidade, além de possuírem influência do tamanho e contexto topográfico da cidade. Os valores de integração atribuídos a cada linha são expressos graficamente num mapa cromático, nos quais as cores variam entre azul e vermelho, sendo que cores mais quentes representam as áreas mais acessíveis.

Barros (2014) considera importante verificar a “disposição do conjunto de eixos mais integrados”, considerados pela autora como a banda cromática vermelha no mapa de integração global, que conformam o chamado “núcleo de integração”. Medeiros (2013), explica que essas áreas mais acessíveis, tendem a concentrar mais usos, como comércio e serviços, caracterizando potenciais centralidades urbanas.

Gráfico 12 - Integração Global (HH) média de cada subdistrito do DF (2015)



Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir do mapa de Integração Global, é possível verificar que o núcleo de integração do sistema não está bem definido, em especial quando se nota os eixos mais integrados de forma dispersa e se expande nas direções sul e norte. Pelo Gráfico 12 podemos notar que todos os subdistritos do DF possuem um nível de integração muito inferior à média nacional, sinalizando a falta de acessibilidade do sistema como um todo. Considerando o mapa de integração global e os níveis de integração de cada subdistrito, pode-se identificar visualmente a correspondência entre as vias potencialmente mais acessíveis e os subdistritos mais acessíveis.

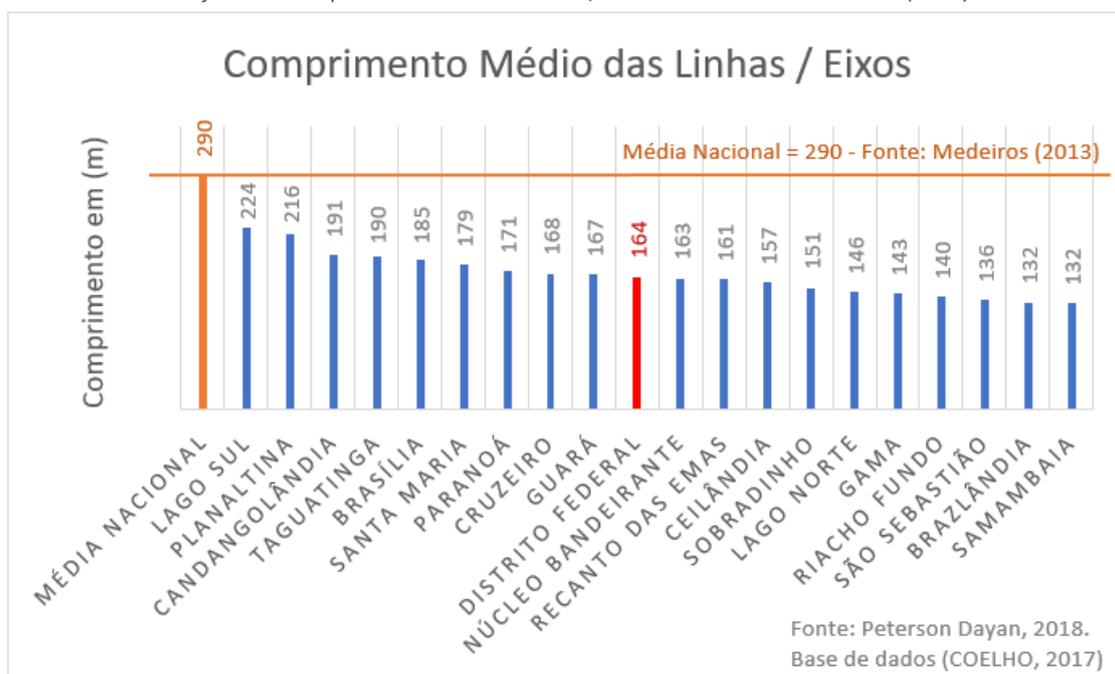
Verifica-se que a centralidade do sistema se concentra apenas nos eixos viários principais, onde estes podem ser mais facilmente alcançados a partir de todos os demais existentes no sistema. Assim, onde deveriam se concentrar os usos e atividades que se beneficiam desse movimento potencial, como comércio e serviços, na verdade

existem grandes vazios urbanos, mesmo no núcleo de integração, correspondente ao conjunto de eixos mais integrados, que aponta a falta de um centro consolidado.

### 4.3.3. Comprimento Médio das Linhas

Conforme Medeiros (2006, p.300), o valor do comprimento médio dos eixos “revela o arranjo da estrutura urbana por meio da representação linear.” O autor explica que quando as cidades possuem arranjos mais ortogonais, esse valor tende a ser maior do que para sistemas com desenhos mais orgânicos ou irregulares. Este valor representa a rua “média” do sistema, reforçando o caráter geométrico do setor, permitindo diferenciá-los entre grandes e pequenos assentamentos.

Gráfico 13 - Comprimento médio das linhas/eixos de cada subdistrito do DF (2015)

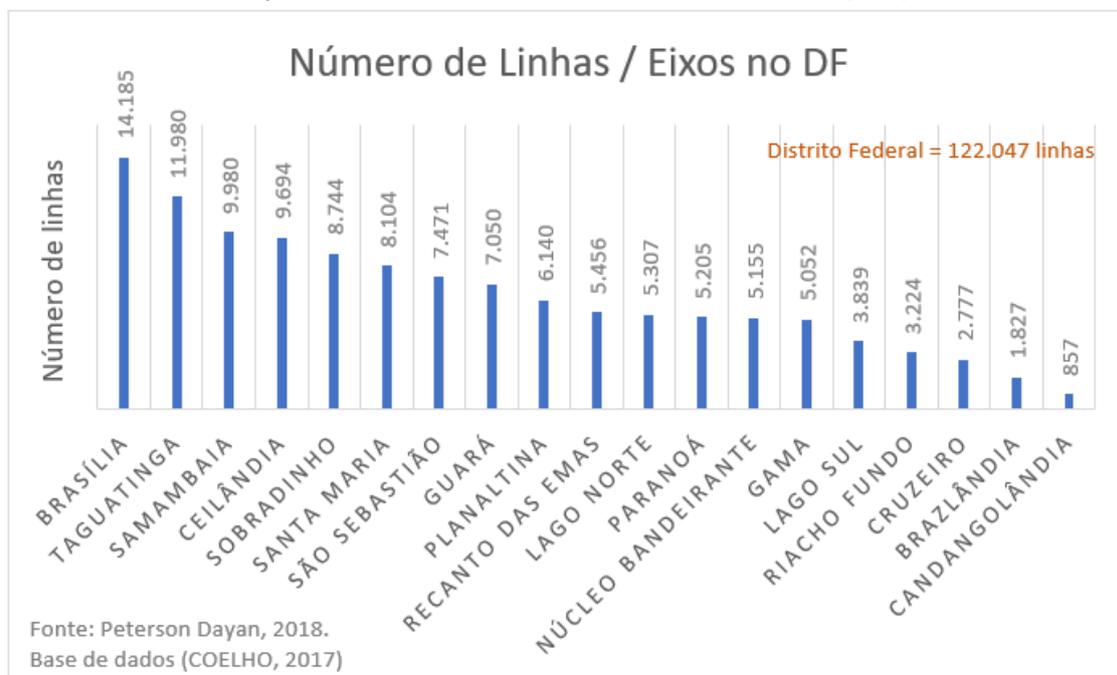


Fonte: Elaborado pelo autor.

Depreende-se do Gráfico 13 que o comprimento médio das linhas do Distrito Federal está abaixo da média nacional, mantendo-se inferior em todos os subdistritos. O fato dos valores serem inferiores à média nacional de 290, demonstra que o DF possui um arranjo menos ortogonal que a média. Juliana Coelho (2017, p. 121), ressalta que estes números obtidos pelo DF é reflexo do preenchimento dos vazios entre os caminhos estruturantes existentes. Assim, a diminuição do comprimento médio das linhas, denota

o surgimento de bairros menores, combatendo a expansão da cidade que ocorreu de forma espalhada, onde poucas vias conectam os bairros distantes ao centro da cidade.

Gráfico 14 - Número de linhas/eixos em cada subdistrito do DF (2015)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que os valores encontrados no Gráfico 14 apresenta discrepância, em relação aos resultados de Juliana Coelho (2017), por terem sido retiradas todas as linhas das áreas rurais, sendo considerados apenas as vias urbanas neste estudo.

#### 4.3.4. Compacidade do Sistema

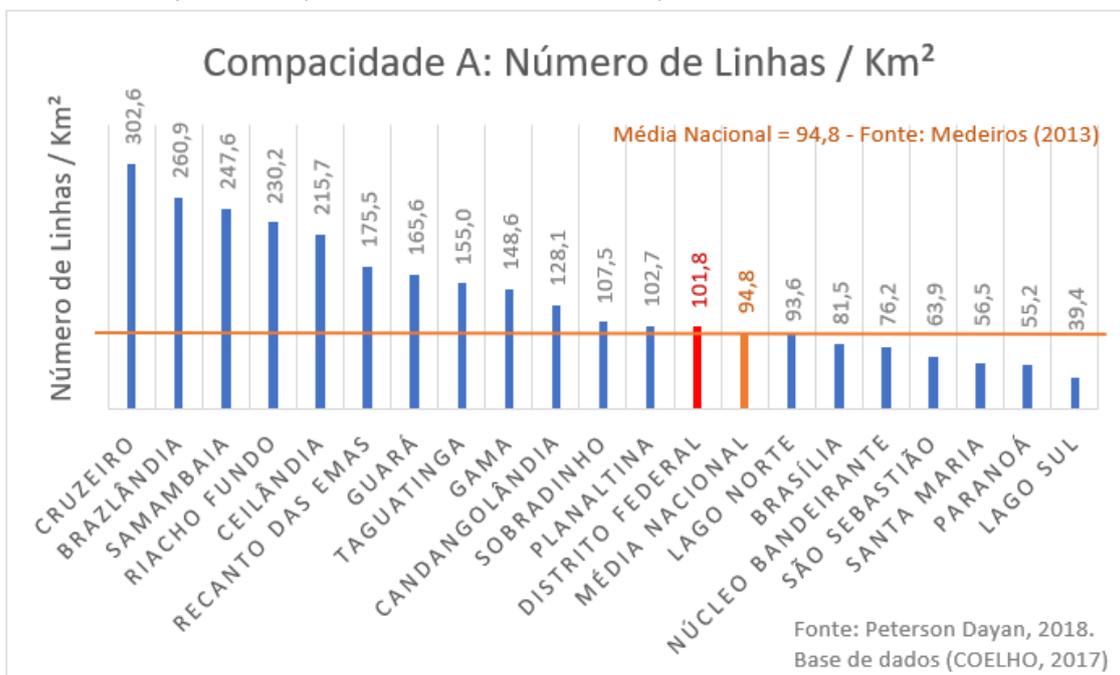
A variável Compacidade é útil para a investigação de como a mancha urbana se distribui sobre o espaço em termos de dispersão ou compactação: há cidades mais compactas e outras menos, e disso resultam problemas ou vantagens econômicas, sociais, políticas, etc. (MEDEIROS, 2013).

Considerando que todas as cidades brasileiras possuem densidades urbanas médias, abaixo de 170 hab/ha (FARIAS et al., 2017), e que o DF possui densidade de apenas 21 hab/ha, fica difícil declarar alguma cidade compacta. Entretanto, podemos notar as diferenças de compacidade dos subdistritos e as semelhanças com as densidades do Gráfico 5.

Assim, observamos que podemos estimar a distribuição de densidade populacional no território, sem a necessidade de conhecer, de fato, o número de habitantes

em cada localidade. Esta é uma ferramenta muito importante para a simulação de cenários futuros no momento do desenvolvimento de projetos urbanísticos e de planejamento urbano.

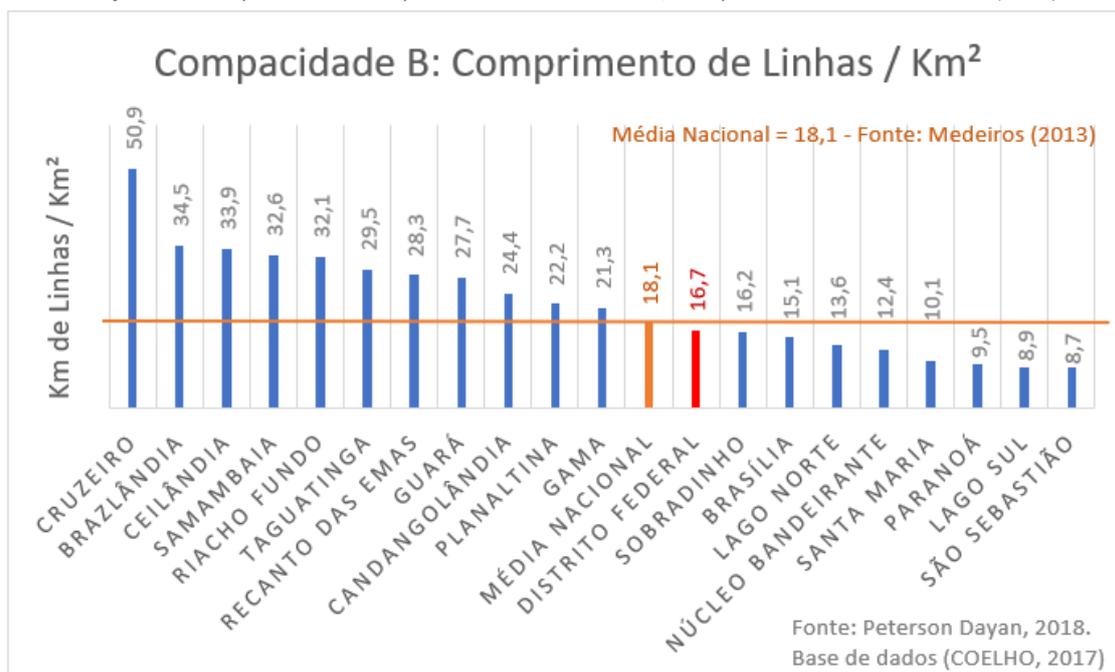
Gráfico 15 - Compacidade A: número de linhas / km<sup>2</sup> para cada subdistrito do DF (2015)



Fonte: Elaborado pelo autor.

A medida de Compacidade A, do Gráfico 15, indica o grau de densidade do sistema, e no caso do Distrito Federal percebemos uma grande variação do número de linhas para cada km<sup>2</sup> dos subdistritos, com seus extremos chegando a 302,6 linhas por km<sup>2</sup>, no Cruzeiro, e a meros 39,4 linhas por km<sup>2</sup>, no Lago Sul, enquanto que a média do DF atingiu o valor de 101,8 linhas por km<sup>2</sup>, um pouco acima da média nacional.

Gráfico 16 - Compacidade B: comprimento de linhas em km / km<sup>2</sup> para cada subdistrito do DF (2015)



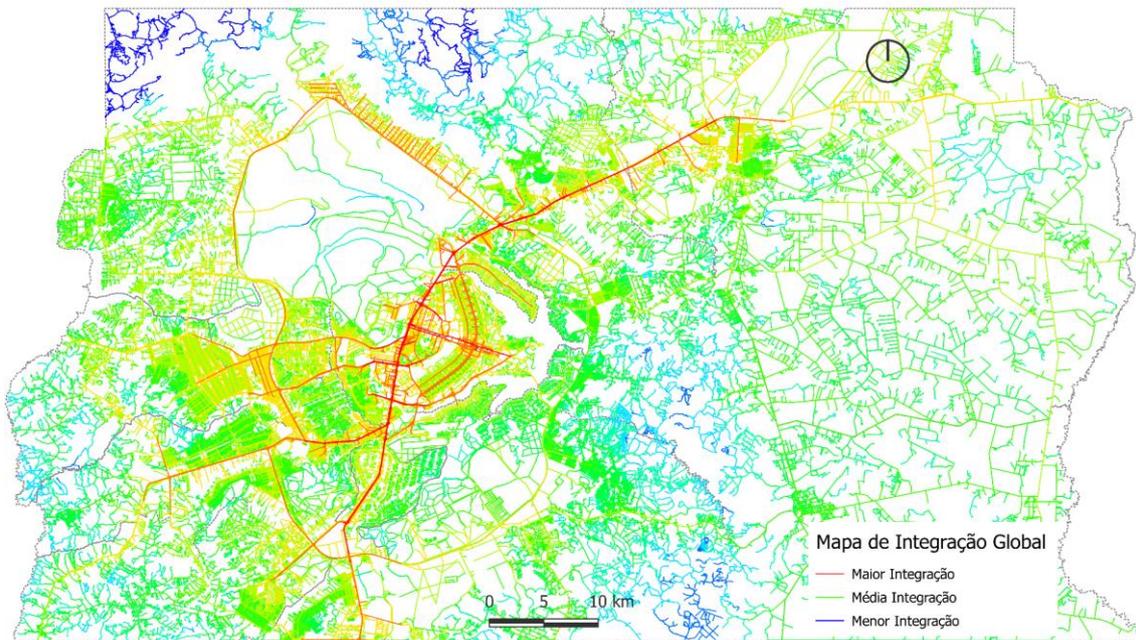
Fonte: Elaborado pelo autor.

Já a medida de Compacidade B, mostrada no Gráfico 16, indica que, independente da regularidade, o Distrito Federal possui um baixo índice de vias disponíveis por unidade de área, ou seja, em média o comprimento das vias por km<sup>2</sup> está abaixo da média nacional, caracterizando a existência de grandes vazios urbanos, com um crescimento voltado à expansão da área urbana, à especulação imobiliária e a segregação sócio-espacial da população, principalmente nos subdistritos de São Sebastião, Lago Sul, e Paranoá, que possuem menos de 10 km de vias para cada km<sup>2</sup> de área urbana.

#### 4.3.5. NAIN e NACH

O mapa de integração angular normalizada – NAIN, da Figura 7, mostra as vias mais acessíveis e as menos acessíveis do sistema viário do DF, onde percebe-se que a via EPIA é a via mais integrada, caracterizando uma centralidade do sistema, onde pode ser facilmente alcançada a partir de todas as demais existentes no sistema.

Figura 7 - Mapa de Integração Angular Normalizada - NAIN

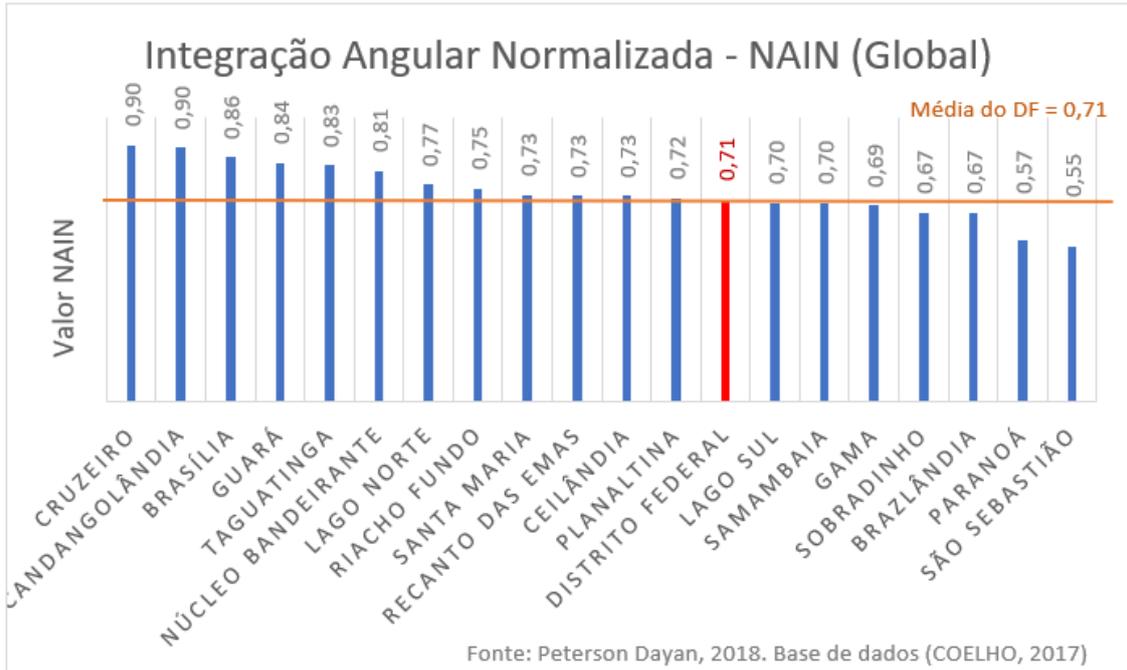


Fonte: Elaborado pelo autor. Base de dados de Juliana Coelho (2017).

Entretanto, onde deveriam se concentrar os usos e atividades que se beneficiam desse movimento potencial, como comércio e serviços, na verdade existem grandes vazios urbanos. Mesmo no núcleo de integração, correspondente ao conjunto de eixos mais integrados, aponta a falta de um centro consolidado.

Assim, com uma forma urbana dispersa, o Distrito Federal se caracteriza por poucas vias que servem apenas para a ligação de uma grande massa populacional, que necessita se deslocar diariamente, da periferia para o centro, explorando, praticamente, a função de passagem dessas vias, exacerbando a segregação socioespacial e a piora da qualidade de vida da população.

Gráfico 17 - Valor de NAIN para cada subdistrito do DF (2015)



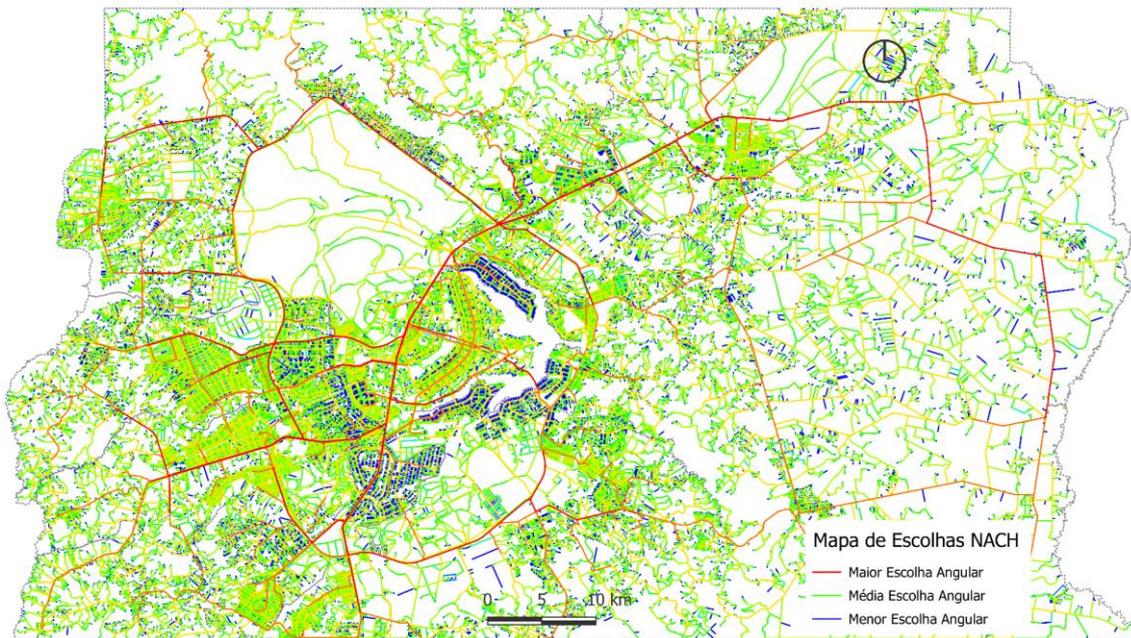
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na análise de segmentos, o NAIN é uma das principais variáveis, que indica o nível de integração na formação de centros e destinos, onde estes podem ser mais facilmente alcançados a partir de todos os demais existentes no sistema. São em síntese os segmentos estruturantes do sistema.

O Gráfico 17 mostra as variações de cada subdistrito, e novamente nos mostra a preocupante situação das regiões de São Sebastião e Paranoá, com os piores níveis de integração do Distrito Federal.

Na análise de segmentos, o mapa de escolha angular normalizada – NACH, da Figura 8, é a segunda principal variável, que indica as melhores escolhas nos percursos e trajetos em um movimento dentro do sistema.

Figura 8 - Mapa de Escolhas Angular Normalizadas - NACH

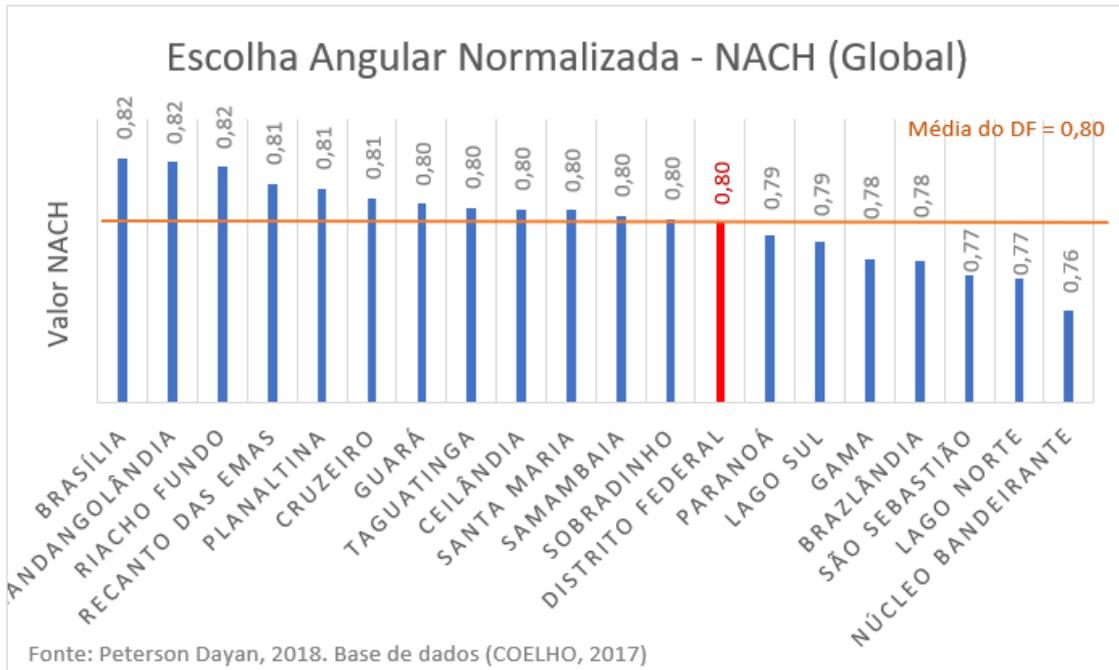


Fonte: Elaborado pelo autor. Base de dados de Juliana Coelho (2017).

Esta variável é particularmente útil para apontar os principais eixos de circulação que atravessam todo o sistema urbano como rotas mais prováveis de utilização. Daí a importância de realizar o cruzamento das rotas de ônibus com o NACH. Podemos identificar se o sistema de transporte público possui um bom desempenho, quando as linhas estão otimizadas aos melhores percursos do sistema, ou seja, quando se obtém uma compatibilização das duas variáveis.

No contexto das análises de segmento (AL\_SAYED et al., 2014), que interessa o caminho angular mais curto, buscamos identificar as centralidades mais acessíveis aos pedestres e aos ciclistas, usando o NACH global e o NACH com raio de 9600 metros, com o cruzamento do sistema de transporte público coletivo e com o sistema cicloviário, respectivamente. Usamos a análise do menor ângulo porque parece corresponder melhor com o modo pelo qual as pessoas navegam no espaço.

Gráfico 18 - Valor de NACH para cada subdistrito do DF (2015)



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 18, apresenta as diferenças médias da escolha angular normalizada – NACH, entre todos os subdistritos do DF, o que possibilitou identificar que, comparativamente, a variável NACH 9600 possui mais caminhos com melhor escolha angular normalizada, se aproximando de forma muito mais próxima às rotas de ônibus do sistema de transporte público coletivo, obtidos pelas correlações estatísticas.

As variáveis da configuração espacial revelaram as diferenças entre os subdistritos do DF, e mostraram o quanto as áreas mais centrais possuem melhores resultados

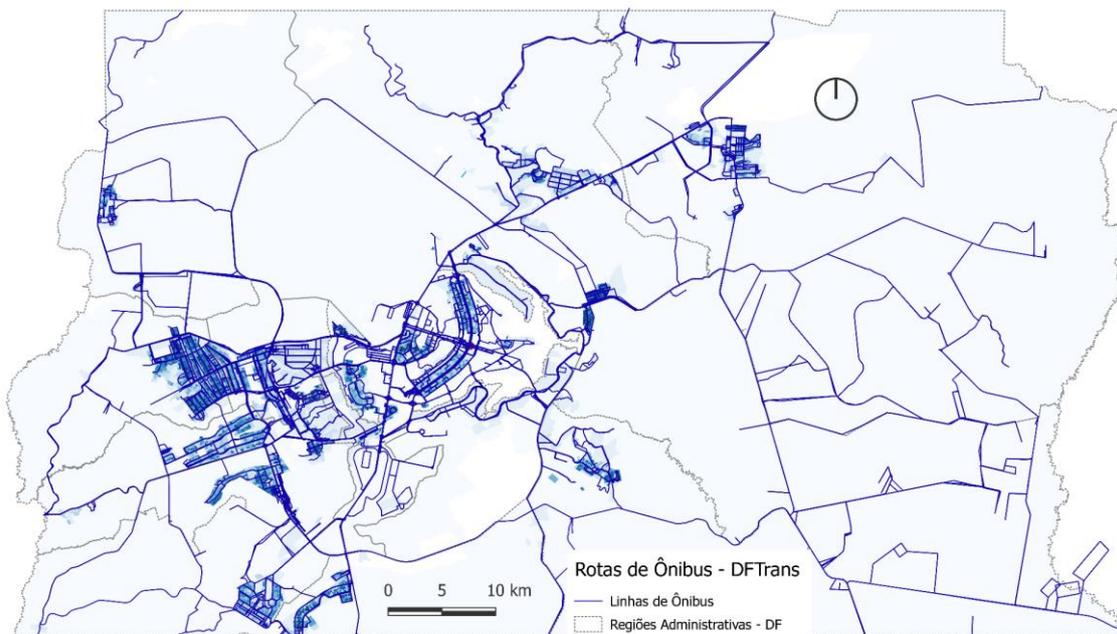
#### 4.4. Correlações da Mobilidade Urbana à Configuração Espacial

Os resultados obtidos pelos efeitos da densidade da população e de emprego, são confrontados com a distância das estações de transporte público coletivo, além do zoneamento, uso do solo e do sistema cicloviário.

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

A Figura 9 mostra as linhas de ônibus do sistema de transporte público do DF, onde há a sobreposição das rotas ao passar pelo mesmo trajeto, sendo assim, consideradas unidas neste modelo, ou seja, não são computadas as vias em duplicidade quando as linhas são sobrepostas.

Figura 9 - Rotas de Ônibus do sistema de transporte público do DF



Fonte: Elaborado pelo autor. Base de dados de Rony Velasquez (2015).

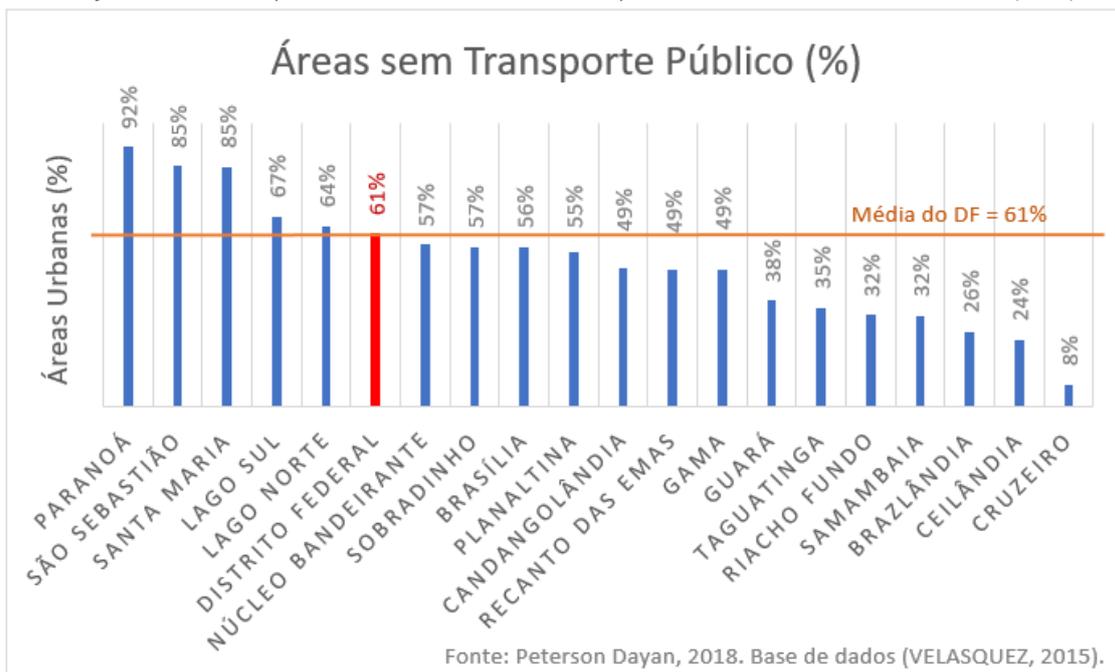
Por meio do mapeamento das linhas de ônibus, do sistema de transporte público coletivo do DF, Figura 9, identificou-se as áreas que não são cobertas por este serviço. Este resultado foi obtido a partir da correlação entre a área de cobertura das rotas de ônibus do DFTrans e dos pontos de parada, com a área urbana de cada subdistrito do DF.

Foi identificado que, em média, **61% da área urbana** do Distrito Federal, **não possui acesso ao transporte público coletivo**, a um raio máximo de 400 metros, ou 5 minutos de caminhada aos pontos de parada de ônibus.

Da mesma forma, identificou-se a população não atendida pelo sistema de transporte público coletivo do DF. Este resultado foi obtido a partir da correlação entre a área de cobertura das rotas de ônibus do DFTrans e dos pontos de parada, com a população urbana de cada subdistrito do DF.

Foi identificado que, em média, **17% da população urbana** do Distrito Federal, **não possui acesso ao transporte público coletivo**, a um raio máximo de 400 metros, ou 5 minutos de caminhada aos pontos de parada de ônibus.

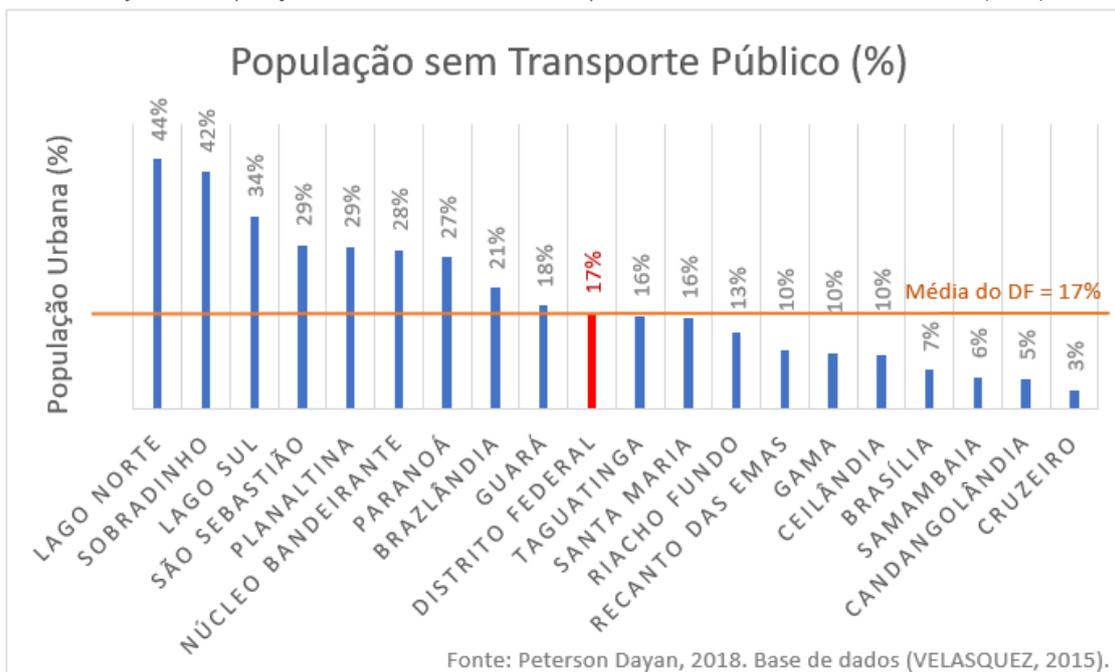
Gráfico 19 - Áreas desprovidas de acessibilidade ao Transporte Público em cada subdistrito do DF (2015)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os lugares mais críticos, onde mais de 40% da população não possui transporte público acessível, se encontra no **Lago Norte** e em **Sobradinho**, demonstrando a ineficiência do sistema de ônibus, principalmente nessas regiões, conforme se nota nos resultados apresentados no Gráfico 20.

Gráfico 20 - População sem acessibilidade ao Transporte Público em cada subdistrito do DF (2015)

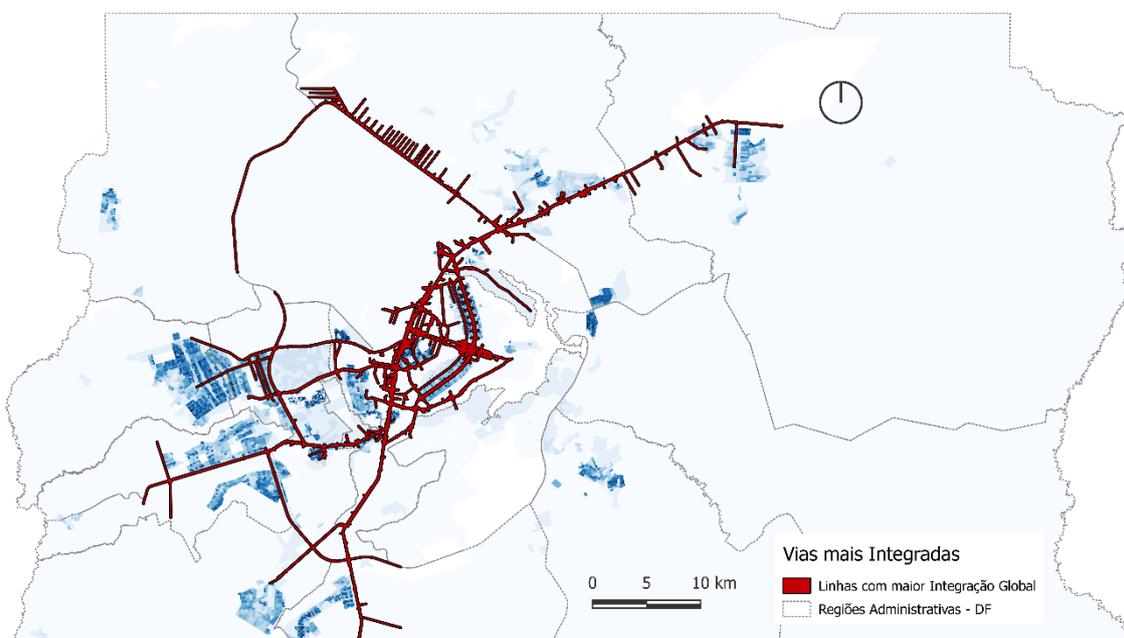


Fonte: Elaborado pelo autor.

O reflexo dessa falta de acessibilidade ao transporte público, está diretamente relacionada à disponibilidade de comércio e serviços à população. Scoppa e Peponis mostram que as medidas que descrevem a sintaxe da rede de vias têm uma relação significativa com a densidade de fachada comercial, com base em uma análise da base de dados espaciais da cidade de Buenos Aires, que tem um plano de rua radial, com blocos regulares e um lugar central bem definido, identificando o impacto da atração do Centro de Comércio e Serviços (SCOPPA; PEPONIS, 2015).

Pelo que se pôde observar, essa não é a realidade do Distrito Federal, onde as vias mais integradas possuem poucas fachadas comerciais, como é o caso das vias: EPIA, EPNB, EPTG, EPCL e EIXO<sup>28</sup>, presentes no mapa da Figura 10.

Figura 10 – Vias com maior Integração Angular Normalizada - NAIN



Fonte: Elaborado pelo autor. Base de dados de Juliana Coelho (2017).

As vias mais integradas<sup>29</sup> correspondem a apenas 23% da área ocupada pelas linhas de ônibus de todo o DF, entretanto, **68% dessas vias fazem parte do itinerário dos ônibus** pertencentes ao sistema do DFTrans, sendo que aqui não foram contabilizados

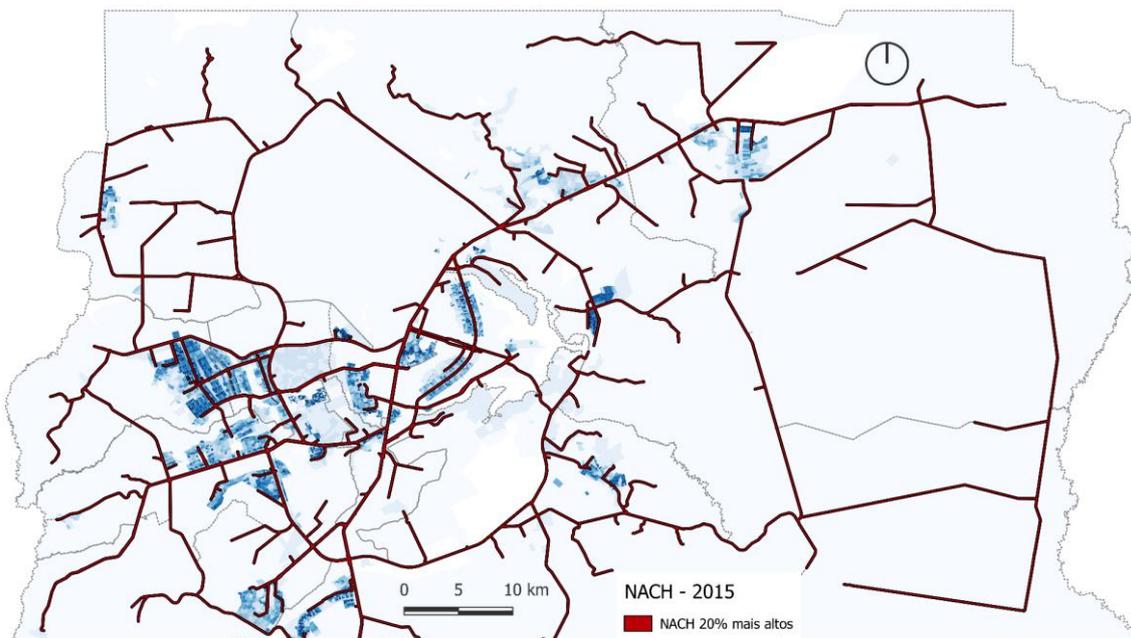
<sup>28</sup> EIXO - Eixo Rodoviário de Brasília – DF 002; EPIA - Estrada Parque Indústria e Abastecimento – DF 003; EPNB - Estrada Parque Núcleo Bandeirante – DF 075; EPTG - Estrada Parque Taguatinga – DF 085; EPCL - Estrada Parque Ceilândia – DF 095

<sup>29</sup> Considera-se como vias mais integradas, aquelas que correspondem a 20% das ruas mais acessíveis espacialmente (STONOR, 2015).

os trechos em duplicidade, ou seja, foram computados somente os trechos onde houve sobreposição das linhas de ônibus com as vias mais integradas do sistema viário.

Esta mesma análise foi feita para as vias com a escolha angular normalizada – NACH 20% mais altos, como mostra a Figura 11.

Figura 11 - Mapa com as Escolhas Angulares Normalizadas - NACH 20% mais altas

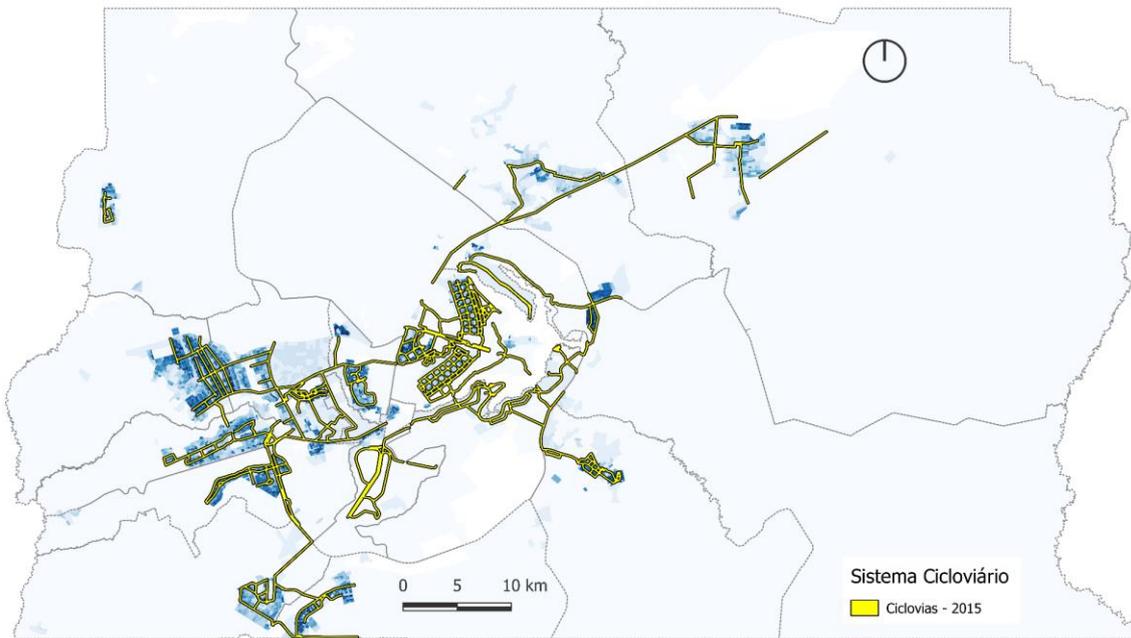


Fonte: Elaborado pelo autor. Base de dados de Juliana Coelho (2017).

Juliana Coelho (2017, p. 114) destacou que há uma rede de caminhos bastante estruturada em nível global (NACH), que abrange praticamente todo o território quando se consideram as vias com os valores de NACH 20% mais altos.

Ao realizar o cruzamento destes caminhos com o sistema de transporte coletivo de ônibus do DF, encontramos uma **correlação de 69%** dessas vias de melhor escolha, como **pertencentes ao itinerário dos ônibus** do DFTrans. E ao analisar a abrangência das rotas de ônibus e das vias de melhor escolha angular normalizada – NACH 20%, identificamos que **as melhores escolhas correspondem a 46% do total das linhas de ônibus.**

Figura 12 - Sistema cicloviário construído e em projeto para o DF



Fonte: Elaborado pelo autor. Base de dados do Geoportal<sup>30</sup>

Por meio da correlação entre o sistema cicloviário do DF<sup>31</sup> e as vias mais integradas e de melhor escolha, identificou-se que apenas **43% das ciclovias**, estão inseridas **nas vias de melhor escolha** angular normalizada, ou seja, **57% das ciclovias** do DF, estão localizadas em áreas de **pior percurso para o acesso às principais localidades**.

Identificou-se, ainda que, **apenas 31% das áreas mais integradas possuem ciclovias**, ou seja, o sistema cicloviário está **deixando de atender 69% das regiões mais acessíveis**. Este é um dado preocupante, pois demonstra a ineficiência do sistema cicloviário no DF, mesmo, considerando todas as ciclovias construídas e as que estavam em projeto no ano de 2015.

Quando uma via mais acessível não possui ciclovias, poderíamos imaginar que isso ocorre por ela não possuir atratividades para a circulação de pessoas, e com isso não se justificaria a construção de ciclovias. Esta hipótese é rejeitada por ser, as vias mais acessíveis, aquelas que exercem função de centralidades, e consequentemente, possui maior concentração de pessoas, e ao mesmo tempo, demanda por ciclovias.

<sup>30</sup> A base de dados do Geoportal é disponibilizada pela SEGETH – Secretaria de Gestão do Território e Habitação, no seguinte endereço: <https://www.geoportal.segeth.df.gov.br/> Acesso em: 10/01/2018.

<sup>31</sup> Foram incluídas as ciclovias que já estavam construídas e as que estavam em projeto em 2015.

## 4.5. Resultados dos Testes Estatísticos

### 4.5.1. Estatística Descritiva

Todos os resultados obtidos pelas variáveis relacionadas à configuração espacial, geométricas e topológicas, assim como, pelas variáveis da mobilidade urbana, foram lançadas no *Software IBM SPSS Statistics V.22* com a finalidade de processar os testes estatísticos, e com isso identificar as variáveis representativas com significância estatística. Para isso, o primeiro passo, foi o processamento da estatística descritiva, que na Tabela 4, já foram suprimidas as variáveis descartadas, ou seja, que não possuem correlações significativas ao que se pretende identificar neste trabalho.

Tabela 4 - Estatísticas descritivas de cada variável analisada

	N	Mínimo	Máximo	Soma	Média	Desvio Padrão	Variância
Area_ha	19	669,21	17396,43	119846,30	6307,7000	4665,08945	21763059,534
Pop_Urb	19	15924	394085	2481685	130615,00	105616,112	11154763049,111
Densidade	19	3,03	88,36	614,08	32,3200	26,36372	695,046
Renda_Percap	19	\$488.19	\$5,353.78	\$31,143.13	\$1,639.1121	\$1,423.68623	2026882,475
Area_sem_tran	19	71,21	12173,81	73382,94	3862,2600	3770,59402	14217379,288
Perc_area_não	19	,0776	,9183	9,5930	,504895	,2219797	,049
Area_atendida	19	341,02	7570,82	46463,36	2445,4400	1727,17910	2983147,643
Pop_não_atend	19	858	83055	420663	22140,16	20814,164	433229412,251
Perc_pop_não	19	,0343	,4391	3,6844	,193916	,1233537	,015
Dist_CCS_km	19	4,136	36,459	345,999	18,21047	9,729968	94,672
nLinhas	19	857	14185	122047	6423,53	3445,802	11873554,485
NACH	19	,7590	,8239	15,1516	,797453	,0178703	,000
NAIN	19	,5482	,9029	14,1048	,742358	,0985634	,010
CONN	19	2,87	6,39	77,41	4,0742	,90735	,823
INT	19	,1775	,3141	4,6752	,246063	,0397909	,002
LEN	19	132	224	3152	165,89	26,648	710,099
Linhas_km2	19	39,44	302,65	2706,26	142,4347	78,48925	6160,563
km_Linhaskm2	19	8,67	50,91	431,90	22,7316	11,46431	131,430
N válido (de lista)	19						

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

A estatística descritiva da Tabela 4, segue os procedimentos da extensa bibliografia de George Casella e Roger Berger (2002), ao definir os conceitos e teorias aplicadas aos métodos estatísticos consagrados na literatura. Daqui em diante todos os

conceitos, e métodos adotados nos testes estatísticos, devem ser consultados na literatura específica (CASELLA; BERGER, 2002), visto que o foco desta dissertação não é a explicação da teoria de cada teste realizado, mas sim da sua aplicação para validação e identificação das variáveis significativas.

#### 4.5.2. Testes de Normalidade

Aplicou-se o Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov e de Shapiro-Wilk, com a correção do primeiro teste pela correlação de significância de Lilliefors, com a finalidade de identificar as variáveis cujos dados possuem distribuição normal. Utilizando 5% como nível de significância, e hipótese nula  $H_0$  de que os dados seguem uma distribuição normal, foi possível identificar que apenas as variáveis “Renda per capita” e “População não atendida” não seguem uma distribuição normal, pois a hipótese nula  $H_0$ , foi rejeitada para essas duas variáveis, como mostra a Tabela 5.

Tabela 5 - Testes de Normalidade Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk de uma amostra

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
Area_ha	,125	19	,200*	,932	19	,188
Pop_Urb	,152	19	,200*	,856	19	,008
Densidade	,147	19	,200*	,890	19	,033
Renda_Percapita	,286	19	,000	,764	19	,000
Area_sem_transp	,195	19	,056	,856	19	,008
Perc_area_não_atend	,114	19	,200*	,971	19	,789
Area_atendida_ha	,158	19	,200*	,880	19	,021
Pop_não_atend	,247	19	,003	,791	19	,001
Perc_pop_não_atend	,133	19	,200*	,930	19	,174
Dist_CCS_km	,124	19	,200*	,952	19	,433
CONN	,183	19	,095	,896	19	,041
INT	,085	19	,200*	,973	19	,834
LEN	,108	19	,200*	,939	19	,257
nLinhas	,137	19	,200*	,972	19	,815
Linhas_km2	,146	19	,200*	,936	19	,222
Comp_Linhas_km2	,137	19	,200*	,925	19	,137
NACH	,148	19	,200*	,962	19	,614
NAIN	,137	19	,200*	,957	19	,507

\*. Este é um limite inferior da significância verdadeira.

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Assim, aplicando-se o Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra, temos a decisão de rejeitar a hipótese nula de que as variáveis “Renda per capita” e “População não atendida” seguem uma distribuição normal, como mostra a Tabela 6.

Tabela 6 - Resumo do Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov

<b>Resumo de Teste de Hipótese</b>				
	<b>Hipótese nula</b>	<b>Teste</b>	<b>Sig.</b>	<b>Decisão</b>
<b>1</b>	A distribuição de Renda_Percapita é normal com média 1.639,112 e desvio padrão 1.423,69.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,000 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.
<b>2</b>	A distribuição de Pop_não_atend é normal com média 22.140,158 e desvio padrão 20.814,16.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,003 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

<sup>1</sup>Lilliefors Corrigido

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Considerando a suposição de normalidade das variáveis ser verdadeira, com exceção à “Renda per capita” e “População não atendida”, podemos realizar os testes paramétricos para os dados não pareados. Nos dados não pareados, a normalidade deve ser verificada nos valores de cada grupo.

Desta forma, realizou-se o teste t não pareado para a comparação das médias de duas amostras. Como as médias são de uma mesma distribuição (Normal), esse teste da diferença de duas médias é, na realidade, um teste de diferença de duas populações, que mede a dispersão entre elas.

Além da suposição de normalidade, foi verificada se as variâncias dos grupos são iguais ou diferentes, com a aplicação do Teste F, de Fisher-Snedecor. Como não houve evidências para acreditarmos que os dados não são normais, podemos supor a normalidade dos dados, e seguir com as correlações estatísticas de Pearson.

#### **4.5.3. Correlação de Pearson**

Analisar somente o gráfico de dispersão leva a conclusões subjetivas. Existe a necessidade de definir uma medida que quantifique de forma objetiva o grau de relação entre as variáveis. Assim, uma medida do grau de relacionamento linear entre duas variáveis é dada pelo Coeficiente de Correlação de Pearson (para dados quantitativos).

A correlação populacional de Pearson mede o grau de associação linear entre duas variáveis aleatórias com distribuição normal. A teoria de Pearson, supõe que duas variáveis têm distribuição normal bivariada, com um estimador de Máxima Verossimilhança<sup>32</sup> de rho (VIEIRA; HOFFMANN, 1989). Assim a hipótese nula  $H_0$  supõe que não existe associação linear entre as variáveis, e ao rejeitarmos  $H_0$ , identificamos que existe associação linear entre elas. A Tabela 7 apresenta os resultados das correlações de Pearson para a variável “Area\_ha” que possuem significância estatística.

Tabela 7 - Variáveis que se correlacionaram com a variável "Area\_ha" pela Correlação de Pearson

Correlações						
Area_ha	Densidade	Area_sem _transp	Perc_area_ não_atend	nLinhas	Linhas _km2	Comp_Linhas _km2
Correlação de Pearson	-,629**	,938**	,691**	,654**	-,738**	-,719**
Sig. (2 extremidades)	,004	,000	,001	,002	,000	,001
N	19	19	19	19	19	19

\*\* . A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Dos resultados obtidos na Tabela 7 podemos depreender que a variável “Area\_ha” possui uma forte correlação negativa com as variáveis “Densidade”, “Linhas\_km2” e “Comp\_Linhas\_km2”. Essa correspondência, informa que, quanto menor a área do subdistrito, maior é a densidade média desta região, maior é o número de linhas por km<sup>2</sup> e maior o comprimento das linhas em km por km<sup>2</sup>.

Por outro lado, a “Area\_ha” possui uma forte correlação positiva com as variáveis “Area\_sem\_transp”, “Perc\_area\_não\_atend”, e “nLinhas”, indicando que, quanto maior a área do subdistrito, maior é a área desprovida de transporte público, e consequentemente, maior o percentual de área não atendida pelo transporte público, além de um maior número de linhas no sistema.

Esses dados parecem ter certa obviedade em primeiro momento, mas somente podemos fazer tais afirmações mediante a comprovação estatística aqui realizada, que nos permitiu chegar a essas conclusões a partir dos resultados obtidos.

<sup>32</sup> Máxima Verossimilhança é um método estatístico para a estimação de parâmetros de uma distribuição que melhor explica a amostra, maximizando a probabilidade de obter os valores observados.

Tabela 8 - Variáveis que se correlacionaram com a variável "Densidade" pela Correlação de Pearson

Correlações							
Densidade	Area_ha	Area_sem _transp	Perc_area_ não_atend	Perc_pop_ não_atend	Linhas _km2	Comp_Linhas _km2	CONN
Correlação de Pearson	-,629**	-,704**	-,893**	-,569*	,920**	,936**	,592**
Sig. (2 extremidades)	,004	,001	,000	,011	,000	,000	,008
N	19	19	19	19	19	19	19

\*\* . A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

\* . A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Quanto a variável “Densidade”, vimos, na Tabela 8, que, além da forte correlação negativa com a variável “Area\_ha”, já mencionada, possui a mesma correlação com as variáveis “Area\_sem\_transp”, “Perc\_area\_não\_atend”, e “Perc\_pop\_não\_atend”, ou seja, quanto menor a densidade urbana de um subdistrito, maior será a sua área desprovida de transporte público, maior será o percentual de área não acessível pelo transporte público, e conseqüentemente, maior será o percentual da população sem o atendimento adequado do sistema de transporte público.

Esta correlação fica melhor detalhada na Tabela 16, onde são mostrados os percentuais da população atendida e não atendida pelo sistema de transporte público. A “Densidade” também possui uma correlação positiva moderada com a variável “CONN” e uma forte correlação positiva com as variáveis “Linhas\_km2” e “Comp\_Linhas\_km2”, mostrando que, quanto maior a densidade urbana de um subdistrito, maior a conectividade deste, maior o número de linhas por km<sup>2</sup> e maior o comprimento das linhas em km por km<sup>2</sup>, o que nos traz a noção de compacidade do sistema.

Tabela 9 - Variáveis que se correlacionaram com a variável "Perc\_area\_não\_atend" pela Correlação de Pearson

Correlações						
Perc_area_não_atend	Area_ha	Densidade	CONN	INT	Linhas _km2	Comp_Linhas _km2
Correlação de Pearson	,691**	-,893**	-,493*	-,528*	-,910**	-,937**
Sig. (2 extremidades)	,001	,000	,032	,020	,000	,000
N	19	19	19	19	19	19

\*\* . A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

\* . A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

A variável “Perc\_area\_não\_atend”, mostrada na Tabela 9, além de estar correlacionada com a área e com a densidade, mencionadas anteriormente, ela possui uma correlação negativa fraca com a variável “CONN”, uma correlação negativa moderada com a variável “INT” e uma forte correlação negativa com as variáveis “Linhas\_km2” e “Comp\_Linhas\_km2”.

Isso assinala que, quanto menor a conectividade do sistema, quanto menor a integração global, quanto menor o número de linhas por km<sup>2</sup> e quanto menor o comprimento das linhas em km por km<sup>2</sup>, maior será o percentual da área não atendida pelo sistema de transporte público naquele subdistrito, o que nos traz a noção inversa da compactidade do sistema.

Tabela 10 - Variáveis que se correlacionaram com a variável "Dist\_CCS\_km" pela Correlação de Pearson

Correlações		
Dist_CCS_km	CONN	INT
Correlação de Pearson	,569*	-,504*
Sig. (2 extremidades)	,011	,028
N	19	19

\*. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Com relação à variável “DistCCS\_km”, vimos, na Tabela 10, que, ela se correlaciona com a variável “CONN”, de maneira positiva e moderada, retratando que a conectividade média de um subdistrito aumenta à medida em que a distância ao CCS também aumenta, o que parece ser um contrassenso, pois as cidades tendem a ser mais conectadas em seu centro e menos na periferia. Entretanto, essa atipicidade parece ser uma realidade no Distrito Federal, pois os grandes subdistritos, mais afastados, são mais conectados do que o centro da capital federal, como Planaltina, Ceilândia, Taguatinga e Brazlândia, visto anteriormente no Gráfico 11 - Conectividade média de cada subdistrito do DF (2015)Gráfico 11.

Essa medida reforça a ideia de segregação socioespacial e marginalização dessas regiões, corroborando com a tese de Vânia Loureiro (2017, p. 125), ao dizer que a favela é mais compacta que o sistema urbano no qual se insere. Outra variável que se correlaciona com a distância ao CCS é a integração global, “INT”, com uma correlação negativa moderada, onde, quanto maior a distância ao centro de Brasília, menor será a Integração Global do sistema.

Tabela 11 - Variáveis que se correlacionaram com a variável "CONN" pela Correlação de Pearson

Correlações				
CONN	Densidade	Perc_area_não_atend	Dist_CCS_km	Comp_Linhas_km2
Correlação de Pearson	,592**	-,493*	,569*	,501*
Sig. (2 extremidades)	,008	,032	,011	,029
N	19	19	19	19

\*\* . A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

\* . A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Além das correlações já mencionadas para a variável “CONN”, a Tabela 11 mostra que a conectividade também possui uma correlação positiva fraca com a variável “Comp\_Linhas\_km2”, o que implica em maior número de conexões quando o sistema viário possui um maior comprimento de linhas em km por km<sup>2</sup>. E por fim a última correlação significativa das variáveis que possuem distribuição normal, é em relação à variável “nLinhas\_km2”, que possui uma forte correlação positiva com a variável “Comp\_Linhas\_km2”, pormenorizando a evidência de que, quanto maior o número de linhas por km<sup>2</sup>, maior será o comprimento das linhas em km por km<sup>2</sup>.

#### 4.5.4. Correlação de Spearman

Nos casos de não suposição de normalidade dos dados, como é o caso das variáveis “Renda\_Percapita” e “Pop\_não\_atend”, mostradas na Tabela 6, deve ser verificada a correlação de postos de Spearman (VIEIRA; HOFFMANN, 1989), que é obtida aplicando-se a fórmula da correlação de Pearson nos postos das variáveis que não possuem distribuição normal. Assim, a Tabela 12 apresenta os resultados das correlações da variável “Perc\_pop\_não\_atend” com as demais do sistema analisado.

Tabela 12 - Variáveis que se correlacionaram com a variável "Perc\_pop\_não\_atend" pela Correlação de Spearman

Correlações									
rô de Spearman	Area	Perc_area	Densid	INT	Linhas	Comp_Lin	NACH	NAIN	
	_ha	não_atend	ade		_km2	has_km2			
<b>Perc_pop_não_atend</b>	Coeficiente de	,470*	,623**	-,604**	-,505*	-,563*	-,600**	-,616**	-,458*
	Correlação								
	Sig. (2 extremidades)	,042	,004	,006	,027	,012	,007	,005	,049
	N	19	19	19	19	19	19	19	19

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Percebe-se que a variável “Perc\_pop\_não\_atend” possui uma correlação positiva fraca com a área “Area\_ha”, e uma correlação positiva moderada com o percentual de área sem acessibilidade ao transporte público, o que mostra que, à medida em que aumenta a área urbana, maior será o percentual da população não atendida pelo transporte público. Por outro lado, a variável “Perc\_pop\_não\_atend”, possui uma correlação negativa moderada com as variáveis “Densidade”, “INT”, “Linhas\_km2”, “Comp\_linhas\_km2”, “NACH” e fraca com “NAIN”. Isso quer dizer que, à medida em que se diminui a densidade urbana, a integração global, o número de linhas por km<sup>2</sup>, o comprimento das linhas em km por km<sup>2</sup>, o valor NACH e NAIN, provoca um aumento no percentual da população sem acesso ao transporte público, o que corrobora com toda a teoria levantada sobre este tema.

Tabela 13 - Variáveis que se correlacionaram com a variável “Renda Percapita” pela Correlação de Spearman

Correlações				
rô de Spearman		Dist_CCS_km	CONN	INT
<b>Renda_Percapita</b>	Coeficiente de Correlação	-,811**	-,468*	,493*
	Sig. (2 extremidades)	,000	,043	,032
	N	19	19	19

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Na Tabela 13, vemos que a variável “Renda\_Percapita” possui uma forte correlação negativa com a variável “Dist\_CCS\_km”, uma correlação negativa fraca com a conectividade e uma positiva fraca com a integração global. Traduzindo, podemos dizer que, à medida em que aumentamos a distância ao CCS, ou seja, afastamos do centro, a renda per capita diminui, contribuindo para a segregação urbana, relatado na seção 2.3 do referencial teórico.

Outra constatação é que, à medida em que se diminui a conectividade, a renda per capita aumenta, trazendo a ideia de ocupação de grandes áreas pela classe mais rica da cidade, com a presença de vazios urbanos com poucas conexões de acesso, como pode-se perceber na configuração espacial do Lago Sul, Lago Norte e Parkway. Por fim, depreende-se ainda, que, quanto maior a integração global, maior a renda per capita, evidenciando a característica da aproximação da classe mais rica para o centro da cidade, com uma configuração pouco conectada, e que empurra a população de menor renda para a periferia.

Estas são, portanto, evidências claras de que a configuração espacial está diretamente relacionada com a mobilidade urbana, na medida em que a população de baixa renda e mão de obra operária, vive mais distante do centro, tornando o deslocamento pendular inevitável para a maior parcela da população

#### 4.5.5. Regressão linear

O termo regressão foi utilizado pela primeira vez por Galton, por volta de 1885, quando investigava relações entre características antropométricas de sucessivas gerações. Ele observou, dentre outros fatos, que os filhos apresentavam as mesmas características dos seus pais, porém em uma intensidade menor. Por exemplo: pais com estatura baixa têm filhos de estatura baixa, mas, em média, a estatura destes é maior. O mesmo ocorre, mas em direção contrária, para pais com estatura alta. Este fenômeno, da altura dos filhos moverem-se em direção a altura média de todos os homens, ele denominou de regressão (CASELLA; BERGER, 2002).

A técnica de Regressão Linear tem por objetivo descrever, por meio de um modelo matemático, a relação existente entre duas ou mais variáveis e qual o comportamento dessa relação. A variável sobre a qual desejamos fazer uma estimativa recebe o nome de variável resposta (ou dependente) e as demais variáveis de explicativas preditoras (ou independentes). Em geral representamos a variável dependente por Y e a independente por X.

Por exemplo, para identificar a o efeito da Distância ao CCS (variável independente X), na Renda per capita da população (variável dependente Y), fazemos a regressão linear dessas variáveis, como mostrado na Tabela 14. O “R” é o coeficiente de correlação de Pearson, e o “R quadrado”, mede a fração da variação total de Y explicada pela regressão.

Tabela 14 - Resumo do modelo de Regressão Linear das variáveis Distância ao CCS e Renda per capita

Resumo do modelo <sup>b</sup>					
Modelo	R	R quadrado		Erro padrão da estimativa	Durbin-Watson
		R quadrado	ajustado		
1	,732 <sup>a</sup>	,536	,509	\$997.54974	1,977

a. Preditores: (Constante), Dist\_CCS\_km

b. Variável Dependente: Renda\_Percapita

ANOVA <sup>a</sup>						
Modelo		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
1	Regressão	19567091,434	1	19567091,434	19,663	,000 <sup>b</sup>
	Resíduo	16916793,113	17	995105,477		
	Total	36483884,547	18			

a. Variável Dependente: Renda\_Percapita

b. Preditores: (Constante), Dist\_CCS\_km

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Considerando que o p-valor < 5%, a hipótese nula é rejeitada. Concluímos, assim, que a regressão é significativa, ou seja, o coeficiente  $\beta_1$  não é nulo.

O objetivo é estimar a equação linear que determina a relação entre X e Y. A equação ajustada é usada para prever futuros valores da variável dependente Y. O método utilizado na estimação dos parâmetros é o método dos mínimos quadrados, o qual considera os desvios dos valores observados de  $Y_i$  com o ajustado pela equação de regressão.

Assim, a regressão linear tem a finalidade de prever o valor da variável resposta a partir do valor da variável explicativa. E de estimar o quanto a variável explicativa influencia ou modifica a variável resposta.

Assim, o modelo matemático da equação linear que determina a relação entre as variáveis X e Y, é:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + E_i \quad (4)$$

Onde,

$\beta_0$  e  $\beta_1$  = coeficientes da equação de regressão, e,

$E_i$  = o erro de determinar Y através de X.

Como em geral os pontos não estão perfeitamente alinhados, escolhemos a “melhor” reta possível no sentido de minimizar a soma de quadrados dos erros. Com isso, temos na Tabela 15, os valores dos coeficientes da equação e o erro.

Tabela 15 – Resultados dos Coeficientes da Regressão Linear das variáveis Distância ao CCS e Renda per capita

Coeficientes <sup>a</sup>										
Modelo		Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados		95,0% Intervalo de Confiança para B		Estatísticas de colinearidade		
		B	Erro Padrão	Beta	t	Sig.	Limite inferior	Limite superior	Tolerância	VIF
1	Constante	3590,469	496,007		7,239	,000	2543,985	4636,953		
	Dist_CCS_km	-107,156	24,165	-,732	-	,000	-158,139	-56,172	1,000	1,0
										4,434

a. Variável Dependente: Renda\_Percapita

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Desta forma, identificamos que a equação de regressão das variáveis Distância ao CCS e Renda per capita é igual a:

$$Y_i = 3.590,47 - 107,16X_i \quad (5)$$

Onde:

Y<sub>i</sub> = Renda per capita, e,

X<sub>i</sub> = Distância ao CCS.

Essa relação funcional não é perfeita. Mas existe uma tendência, indicando que quanto maior a distância ao CCS, menor é a renda per capita da população. Pode acontecer que pessoas com rendas diferentes estejam a uma mesma distância ao CCS, e que pessoas com rendas iguais estejam a distâncias diferentes.

Porém, pode-se observar uma tendência, indicando que quanto maior a distância, menor é a renda. Em outras palavras, podemos saber qual a renda do indivíduo a partir da distância da sua residência ao CCS, ou seja, matematicamente, podemos medir os aspectos da segregação socioespacial da população, com base nos dados reais levantados pelo censo demográfico.

#### 4.5.6. Teste de Friedman

Um dado relevante é que, mesmo com uma densidade urbana de apenas 21 hab/ha, o Distrito Federal concentra mais da metade da sua população urbana (52%) em lugares com densidade acima de 100 hab/ha, e 72% da população não atendida por

transporte público, vive em lugares com densidade abaixo de 100 hab/ha, é o que nos mostra os dados da Tabela 16.

Tabela 16 - Correlação entre a População Urbana com Transporte Público acessível e a Densidade Urbana

	Vive em densidade maior que 100 hab/ha?				Total	
	Não	(%)	Sim	(%)		
Pop atendida	879.130	43%	1.181.892	57%	<b>2.061.022</b>	83%
Pop não atendida	303.435	72%	117.228	28%	<b>420.663</b>	17%
<b>Total</b>	<b>1.182.565</b>	<b>48%</b>	<b>1.299.120</b>	<b>52%</b>	<b>2.481.685</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor. Base de dados Censo 2010.

Pode-se depreender da Tabela 16, que a proporção de pessoas não atendidas por transporte público acessível, é muito superior nas áreas urbanas com densidade urbana inferior a 100 hab/ha, e que a maior parcela da população que possui transporte público acessível, vive em lugares com densidades mais altas.

Esses resultados são comprovados com a estatística do qui-quadrado, onde foi aplicado o Teste de Friedman (FRIEDMAN, 1937), Tabela 17, assumindo a hipótese nula  $H_0$ , de que as distribuições são significativamente proporcionais, para os grupos: População atendida, População não atendida, Densidades abaixo de 100 hab/ha e Densidades maior ou igual a 100 hab/ha.

Tabela 17 - Resultado do Teste de Friedman rejeitando a hipótese nula

Classificações		Estatísticas de teste <sup>a</sup>	
Postos de média		N	
			4174
Densid_100	1,55	Qui-quadrado	3980,019
PopNãoAtend	1,70	df	2
PopAtendida	2,75	Significância Sig.	,000

a. Teste Friedman

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

O resultado do teste de Friedman, mostrado na Tabela 17, rejeita a hipótese nula  $H_0$ , e comprova que a proporção da população não atendida pelo transporte público é muito maior nas áreas com densidade abaixo de 100 hab/ha, ao mesmo tempo em que a maior parcela da população com acesso ao transporte público, vive em áreas com densidade urbana acima de 100 hab/ha.

Essa relação se mostrou, portanto, significativamente desproporcional em termos estatísticos, ressaltando o vínculo direto dos efeitos da configuração espacial sobre a mobilidade urbana, aqui especificamente quanto ao item densidade urbana.

## 5. CONCLUSÃO

O principal resultado obtido com o desenvolvimento deste trabalho foi a compreensão de como a configuração espacial impacta a mobilidade urbana e afeta a população urbana das cidades, trazendo informações diferentes das usualmente conhecidas no Planejamento de Transportes e no Planejamento Urbano, contribuindo com uma abordagem pragmática, e comprovada por testes estatísticos.

Este estudo permitiu identificar algumas diretrizes urbanísticas que proporcionam um melhor desempenho da mobilidade urbana a partir da configuração espacial. A primeira delas diz respeito à densidade urbana, vimos que existe a defesa de uma ocupação do solo de forma mais compacta, em torno de 600 hab/ha, para viabilizar o transporte público e os modos não motorizados. Outra medida, identificada na literatura, é a busca pela ocupação dos vazios urbanos e consequente diminuição das distâncias intraurbanas, otimizando assim os deslocamentos do transporte público, por meio de uma rede de caminhos mais integrados e conectados.

Identificar essas variáveis, permitiu correlacionar os efeitos da configuração espacial sobre o desempenho da mobilidade urbana no Distrito Federal, que são aplicáveis tanto para o planejamento urbano quanto para o planejamento de transportes, permitindo indicar as medidas prioritárias a serem implantadas como políticas públicas nos diferentes níveis de governo, e assim, cumprindo os objetivos deste estudo.

A maior dificuldade encontrada para o desenvolvimento deste trabalho foi a disponibilização da base de dados em arquivos Shapefile, das linhas de ônibus e dos pontos de parada do sistema de transportes do DFTrans. Foram vários meses sem o retorno esperado, chegando ao ponto de inviabilizar a pesquisa, até que por fim, o colega Rony Velasquez (2015), do Departamento de Engenharia Civil da UnB, disponibilizou sua base de dados pessoal, e tornou-se viável toda a pesquisa realizada. Desta forma, em trabalhos futuros, é importante refletir se a questão temática abordada não será prejudicada pela falta dos dados necessários, que deveriam estar todos disponibilizados na internet, sem a necessidade de um pedido formal para esse tipo de acesso.

Vimos que a densidade urbana está diretamente ligada à configuração espacial e à mobilidade urbana, pois as escolhas construtivas e usos do solo definem as distâncias de paradas do transporte público, permitindo ou não a caminhabilidade das pessoas, e consequentemente, alternativa viável ao automóvel. Assim, a configuração espacial, ou organização física da região, apoiada numa rede integrada de alternativas de

transporte, de sistemas de transporte público, de circulação pedonal e cicloviária, maximizam a acessibilidade e a mobilidade urbana da cidade, reduzindo a dependência do automóvel.

Ficou comprovado em todos os estudos que o Distrito Federal necessita de uma melhor ocupação e adensamento, com uma variação entre 300 hab/ha e 600 hab/ha, pois é inadmissível que a densidade média da terceira maior cidade em extensão urbana do Brasil esteja em torno de 21 hab/ha, enquanto que a menor densidade economicamente viável se encontra acima dos 200 hab/ha (RODRIGUES DA SILVA, 1990, p. 97). Traduzindo, podemos dizer que a expansão urbana desordenada e o espraiamento das cidades provocam a degradação do meio ambiente, desperdício de recursos, aumento dos deslocamentos pendulares, dependência do carro e congestionamentos, diminuição da competitividade de mercado e perda da qualidade de vida.

Todas as cidades brasileiras estão com a densidades urbanas muito abaixo do mínimo desejável, é o que mostrou o estudo das áreas urbanas do Brasil, realizado pela Embrapa (FARIAS et al., 2017), tanto pelas questões de viabilidade econômica da infraestrutura, da habitação, do sistema viário e do sistema de transporte público. É necessário promover a compatidade, a complexidade, a eficiência e a estabilidade social, por meio da mistura de usos do solo, gerando maior equilíbrio de usos dos espaços públicos, potencializando a vida comunitária e, conseqüentemente, reduzindo o uso do automóvel.

A ineficiência do transporte público de Brasília se mostrou evidente ao, diariamente, deixar de atender 17% da população, e se ausentar da cobertura de prestação do serviço em 61% da área urbana do DF, descumprindo, assim, a Constituição Federal, em seu Art. 6º, ao não fornecer o transporte público como um direito social. Um fator explicativo para essa falta de atendimento, além da baixa densidade, já apresentada, e dos vazios urbanos, que desconectam a cidade, está na baixa distribuição da densidade de fachada comercial das principais vias. A falta de diversidade de usos provoca a segregação urbana, a desocupação das áreas com potencial de comércio, criando vazios urbanos e com isso acaba prejudicando a vitalidade da cidade, a começar pelas vias mais integradas, como a EPIA e adjacentes.

Vimos que Brasília possui um tempo médio de viagem de 1 hora e 15 minutos, e que ela possui o pior desempenho em todo o território nacional (MOOVIT, 2017), gerando um custo muito alto para a população, principalmente a de baixa renda, que depende deste modo de transporte e por viver mais distante do centro. Todos esses fatores

são prejudiciais à competitividade do comércio, à oferta de empregos e a renda das famílias, implicando em maiores perdas de qualidade de vida e maior segregação social.

É essencial que o custo do transporte público seja mais baixo, pois este é um dos fatores que mais conferem competitividade ao modo de transporte. O transporte público é um dos elementos essenciais de serviço e infraestrutura urbana que mais contribuem para a produção de um espaço urbano mais sustentável. Mas, para isso, é importante haver uma articulação entre densidade e infraestrutura para transporte público. Curitiba é uma das cidades no Brasil que melhor estabeleceu essa relação. O plano de 1966 iniciou a promoção do adensamento ao longo dos corredores exclusivos de transporte público, não obstante, hoje o município possui um dos melhores desempenhos do país (MOOVIT, 2017), fato que influencia diretamente no custo-benefício da operação do transporte público.

O problema da segregação urbana deve ser tratado primeiramente com a ocupação e desenvolvimento dos vazios urbanos, criando um núcleo metropolitano mais integrado, com coesão social, e em seguida, limitando as áreas de expansão urbana e ampliando a diversidade de uso do solo, como forma de promover unidades territoriais autônomas complexas e conectadas em seu interior (RUEDA, 1999, p. 17), com oferta de empregos e moradia, diminuindo as distâncias e conseqüentemente, a demanda por transporte público, promovendo a sustentabilidade das cidades.

Os benefícios da conectividade são enormes, ela promove a conexão física dos espaços e reúne todo o movimento, e fazê-la integrar a infraestrutura gera acessibilidade, que é um bem. Infraestrutura integrada é um aspecto de conectividade de grande intensidade aos pontos nodais centrais da cidade que maximiza a oportunidade para a interação entre as relações interpessoais, econômicas e políticas.

A conectividade permitiu ver o que não é visível no espaço, pois transforma os elementos reais em linhas discretas, que podem ser lidas por um programa de computador, permitindo-nos executar algoritmos que revelam coisas como a hierarquia das conexões em rede, de forma visualmente acessível, de modo que não só os cientistas podem compreendê-la, mas também os moradores do bairro ou o comerciante de um shopping center.

A matemática demonstrou ser bastante simplificada neste trabalho, e nos permitiu descobrir que o padrão de conexões tem profundas implicações para o desempenho dos lugares urbanos, onde o movimento de veículos e de pedestres são percebidos nas vias mais ligadas (BARROS, 2014). Este, demonstra ser um método

simples de análise da configuração do espaço de uma cidade, com uma robustez bastante eficaz para uma rápida modelagem do tráfego, e dos diferentes modos ao mesmo tempo.

Tim Stonor em *Connected Cities* (STONOR, 2015), mostrou que 80% das lojas de Londres estão locadas nos 20% das ruas mais acessíveis espacialmente. Para Stonor, o que fizemos foi desaprender todas as regras do planejamento urbano desde o século XX, pois passamos a colocar o comércio longe de onde as pessoas vivem, de onde elas trabalham, e conectamos esses lugares com rodovias, o inverso dessa forma compacta de uso misto.

O estudo aqui apresentado demonstrou ser de extrema relevância, levando-se em conta a importância do tema abordado, por trazer uma contribuição estatística e analítica de uma linha que está em desenvolvimento na área de Projeto e Planejamento, e por explorar o papel da configuração, entendida no sentido amplo, para a mobilidade urbana, no contexto do Distrito Federal. Este trabalho, reforça um conjunto de estudos que vem sendo tratados, percebendo, de uma maneira mais refinada, como essas relações se processam, com uma metodologia simplificada para ser replicada e aprofundada na Graduação e na Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo.

Assim, advertimos ser extremamente necessário aprofundar os estudos que diagnostiquem as mudanças e identifiquem os problemas da mobilidade urbana, sob a perspectiva das metrópoles (AZEVEDO, 2015), ressaltando a importância da escala metropolitana sobre a qualidade dos sistemas de transportes, seus impactos na mobilidade urbana e suas dimensões.

Verificou-se a importância da densidade e dos aspectos morfológicos na interpretação diacrônica da cidade de Brasília, para entender seu processo de dispersão urbana, sendo estes os principais fatores que influenciam a mobilidade urbana.

Aqui, pôde-se identificar correlações entre a configuração espacial e mobilidade urbana, como uma agregação matemática de um conceito, vinculado a uma estrutura formal de cálculo, proporcionando uma descrição geral sobre os efeitos da forma urbana no sistema de transporte, tornando assim, também um indicador capaz de valorizar a agregação dos dados e suas regras de relacionamento (MAGALHÃES, 2004).

Então, como resultado da análise da configuração espacial, verificou-se que é possível obter informações relevantes para o planejamento urbano e regional, que são a base do processo de tomada de decisão (SEGNES TAM, 2002). Desta forma, sugere-se a utilização deste estudo como um indicador a ser empregado no desenvolvimento de

projetos e nas tomadas de decisões de políticas públicas e de alocação de recursos que impactam a sociedade.

De outro modo, observou-se que a Sintaxe Espacial possibilita, também, relacionar os impactos das diferentes soluções que estão sendo propostas pelos diversos níveis de governo, acompanhando por exemplo, a aderência das ações e projetos no campo da mobilidade urbana à Lei nº 12.587/2012, que instituiu as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana, não só quanto aos aspectos quantitativos, mas também aos qualitativos, principalmente aquelas relacionadas diretamente ao bem-estar da população urbana.

Na avaliação das linhas de transporte público, verificou-se principalmente 5 aspectos que devem ser observados, para a obtenção de uma maior eficiência do sistema, considerando os elementos configuracionais já estabelecidos:

- a) Otimizar o número de linhas evitando a superposição das zonas de influência destas para uma melhor interligação com o centro.
- b) Otimizar as rotas de cada itinerário, passando preferencialmente pelo caminho de melhor escolha angular normalizada NACH, sendo este o caminho mais direto possível para acessar o maior número de usuários.
- c) Criar linhas estruturais de alta frequência com base na densidade de fluxo, integrada por todas as estações, considerando a integração da cidade na escala global e local.
- d) Utilizar modos alternativos de transporte como micro-ônibus e vans como linhas alimentadoras de suporte nas áreas isoladas, com distância máxima de 400 metros ou 5 minutos à pé, integradas às linhas principais e aos diversos modos de transporte.
- e) Com a redução do número de linhas a frequência poderá ser aumentada nos corredores dedicados ao transporte público, levando em conta a necessidade de deslocamentos dos usuários.

A mobilidade urbana, em sua dinâmica atual, reflete os processos complexos da cidade contemporânea, que devem ser acompanhados para evitar a produção de espaços de baixa qualidade, fragmentados e dispersos, que interferem na qualidade de vida de toda a população e aumentam os conflitos espaciais, socioeconômicos e ambientais. O planejamento urbano e o planejamento de transportes não podem desconsiderar o impacto da configuração espacial na mobilidade urbana e na qualidade de vida das pessoas.

Sugere-se ainda, como medidas futuras, a aplicação da metodologia aqui abordada, tanto nos aspectos teóricos, empíricos e técnicos, nos processos de ensino da graduação e pós-graduação, como forma de aperfeiçoamento da aprendizagem, para o monitoramento e avaliação do desempenho da mobilidade urbana nas regiões metropolitanas.

Por fim, com o desenvolvimento dessa investigação, vislumbra-se, a partir do método aqui adotado, um modelo simplificado de análise, que permite avaliar as propostas para os graves problemas enfrentados nos últimos anos – a mobilidade urbana – questionando, principalmente: qual a configuração espacial está sendo implantada nas principais cidades brasileiras? Podemos identificar que a forma urbana é o principal fator que determina o desempenho da mobilidade urbana e da qualidade de vida das pessoas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIOLY, Cláudio; DAVIDSON, Forbes. **Densidade Urbana - Um instrumento de planejamento e gestão**. Rio de Janeiro – RJ. Editora Mauad. 1998. 104p.

AL-SAYED, Kinda; TURNER, Alasdair; HILLIER, Bill; IIDA, Shinichi; PENN, Alan. **Space Syntax methodology. A teaching textbook for the MSc Spatial Design: Architecture & Cities**. 4th Edition. Bartlett School of Architecture, UCL: London. 2014. 118p.

ANDRADE, Robson Mendes de. **Identificação de áreas de demanda por transporte público, baseado em análise multicritério**. Dissertação (Mestrado) UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia de Transportes, Rio de Janeiro – RJ. 2013. 142p.

AZEVEDO, Sérgio de; et al. **As metrópoles e o direito à cidade: conhecimento, inovação e ação para o desenvolvimento urbano – Programa de pesquisa da Rede Observatório das Metrópoles 2015 – 2020**. Rio de Janeiro – RJ. Observatório das Metrópoles. 2014. 102p.

BARROS, Ana Paula Borba Gonçalves. **Estudo exploratório da Sintaxe Espacial como ferramenta de alocação de tráfego**. Dissertação (Mestrado em Transportes), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - Universidade de Brasília, Brasília, 2006. 171p.

BARROS, Ana Paula Borba Gonçalves. **Diz-me como andas que te direi onde estás: inserção do aspecto relacional na análise da mobilidade urbana para o pedestre**. Tese (Doutorado em Transportes e Sistemas de Transportes), Universidade de Brasília / Universidade de Lisboa, Brasília, 2014. 408p.

BERTAUD, Alain. **Brasilia Spatial Structure: Between the Cult of Design and Markets**. In: Seminário Internacional Brasília Metropolitana 2050: Preservação e Desenvolvimento, 28 e 29 de abril de 2010, Brasília. 2010. 18p.

BERTAUD, Alain; MALPEZZI, Stephen. **The Spatial Distribution of Population in 48 World Cities: Implications for Economies in Transition**. The Center for urban land and economic research. Madison - USA: The University of Wisconsin, 2003. 102p.

BERTAUD, Alain; MALPEZZI, Stephen. **The Spatial Distribution of Population in 57 World Cities: The Role of Markets, Planning, and Topography**. The Center for urban land and economic research, The University of Wisconsin. Symposium. 2014. 57p.

BRASIL. **Lei no 12.587, de 3 de janeiro de 2012**. Institui a Política Nacional de Mobilidade Urbana. Brasília, Brasil, 2012. p. 13.

CARLOS, Ana Fani Alessandri; SOUZA, Marcelo Lopes De; SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão. **A Produção do Espaço Urbano: Agentes e Processos, Escalas e Desafios**. São Paulo: Editora Contexto, 2011. 240p.

CASELLA, George; BERGER, Roger L. **Statistical Inference**. 2nd. ed. Pacific Grove, CA, USA: Duxbury Press, 2002. 660p.

CODEPLAN. **Delimitação do Espaço Metropolitano de Brasília (Área Metropolitana de Brasília)**. Nota Técnica no 1/2014. Brasília. 2014. 54p.

CODEPLAN. **Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios - Distrito Federal - PDADDF - 2015**. Brasília. 2015. 151p.

COELHO, Juliana Machado. **Na riqueza e na pobreza: o papel da configuração para o estudo de centralidades e desigualdades socioespaciais em Brasília**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), PPG/FAU - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

COSTA, Emmanuel dos Santos. **A cidade do automóvel: Relações de influência entre o carro e o planejamento urbano modernista em Florianópolis**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. 98p.

FARIAS, André Rodrigo et al. **Identificação, mapeamento e quantificação das áreas urbanas do Brasil**. Comunicado Técnico 4. Embrapa Gestão Territorial. Campinas. 2017. 5p.

FERRARI, Celson. **Curso de Planejamento Municipal Integrado**. São Paulo: Editora Pioneira, 1979. 631p.

FREITAS, Giuliana De. **Células Desconexas: Condomínios Fechados e as Políticas Públicas de Regularização do Distrito Federal**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), PPG/FAU - Universidade de Brasília, Brasília, 2013. 224p.

FRIEDMAN, Milton. **The Use of Ranks to Avoid the Assumption of Normality Implicit in the Analysis of Variance.** Journal of the American Statistical Association, v. 32, n. 200, 1937. p. 675-701.

FURTADO, Bernardo Alves; SAKOWSKI, Patrícia Alessandra Morita; TÓVOLLI, Marina Haddad. **Modeling Complex Systems for Public Policies.** Brasília: IPEA, 2015. 396p.

GENTIL, Caroline Duarte Alves. **A contribuição dos elementos da forma urbana na construção da mobilidade sustentável.** Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), PPG/FAU - Universidade de Brasília, Brasília, 2015. 172p.

GIL, Jorge et al. **The space syntax toolkit: Integrating depthmapX and exploratory spatial analysis workflows in QGIS.** In: SSS 2015 – 10th International Space Syntax Symposium, London: The Proceedings of the 10th International Space Syntax Symposium. 2015. 12p.

GONDIM, Mônica Fiuza. **A travessia no tempo: homens e veículos, da mitologia aos tempos modernos.** Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), PPG/FAU - Universidade de Brasília, Brasília, 2014. 368p.

HEREÑÚ, Pablo Emilio Robert. **Arquitetura da Mobilidade e Espaço Urbano.** Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), FAU - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. 464p.

HILLIER, Bill. **Space is the machine.** London: Space Syntax, 2007. 317p.

HILLIER, Bill; HANSON, Julienne. **The social logic of space.** Cambridge: Cambridge University Press, 1984. 296p.

HOLANDA, Frederico De. **O espaço de exceção.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2002a. 466p.

HOLANDA, Frederico De. **Uma Ponte para a Urbanidade.** R. B. ESTUDOS URBANOS E REGIONAIS, v. 5, n. Maio, 2002b. p. 59-76.

HOLANDA, Frederico De. **Arquitetura e Urbanidade.** 2a ed. São Paulo: Pro Editores, 2012. 189p.

HOLANDA, Frederico De; et al. **Brasilia: Fragmented metropolis**. In: SSS 2015 – 10th International Space Syntax Symposium 2015, London: The Proceedings of the 10th International Space Syntax Symposium. 2015. 20p.

HOLANDA, Frederico De; MEDEIROS, Valério; RIBEIRO, Rômulo José da Costa. **Brasilia, Brazil: economic and social costs of dispersion**. In: 44th ISOCARP Congress. Urban Growth Without Sprawl 2008, Dalian - China. 2008. 12p.

IBGE. **Regiões de influência das cidades - 2007**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2008. 201p.

IBGE. **Censo Demográfico 2010: Características da população e dos domicílios - Resultados do universo**. CD-ROM ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 270p.

IBGE. **Produto Interno Bruto dos Municípios: 2010 - 2015**. Contas Nacionais nº 58. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 79p.

JONES, Peter. **Street Mobility Project Toolkit: Measuring the Effects of Busy Roads on Local People**. In: Street Mobility And Network Accessibility: Final Conference 2017, London: University College London, 2017. 53p.

LEFEBVRE, Henri. **Le Droit à la Ville**. 2nd. ed. Paris: Anthropos: Ed. du Seuil, Collection “Points”, 1968. 143p.

LOUREIRO, Vânia Raquel Teles. **“Quando a gente não tá no mapa”:** a configuração como estratégia para a leitura socioespacial da favela. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), PPG/FAU - Universidade de Brasília, Brasília, 2017. 260p.

MAGALHÃES, Marcos Thadeu. **Metodologia para desenvolvimento de Sistemas de Indicadores: uma aplicação no planejamento e gestão da Política Nacional de Transportes**. Dissertação (Mestrado em Transportes), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - Universidade de Brasília, Brasília, 2004. 135p.

MAGALHÃES, Marcos Thadeu; YAMASHITA, Yaeko. **Modelo integrado para o planejamento de transportes**. In: XXIX Congresso Nacional de Pesquisa em Transportes da ANPET 2015. ANPET, Ouro Preto – MG. 2015. p. 2173-2184.

MAIA, Doralice Sátyro; SILVA, William Ribeiro Da; WHITACKER, Arthur Magon. **Centro e Centralidade em Cidades Médias**. São Paulo: Editora Cultura Acadêmica, 2017. 291p.

MARCUS, Lars. **Spatial Capital: A Proposal for an Extension of Space Syntax into a More General Urban Morphology.** The Journal of Space Syntax, v. 1, n. 1. 2010. p. 30-40.

MASCARÓ, Juan Luis. **Custos de Infraestrutura: um ponto de partida para o desenho econômico urbano.** Tese de Livre Docência, Departamento de Tecnologia - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979. 281p.

MASCARÓ, Juan Luis; YOSHINAGA, Mário. **Infraestrutura Urbana.** 1a ed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2005. 210p.

MEDEIROS, Valério. **Urbis Brasiliae: O Labirinto das Cidades Brasileiras.** Brasília: Editora UnB, 2013. 612p.

MERLIN, Pierre; CHOAY, Françoise. **Dictionnaire de L'Urbanisme et de L'aménagement.** 4ed. ed. Paris: Presses Universitaires de France - PUF, 2015. 880p.

MOOVIT. **Relatório global sobre o uso do transporte público nas grandes cidades em 2016 - Brasil.** 2017. Disponível em: <<https://www.company.moovitapp.com/public-transit-usage-report-2016>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

MUTH, Richard. **Cities and housing: the spatial pattern of urban residential land use.** Chicago, IL: University of Chicago Press, 1969. 355p.

PEREIRA, Rafael et al. **O uso da Sintaxe Espacial na Análise do Desempenho do Transporte Urbano: Limites e Potencialidades.** Texto para Discussão 1630. Brasília: IPEA, 2011. 56p.

RIBEIRO, Luiz César de Queiroz et al. **Integração dos municípios brasileiros à dinâmica da metropolização.** Rio de Janeiro: Observatório das Metrôpoles, 2014. 118p.

RIBEIRO, Luiz César de Queiroz; RIBEIRO, Marcelo Gomes. **IBEU - Índice de Bem-Estar Urbano.** 1a ed. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2013. 264p.

RIBEIRO, Rômulo José da Costa. **Índice Composto De Qualidade De Vida Urbana: Aspectos De Configuração Espacial, Socioeconômicos e Ambientais Urbanos.** Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), PPG/FAU - Universidade de Brasília, Brasília, 2008. 238p.

RIBEIRO, Rômulo José da Costa; TENORIO, Gabriela de Souza; HOLANDA, Frederico De. **Brasília: transformações na ordem urbana**. 1.ed ed. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015. 346p.

RODRIGUES DA SILVA, Antônio Néilson. **Densidades Urbanas Econômicas: a influência do transporte público**. Dissertação (Mestrado em Transportes), Departamento de Engenharia de Transportes - Universidade de São Paulo, São Carlos, 1990. 103p.

RUEDA, Salvador. **Modelos e Indicadores para ciudades más sostenibles. Taller sobre Indicadores de Huella y Calidad Ambiental Urbana**. Catalunya: Fundació Fòrum Ambiental, 1999. 40p.

SANTOS, Milton. **Espaço e Método**. Coleção Mi ed. São Paulo: Edusp - Editora da Universidade de São Paulo, 2014. 120p.

SCOPPA, Martin D.; PEPONIS, John. **Distributed Attraction: The Effects of Street Network Connectivity upon the Distribution of Retail Frontage in the City of Buenos Aires**. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science. v. 42, n. 2, 2015. p. 354–378.

SEGNESTAM, Lisa. **Indicators of environment and sustainable development: Theories and practical experience**. World, n. 89, 2002. 66p.

SERRANO, Rosina Moreno; VALCARCE, Esther Vayá. **Técnicas econométricas para el tratamiento de datos espaciales**. 1a ed. Barcelona: Ediciones de la Universidad de Barcelona, 2000. 158p.

SILVA, Geovany Jessé Alexandre Da; SILVA, Samira Elias; NOME, Carlos Alejandro. **Densidade, dispersão e forma urbana. Dimensões e limites da sustentabilidade habitacional**. Arquitectos, São Paulo, v. ano 16, n. 189.07. 2016. 37p.

STONOR, Tim. **Spatial modelling for planners: data and spatial modelling technologies for better planning decisions**. In: BRE Conferences: Connected cities. London: Space Syntax, 2015. p. 56-100.

TACHIEVA, Galina. **Sprawl Repair Manual**. Washington, DC: Island Press, 2010. 305p.

UN. **World Urbanization Prospects: The 2014 Revision**. New York: United Nation, 2015. 517p.

UN. **Habitat III Conference. The new urban agenda**. In: United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development 2016, Quito – Equador: United Nation, 2016. 30p.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara De. **Urban Transport Environment and Equity: The Case for Developing Countries**. London: Routledge, 2014. 344p.

VELASQUEZ, Rony Marcelo Arteaga. **Representações esquemáticas de linhas de transporte público urbano por ônibus: método de avaliação da percepção do usuário**. Dissertação (Mestrado em Transportes), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - Universidade de Brasília, Brasília, 2015. 147p.

VIEIRA, Sonia; HOFFMANN, Rodolfo. **Estatística Experimental**. São Paulo: Editora Atlas, 1989. 179p.

VILLAÇA, Flávio. **Reflexões sobre as cidades brasileiras**. São Paulo: Studio Nobel, 2012. 296p.

## APÊNDICE

*Tabela 18 - Estatística descritiva da variável Área Urbana, em hectares (ha), dos subdistritos do DF (2010)*

		Estatística	Erro Padrão	
<b>Area_ha</b>	Média	6307,7000	1070,24492	
	95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	4059,1989	
		Limite superior	8556,2011	
	5% da média aparada	6004,9089		
	Mediana	5670,0300		
	Variância	21763059,534		
	Desvio Padrão	4665,08945		
	Mínimo	669,21		
	Máximo	17396,43		
	Intervalo	16727,22		
	Intervalo interquartil	6319,40		
	Assimetria	,858	,524	
	Curtose	,364	1,014	

*Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22*

*Tabela 19 - Estatística descritiva da variável População Urbana, dos subdistritos do DF (2010)*

		Estatística	Erro Padrão	
<b>Pop_Urb</b>	Média	130615,00	24229,998	
	95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	79709,66	
		Limite superior	181520,34	
	5% da média aparada	122349,50		
	Mediana	117629,00		
	Variância	11154763049,11		
	Desvio Padrão	105616,112		
	Mínimo	15924		
	Máximo	394085		
	Intervalo	378161		
	Intervalo interquartil	156034		
	Assimetria	1,357	,524	
	Curtose	1,538	1,014	

*Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22*

Tabela 20 - Estatística descritiva da variável Densidade Urbana, em habitantes por hectares (hab/ha), dos subdistritos do DF (2010)

		Estatística	Erro Padrão	
<b>Densidade</b>	Média	32,3200	6,04825	
	95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	19,6131	
		Limite superior	45,0269	
	5% da média aparada	30,8339		
	Mediana	26,3900		
	Variância	695,046		
	Desvio Padrão	26,36372		
	Mínimo	3,03		
	Máximo	88,36		
	Intervalo	85,33		
	Intervalo interquartil	40,87		
	Assimetria	,889	,524	
	Curtose	,142	1,014	

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Tabela 21 - Estatística descritiva da variável Renda per capita, em R\$/hab, dos subdistritos do DF (2010)

		Estatística	Erro Padrão	
<b>Renda_Percapita</b>	Média	\$1,639.1121	\$326.61602	
	95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	\$952.9173	
		Limite superior	\$2,325.3069	
	5% da média aparada	\$1,496.6818		
	Mediana	\$972.5400		
	Variância	2026882,475		
	Desvio Padrão	\$1,423.68623		
	Mínimo	\$488.19		
	Máximo	\$5,353.78		
	Intervalo	\$4,865.59		
	Intervalo interquartil	\$1,783.69		
	Assimetria	1,470	,524	
	Curtose	1,202	1,014	

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Tabela 22 - Estatística descritiva da variável Área Sem Transporte Público, em hectares (ha), dos subdistritos do DF (2015)

		Estatística	Erro Padrão	
Area_sem_transp	Média	3862,2600	865,03359	
	95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	2044,8919	
		Limite superior	5679,6281	
	5% da média aparada	3611,1211		
	Mediana	2709,5900		
	Variância	14217379,288		
	Desvio Padrão	3770,59402		
	Mínimo	71,21		
	Máximo	12173,81		
	Intervalo	12102,60		
	Intervalo interquartil	5457,89		
	Assimetria	1,016	,524	
	Curtose	-,175	1,014	

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Tabela 23 - Estatística descritiva da variável Percentual de área não atendida, variação de 0 a 1, dos subdistritos do DF (2015)

		Estatística	Erro Padrão	
Perc_area_não_atend	Média	,504895	,0509256	
	95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	,397904	
		Limite superior	,611886	
	5% da média aparada	,505666		
	Mediana	,490400		
	Variância	,049		
	Desvio Padrão	,2219797		
	Mínimo	,0776		
	Máximo	,9183		
	Intervalo	,8407		
	Intervalo interquartil	,3155		
	Assimetria	,181	,524	
	Curtose	-,268	1,014	

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Tabela 24 - Estatística descritiva da variável Área Urbana atendida pelo transporte público, em hectares (ha), dos subdistritos do DF (2015)

		Estatística	Erro Padrão	
<b>Area_atendida_ha</b>	Média	2445,4400	396,24206	
	95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	1612,9663	
		Limite superior	3277,9137	
	5% da média aparada	2277,6089		
	Mediana	2170,3200		
	Variância	2983147,643		
	Desvio Padrão	1727,17910		
	Mínimo	341,02		
	Máximo	7570,82		
	Intervalo	7229,80		
	Intervalo interquartil	2256,46		
	Assimetria	1,499	,524	
	Curtose	3,321	1,014	

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Tabela 25 - Estatística descritiva da variável População Urbana não atendida, dos subdistritos do DF (2010)

		Estatística	Erro Padrão	
<b>Pop_não_atend</b>	Média	22140,16	4775,097	
	95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	12108,05	
		Limite superior	32172,26	
	5% da média aparada	19938,34		
	Mediana	12608,00		
	Variância	433229412,251		
	Desvio Padrão	20814,164		
	Mínimo	858		
	Máximo	83055		
	Intervalo	82197		
	Intervalo interquartil	16613		
	Assimetria	1,812	,524	
	Curtose	3,224	1,014	

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Tabela 26 - Estatística descritiva da variável Percentual da População não atendida, variação de 0 a 1, dos subdistritos do DF (2010)

		Estatística	Erro Padrão	
<b>Perc_pop_não_atend</b>	Média	,193916	,0282993	
	95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	,134461	
		Limite superior	,253370	
	5% da média aparada	,189162		
	Mediana	,164100		
	Variância	,015		
	Desvio Padrão	,1233537		
	Mínimo	,0343		
	Máximo	,4391		
	Intervalo	,4048		
	Intervalo interquartil	,1889		
	Assimetria	,583	,524	
	Curtose	-,646	1,014	

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Tabela 27 - Estatística descritiva da variável Distância ao CCS, em quilômetro (km), dos subdistritos do DF (2010)

		Estatística	Erro Padrão	
<b>Dist_CCS_km</b>	Média	18,21047	2,232208	
	95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	13,52078	
		Limite superior	22,90017	
	5% da média aparada	17,97858		
	Mediana	16,69300		
	Variância	94,672		
	Desvio Padrão	9,729968		
	Mínimo	4,136		
	Máximo	36,459		
	Intervalo	32,323		
	Intervalo interquartil	16,257		
	Assimetria	,273	,524	
	Curtose	-1,098	1,014	

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Tabela 28 - Estatística descritiva da variável CONN - Conectividade, dos subdistritos do DF (2015)

		Estatística	Erro Padrão	
<b>CONN</b>	Média	4,0742	,20816	
	95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	3,6369	
		Limite superior	4,5115	
	5% da média aparada	4,0125		
	Mediana	3,9500		
	Variância	,823		
	Desvio Padrão	,90735		
	Mínimo	2,87		
	Máximo	6,39		
	Intervalo	3,52		
	Intervalo interquartil	,91		
	Assimetria	1,174	,524	
	Curtose	1,699	1,014	

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Tabela 29 - Estatística descritiva da variável INT - Integração Global (Rn), dos subdistritos do DF (2015)

		Estatística	Erro Padrão	
<b>INT</b>	Média	,246063	,0091287	
	95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	,226885	
		Limite superior	,265242	
	5% da média aparada	,246092		
	Mediana	,243300		
	Variância	,002		
	Desvio Padrão	,0397909		
	Mínimo	,1775		
	Máximo	,3141		
	Intervalo	,1366		
	Intervalo interquartil	,0656		
	Assimetria	,048	,524	
	Curtose	-,803	1,014	

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Tabela 30 - Estatística descritiva da variável LEN - Comprimento médio dos eixos, em metro (m), dos subdistritos do DF (2015)

		Estatística	Erro Padrão	
LEN	Média	165,89	6,113	
	95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	153,05	
		Limite superior	178,74	
	5% da média aparada	164,55		
	Mediana	163,00		
	Variância	710,099		
	Desvio Padrão	26,648		
	Mínimo	132		
	Máximo	224		
	Intervalo	92		
	Intervalo interquartil	42		
	Assimetria	,706	,524	
	Curtose	-,037	1,014	

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Tabela 31 - Estatística descritiva da variável nLinhas - Número de Linhas, dos subdistritos do DF (2015)

		Estatística	Erro Padrão	
nLinhas	Média	6423,53	790,521	
	95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	4762,70	
		Limite superior	8084,35	
	5% da média aparada	6301,58		
	Mediana	5456,00		
	Variância	11873554,485		
	Desvio Padrão	3445,802		
	Mínimo	857		
	Máximo	14185		
	Intervalo	13328		
	Intervalo interquartil	4905		
	Assimetria	,548	,524	
	Curtose	,081	1,014	

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Tabela 32 - Estatística descritiva da variável Linhas\_km2 – Número de Linhas por km<sup>2</sup>, dos subdistritos do DF (2015)

		Estatística	Erro Padrão	
<b>Linhas_km2</b>	Média	142,4347	18,00667	
	95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	104,6041	
		Limite superior	180,2653	
	5% da média aparada	139,2558		
	Mediana	128,0600		
	Variância	6160,563		
	Desvio Padrão	78,48925		
	Mínimo	39,44		
	Máximo	302,65		
	Intervalo	263,21		
	Intervalo interquartil	139,51		
	Assimetria	,570	,524	
	Curtose	-,766	1,014	

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Tabela 33 - Estatística descritiva da variável Comp\_Linhas\_km2 - Comprimento médio das linhas em km por km<sup>2</sup>, dos subdistritos do DF (2015)

		Estatística	Erro Padrão	
<b>Comp_Linhas_km2</b>	Média	22,7316	2,63009	
	95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	17,2060	
		Limite superior	28,2572	
	5% da média aparada	21,9473		
	Mediana	22,2100		
	Variância	131,430		
	Desvio Padrão	11,46431		
	Mínimo	8,67		
	Máximo	50,91		
	Intervalo	42,24		
	Intervalo interquartil	19,76		
	Assimetria	,635	,524	
	Curtose	,211	1,014	

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Tabela 34 - Estatística descritiva da variável NACH - Escolha Angular Normalizada, dos subdistritos do DF (2015)

		Estatística	Erro Padrão	
<b>NACH</b>	Média	,797453	,0040997	
	95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	,788839	
		Limite superior	,806066	
	5% da média aparada	,798120		
	Mediana	,801800		
	Variância	,000		
	Desvio Padrão	,0178703		
	Mínimo	,7590		
	Máximo	,8239		
	Intervalo	,0649		
	Intervalo interquartil	,0298		
	Assimetria	-,466	,524	
	Curtose	-,344	1,014	

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22

Tabela 35 - Estatística descritiva da variável NAIN - Integração Angular Normalizada, dos subdistritos do DF (2010)

		Estatística	Erro Padrão	
<b>NAIN</b>	Média	,742358	,0226120	
	95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	,694852	
		Limite superior	,789864	
	5% da média aparada	,744225		
	Mediana	,726000		
	Variância	,010		
	Desvio Padrão	,0985634		
	Mínimo	,5482		
	Máximo	,9029		
	Intervalo	,3547		
	Intervalo interquartil	,1403		
	Assimetria	-,145	,524	
	Curtose	-,251	1,014	

Fonte: Elaborado pelo autor. Software IBM SPSS Statistics V.22