

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
EM ARQUITETURA E URBANISMO

**A LEGISLAÇÃO URBANÍSTICA NA CONSTRUÇÃO DE UMA
DENSIDADE POPULACIONAL FACILITADORA DA MOBILIDADE
POR TRANSPORTE PÚBLICO – UM ESTUDO DE CASO EM
TERESINA-PI**

ANDRÉ LEAL SANTOS

Orientadora: Gabriela de Souza Tenorio - FAU-UnB

Brasília - DF
abril - 2019

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

**A LEGISLAÇÃO URBANÍSTICA NA CONSTRUÇÃO DE UMA
DENSIDADE POPULACIONAL FACILITADORA DA MOBILIDADE
POR TRANSPORTE PÚBLICO - UM ESTUDO DE CASO EM
TERESINA-PI**

ANDRÉ LEAL SANTOS

Dissertação de mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília,
como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo,
na Área de Concentração Projeto e Planejamento Urbano e Regional.

Aprovada por:

Dra. Gabriela de Souza Tenório – PPG FAU-UnB
Presidente

Dra. Maria do Carmo de Lima Bezerra – PPG FAU-UnB
Avaliadora interna

Dra. Patrícia Gomes – FAU-UnB
Avaliadora externa

Brasília, 22 de março de 2019

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

AGRADECIMENTOS

Sou grato a cada palavra de confiança, atenção, afeto; cada conhecimento passado, cada pequeno gesto, por menor que seja. O significado de cada ajuda é bastante especial para mim, pois foi um caminho difícil, com dificuldades pessoais e de pesquisa. Agradeço, de forma especial, à

Inês Maria Gomes Leal, pela atenção, carinho, responsabilidade, paciência, e por ser um exemplo de profissional ética, talentosa, incansável e premiada, e de cidadã nas obrigações assim como nos direitos,

Marinete, João Guilherme, Fernanda, Jesus, Ceíça, Leila, Cilinha, Otília, Lola, Elizabete, Amélia e Iolanda, pelos abraços, pelas palavras, pelo amor,

Aos meus avós Teresinha Gomes Leal e Afonso de Carvalho Leal (in memoriam), Dona Francisca (in memoriam), e Marcílio Flávio Rangel de Farias (in memoriam), pelo legado,

Denilson Guerra e Carlos Daniel, da STRANS, e à Tátilla Távora, pela contribuição na atualização de dados da pesquisa,

Susanna, Mari, Alice, Nathálya, Tony Marcelo, Paulo Sérgio, Tereza Cristina, Malu, Izadora, Carol, Juliana, Mário, Anna Carolina e Marina, pelo entusiasmo compartilhado, e pela força,

Laianna, por me ajudar a conseguir a bolsa,

Gabriela Tenório, minha orientadora, pelo conhecimento, e pelo voto de confiança,

Patrícia Gomes, por aceitar o convite para avaliar o trabalho, e pelas observações pertinentes na banca que contribuíram para a evolução da pesquisa,

Maria do Carmo, por aceitar o convite para avaliar o trabalho, pelo conhecimento, pelo olhar crítico, pela genialidade, pela disponibilidade, e pelo humor,

Camila Gomes Sant'Anna, pelo carinho e entusiasmo contagiante, e por acreditar em mim,

Benny Schvarsberg, por ajudar a regar as sementes no ensaio teórico que deram origem à esta dissertação, e pela oportunidade de realizar o estágio docente,

Mônica Gondim, por ter alimentado minha paixão pelo urbanismo na incubadora graduação na FAU UnB,

E aos funcionários do PPG-FAU UnB, pela eficiência e flexibilidade no desempenho do seu trabalho.

RESUMO

Essa dissertação analisa em que medida a legislação urbanística de Teresina induz uma densidade populacional que favoreça a mobilidade por transporte público. Para isso, primeiro foram explorados conceitos relacionados à estrutura urbana e ao transporte público e mobilidade, seguidos dos seus respectivos quadros normativos no Brasil. A partir dessas definições, analisou-se as características da estrutura urbana que facilitam a mobilidade por transporte público, a partir de um percurso histórico, que culmina no atual paradigma da cidade compacta que possui quatro características que promovem uma mobilidade mais sustentável, onde o transporte público possui um papel fundamental, destacadas por Gentil (2015): densidade, diversidade de uso do solo, continuidade e conectividade. Dessas características, selecionou-se para análise a densidade, sendo posteriormente explorados seus conceitos e valores para a otimização da infraestrutura urbana em geral e do transporte público. Em seguida, identificou-se e analisou-se os dispositivos legais de uso e ocupação do solo vigentes na legislação brasileira que possuem influência sobre a densidade, como parâmetros construtivos e instrumentos do Estatuto da Cidade. A partir desse aparato conceitual, foi estabelecido um conjunto de procedimentos de análise aplicável em uma cidade brasileira, que relaciona como esses dispositivos legais estão configurados para viabilizar densidade de acordo com os parâmetros levantados para a promoção da mobilidade por transporte público. A aplicação desses procedimentos de análise na zona urbana de Teresina-PI mostra que tanto a densidade populacional existente não contribui para um bom desempenho do sistema de transporte público, quanto os dispositivos legais de uso e ocupação do solo não estão configurados para favorecer uma densidade populacional que favoreça o transporte público.

Palavras chave: planejamento urbano; uso e ocupação do solo; densidade populacional; transporte público; Teresina.

ABSTRACT

URBAN LEGISLATION IN THE CONSTRUCTION OF A POPULATION DENSITY FACILITATOR OF MOBILITY BY PUBLIC TRANSPORT - A STUDY CASE IN TERESINA, PIAUI, BRAZIL

This dissertation analyzes how the urban legislation of Teresina-PI induces a population density that favours mobility by public transport. For this purpose, it was explored concepts related to urban structure, public transport and mobility, followed by their respective normative frameworks in Brazil. Based on these definitions, it was analyzed the urban structure features that facilitate the mobility by public transport, from a historical route, culminating in the current compact city paradigm that has four characteristics that promote a more sustainable mobility, where transport public has a fundamental role, highlighted by Gentil (2015): density, diversity of land use, continuity and connectivity. From these features, 'density' was selected for analysis, and its concepts and values were then explored concerning the optimization of urban infrastructure in general and for public transport. After that, it was identified and analyzed legal devices of land use and occupation in force in the Brazilian legislation that have influence on those features, such as constructive parameters and instruments of the Brazilian Statute of the City. Based in this conceptual framework, it was established a set of analysis procedures, applicable in a Brazilian city, which relates how the legal devices identified are configured to allow a density according to the parameters raised for the promotion of mobility by public transport. The application of these analysis procedures in the urban area of Teresina-PI shows that both the existing population density does not contribute to a good performance of the public transport system, as well as the legal devices of land use are not configured to induce a population density that favors public transport.

Keywords: Urban Planning; land use; public transport; populational density; Teresina.

RESUMEN

LA LEGISLACIÓN URBANÍSTICA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA DENSIDAD POBLACIONAL FACILITADORA DE LA MOVILIDAD POR TRANSPORTE PÚBLICO - UN ESTUDIO DE CASO EN TERESINA, PIAUÍ, BRASIL

Esta disertación analiza en qué medida la legislación urbanística de Teresina-PI induce una densidad poblacional que favorezca la movilidad por transporte público. Para ello, primero se exploraron conceptos relacionados a la estructura urbana y al transporte público y movilidad, seguidos de sus respectivos cuadros normativos en Brasil. A partir de esas definiciones, se analizaron las características de la estructura urbana que facilitan la movilidad por transporte público, a partir de un recorrido histórico, que culmina en el actual paradigma de la ciudad compacta que posee cuatro características que promueven una movilidad más sostenible, donde el transporte el público tiene un papel fundamental, destacadas por Gentil (2015): densidad, diversidad de uso del suelo, continuidad y conectividad. De estas características, se seleccionó para análisis la densidad, siendo posteriormente explorados sus conceptos y valores para la optimización de la infraestructura urbana en general y del transporte público. A continuación, se identificaron y analizaron los dispositivos legales de uso y ocupación del suelo vigentes en la legislación brasileña que tienen influencia sobre la densidad, como parámetros constructivos e instrumentos del Estatuto de la Ciudad brasileño. A partir de ese aparato conceptual, se estableció un conjunto de procedimientos de análisis aplicables en una ciudad brasileña, que relaciona cómo esos dispositivos legales están configurados para viabilizar densidad de acuerdo con los parámetros levantados para la promoción de la movilidad por transporte público. La aplicación de estos procedimientos de análisis en la zona urbana de Teresina-PI muestra que tanto la densidad de población existente no contribuye a un buen desempeño del sistema de transporte público, cuanto los dispositivos legales de uso y ocupación del suelo no están configurados para favorecer una densidad de población que favorezca el transporte público.

Palabras clave: planificación urbana; uso y ocupación del suelo; transporte público; densidad poblacional; Teresina.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
BRT	Bus Rapid Transit
CA	Coeficiente de Aproveitamento
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CF/88	Constituição da República Federativa do Brasil (vigente desde 1988 e atualizada até 2018)
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
EC/2001	Estatuto da Cidade (vigente desde 2001 e atualizado até 2018)
FETRANSPOR	Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro
IA	Índice de Aproveitamento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
NBR	Norma Brasileira
NTU	Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos
OD	Origem-Destino
OODIR	Outorga Onerosa do Direito de Construir
ONU	Organização das Nações Unidas
OUC	Operação Urbana Consorciada
PDTMUT	Plano Diretor de Transportes e Mobilidade Urbana de Teresina
PEUC	Parcelamento, Edificação ou Uso Compulsórios
PI	Piauí
PMT	Prefeitura Municipal de Teresina
PNMU	Política Nacional de Mobilidade Urbana
QGIS	Quantum Geographic Information System
SEMPPLAN	Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação (de Teresina)
SIG	Sistema de Informação Geográfica
STRANS	Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito (de Teresina)
TDC	Transferência do Direito de Construir
TO	Taxa de Ocupação
VLТ	Veículo Leve sobre Trilhos
ZPA	Zoneamento de Proteção Aérea

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Fila de ônibus no acesso à rodoviária do plano piloto de Brasília, em horário de pico em dia normal (2015)
Fila para embarque na rodoviária do Plano Piloto de Brasília.
- Figura 2** BRT de Curitiba
- Figura 3** BRT de Bogotá - Transmilenio
- Figura 4** Planta do Ensanche de Cerdà para Barcelona, 1859
- Figura 5** Vista aérea da verticalização no entorno de um corredor de BRT em Curitiba
- Figura 6** Coeficientes de aproveitamento por macrozona e eixos de transporte estabelecidos pelo plano diretor estratégico de 2014 do município de São Paulo
- Figura 7** Diferentes configurações edilícias a partir de uma mesma área total construída
- Figura 8** Contexto geográfico de Teresina: RIDE, município e perímetro urbano
- Figura 9** Conexões viárias entre as zonas urbanas de Timon-MA e Teresina-PI
- Figura 10** Linha férrea entre as zonas urbanas de Timon-MA e Teresina-PI
- Figura 11** Mapa de abrangência da rede municipal de transporte público por ônibus (2007)
- Figura 12** Fluxo de viagens por transporte coletivo e por transporte coletivo entre zonas, em passageiros/hora no pico da manhã
- Figura 13** Linha do VLT em Teresina, em 2019
- Figura 14** Configuração das linhas no sistema tronco-alimentador em Teresina proposta pelo PDTMUT
- Figura 15** Principais eixos de circulação em Teresina
- Figura 16** Mapa de linhas troncais, estações e terminais do sistema Inthebra
- Figura 17** Mapa de densidade populacional com corredores de ônibus e suas áreas e abrangência na zona urbana de Teresina-PI
- Figura 18** Zona leste de Teresina
- Figura 19** Zoneamento na zona leste de Teresina (2015) com as linhas troncais do Inthebra
- Figura 20** Zoneamento de Proteção Aérea do aeroporto de Teresina (2011)
- Figura 21** Lotes vazios em área nobre da zona leste de Teresina em 2018

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1** Consumo de tempo de transporte, por modo agregado (bilhões de horas/ano)
- Gráfico 2** Custo por habitação em dólares estadunidenses (janeiro de 1977) dos serviços urbanos em relação à densidade em habitantes por hectare
- Gráfico 3** Curvas de custo de transporte público urbano em função da densidade populacional
- Gráfico 4** Viagens realizadas por modo principal (2007)
- Gráfico 5** População de Teresina levantada pelos censos realizados entre 1850 e 2010

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1** Comparativo de frota e população no Brasil - 1998 e 2018
- Quadro 2** Síntese dos principais aspectos operacionais e elementos de infraestrutura necessários para a prestação do STPP por ônibus
- Quadro 3** BRT: elementos diferenciais em relação aos sistemas tradicionais e vantagens
- Quadro 4** Síntese dos padrões de demanda e oferta de um STPP e seus condicionantes, e a relação com o IPK global do sistema
- Quadro 5** Tipos de espaços urbanos e suas características gerais
- Quadro 6** Resumo dos institutos jurídico-políticos regulamentados pelo Estatuto da Cidade
- Quadro 7** Síntese do modelo de quatro etapas para análise e previsão de demanda por transporte
- Quadro 8** Características da mobilidade urbana sustentável perante a abordagem tradicional de gestão de transportes urbanos
- Quadro 9** Proposta de Indicadores de Mobilidade Sustentável
- Quadro 10** Principais conceitos relacionado à mobilidade urbana sustentável
- Quadro 11** Síntese dos fatores relacionados à forma urbana compacta e sua influência em padrões de mobilidade urbana sustentável
- Quadro 12** Fatores que influenciam a densidade urbana
- Quadro 13** Diferentes composições de densidade aplicáveis ao planejamento urbano e regional
- Quadro 14** Tipos de densidade de acordo com Acioly & Davidson (1998)
- Quadro 15** Densidades populacionais urbanas e características de ocupação
- Quadro 16** Definição das características da variável 'densidade' a serem aplicadas na análise espacial do estudo de caso
- Quadro 17** Fatores que influem na densidade populacional
- Quadro 18** Parâmetros e instrumentos de uso e ocupação do solo da legislação urbanística brasileira com maior potencial de controle da densidade
- Quadro 19** Parâmetros construtivos influentes sobre o CA
- Quadro 20** Características do PEUC - parcelamento, edificação ou utilização compulsórios - estabelecidas pelo Estatuto da Cidade (2001)
- Quadro 21** Regulamentação do PEUC em Teresina

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** Categorias de densidade populacional de acordo com Acioly & Davidson (1998)
- Tabela 2** Valores de densidade defendidos (por autor)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1. CONCEITOS NORTEADORES DO TRABALHO	17
1.1. Transportes, transporte público e mobilidade	17
1.2. Uso e ocupação do solo e estrutura urbana	29
2. CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA URBANA QUE FACILITAM A MOBILIDADE POR TRANSPORTE PÚBLICO	36
2.1. A relação entre estrutura urbana e transportes em meio à evolução dos paradigmas de planejamento urbano	36
2.1.1. Os primeiros paradigmas do planejamento urbano no século XIX: ordenamento territorial da estrutura urbana para salubridade e circulação	36
2.1.2. Os paradigmas de do planejamento urbano orientado ao tráfego automobilístico e o processo de dispersão urbana ao longo do século XX	39
2.1.3. A sustentabilidade e a nova abordagem do transporte público vinculado ao paradigma da cidade compacta e mobilidade sustentável	45
2.2. Densidade	53
2.2.1. Impacto da densidade na estrutura urbana	53
2.2.2. Tipos de densidade	55
2.2.3. Valores de densidade populacional	57
2.2.4. Definição das características da variável densidade	64
3. PARÂMETROS E INSTRUMENTOS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO QUE INFLUENCIAM NA DENSIDADE	65
3.1. Fatores que influenciam a densidade populacional.....	65
3.2. Exploração dos parâmetros e instrumentos de uso e ocupação do solo da legislação urbanística brasileira com maior potencial de controle da densidade...	67
3.2.1. Parâmetros Construtivos.....	67
3.2.2. Instrumentos do Estatuto da Cidade indutores do adensamento urbano	73
4. PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE	84
4.1. Panorama conceitual e objetivo da análise.....	84
4.2. Etapas de análise: procedimentos, critérios, ferramentas de análise e fonte.	85
5. ESTUDO DE CASO: TERESINA-PI	90
5.1. Caracterização de Teresina.....	90

5.2. Análise da densidade populacional em relação à área de abrangência dos corredores de transporte público selecionados.....	106
5.3. Análise da regulamentação dos dispositivos legais de uso e ocupação do solo em um recorte espacial da cidade.....	108
5.3.1. Delimitação de um recorte espacial de análise	108
5.3.2. Análise dos parâmetros construtivos e instrumentos vigentes na área selecionada.....	110
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	119
6.1. Sobre os desafios para a integração entre estrutura urbana e transporte público	119
6.2. Sobre o método de análise espacial e suas limitações	120
6.3. Sobre análise na zona urbana de Teresina	121
6.4. Indicações para o planejamento urbano em Teresina.....	122
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125

INTRODUÇÃO

Em grande parte das cidades brasileiras, a mobilidade urbana vem-se agravando com o crescimento urbano, caracterizando, hoje, uma crise que impõe uma série de desafios às políticas de planejamento. O aumento do tempo, das distâncias e do custo de deslocamento são os fatores que mais evidenciam esse problema, mas existem ainda fatores menos visíveis, como exclusão social, impacto ambiental e perda de produtividade (SANTOS JUNIOR e MONTANDOM, 2011). Apenas nas cidades do Rio e São Paulo, a perda de produtividade diária acumulada em 2013 decorrente de congestionamentos chegou a 98 bilhões de reais (FIRJAN, 2014), o que correspondia a 2% do PIB nacional naquele ano. Os problemas de mobilidade se intensificaram com o aumento vertiginoso da frota de veículos nos últimos anos no país, especialmente a de transporte motorizado individual (Quadro 1):

Quadro 1 - Comparativo de frota e população no Brasil - 1998 e 2018

Ano	Frota total	Automóveis, motos e motonetas	População
1998	24 milhões	20 milhões	161 milhões
2018	100 milhões	80 milhões (+ 300% ou 4x)	208 milhões (+ 30%)

Fonte: autor, a partir de dados do Denatran e IBGE.

Esse crescimento é resultado de uma série de políticas que incentivaram as indústrias automobilística e petrolífera, como estratégia para dinamizar a economia, mas que não levam em consideração o impacto ambiental, social e econômico da massificação do transporte motorizado individual sobre o ambiente urbano. O aumento da frota também é resultado da preferência pelo uso do automóvel como uma alternativa à deficiência crônica do transporte público nas grandes e médias cidades no Brasil, que apresentam vários problemas de gestão, como deficiência na abrangência espacial, na frequência de veículos, capacidade e pontualidade (ANTP, 2015). Esse aumento de automóveis sobrecarrega a infraestrutura das cidades, que não possuem capacidade de suporte para tamanha frota, gerando congestionamentos que prejudicam o desempenho do transporte público rodoviário (ônibus e vans), que no Brasil, representam a maior parcela dentre os modais de transporte público (ANTP, 2012). Isso gera um aumento do consumo de combustível e a elevação do custo operacional, que é repassado direto aos usuários, via tarifa (TEIXEIRA et al., 2016). Por sua vez, isso

gera uma fuga de usuários, deixando o sistema de transporte público menos rentável, o que tende a tornar o desempenho do sistema ainda pior.

Nesse escopo, a melhoria dos transportes coletivo e não motorizado (pedestres e ciclistas) como alternativa ao transporte motorizado individual são as ações mais citadas para a melhoria da mobilidade. Em especial, o transporte público possui uma relevância mais estratégica, pois possui um maior potencial de substituir o transporte individual motorizado, já que as cidades vêm-se tornando cada vez mais populosas e mais extensas em área, o que atenua o alcance dos deslocamentos não motorizados (ciclistas e pedestres). Ademais, o transporte público se alinha a princípios da sustentabilidade, pois possui uma menor emissão de poluentes per capita, e consegue transportar mais pessoas em menos espaço, demandando menos infraestrutura que os veículos motorizados individuais (FARR, 2007).

A visão de uma mobilidade mais sustentável, com foco no transporte público ganhou respaldo legal após a publicação da Política Nacional de Mobilidade Urbana¹ (PNMU), de 2012. No documento, atribui-se uma importância ao transporte público coletivo, tanto priorizando-o em detrimento do transporte motorizado individual, como destacando sua importância como elemento estruturador do território e indutor do desenvolvimento urbano integrado. Nesse contexto, várias cidades no Brasil vêm atualizando seus planos diretores e elaborando planos de mobilidade, tornando mais clara a necessidade de promover uma melhor infraestrutura e gestão para o transporte público, para atender adequadamente aos cidadãos e assim, reduzir a escolha pelo transporte motorizado individual nos deslocamentos cotidianos. As propostas mais comuns nos planos diretores para atender aos objetivos da lei são intervenções no sistema viário, por meio da implantação de faixas exclusivas para ônibus, que garantem um espaço para circulação independente dos demais veículos, permitindo uma maior fluidez veicular, e portanto, maior capacidade de transporte (BRASIL, 2015); além de mudanças na gestão, como a renovação e/ou aumento da frota, redistribuição dos itinerários, entre outros aspectos operacionais.

No entanto, o que se verifica são propostas centradas no sistema viário e nos sistemas de transporte, sem muitas discussões sobre os padrões uso e ocupação do solo, que também devem ser trabalhados, em conjunto com os aspectos de infraestrutura e operacionais, para a promoção da mobilidade por transporte público.

¹ A Política Nacional de Mobilidade Urbana foi instituída pela Lei Federal 12.587 de 3 de janeiro de 2012, e constitui o instrumento da política de desenvolvimento urbano no Brasil de que tratam o inciso XX do art. 21 e o art. 182 da Constituição Federal. Além de trazer definições sobre os termos relacionados ao transporte, a lei trata em específico das diretrizes para a regulação dos serviços de transporte público coletivo; dos direitos dos usuários dos sistemas de transporte urbano; das atribuições de cada um dos entes federados; e diretrizes para o planejamento e gestão dos sistemas de mobilidade urbana.

Isso, porque o uso e ocupação do solo condicionam tanto a distribuição espacial das atividades urbanas (tais como habitação, comércio e serviços), bem como o aproveitamento do solo urbano (parâmetros de densidade construtiva e populacional), o que, por sua vez, condiciona as trajetórias diárias para realizar essas atividades.

Essa relação também possui um efeito inverso. A infraestrutura viária e os sistemas de transporte desempenham também um papel fundamental na estruturação do espaço urbano, principalmente no que se refere à orientação da construção de espaços definida pelo mercado imobiliário, na expansão desse espaço urbano (SANTOS, 2008). Dessa forma, o sistema de transportes gera consequências no uso do solo tanto no curto prazo, influenciando origem, destino, modo, tempo, rota das viagens, quanto no longo prazo, alterando a localização das atividades (MANHEIM, 1979).

A falta de articulação entre os dois campos disciplinares que regem esses sistemas pode conduzir a uma série de desequilíbrios no espaço urbano. O sistema viário pode se tornar supersaturado em alguns pontos e/ou períodos do dia, em outros, pouco utilizado. Pode haver zonas adensadas, mas com pouca capacidade e/ou oferta de transportes; ou zonas pouco densas, que não viabilizam os sistemas de transporte. Dessa forma, é fundamental que haja uma integração entre as políticas públicas de transportes e de uso e ocupação do solo, de modo a facilitar a mobilidade urbana, em especial por transporte público. No entanto, de acordo com Santos Júnior e Montandon (2011), ainda é incipiente a discussão da importância das políticas de uso e ocupação do solo dos planos diretores para a promoção da mobilidade por transporte público.

No âmbito de problemas de mobilidade nas cidades brasileiras, destaca-se o caso de Teresina, cidade que enfrenta desafios comuns às demais cidades de médio e grande porte no Brasil. Capital e município mais populoso do estado do Piauí, com cerca de 860 mil habitantes (estimativa IBGE para 2018), sua população e o PIB nominal cresceram nos últimos anos, mas a mobilidade vem seguindo um caminho inverso. Esse retrocesso é evidenciado principalmente pelo aumento dos congestionamentos, e do tempo médio das viagens de transporte público coletivo, que subiu de uma média de 68 minutos, em 2008, para 96 minutos, em 2014 (TERESINA, 2015), além do aumento das tarifas. Assim, o baixo desempenho do transporte público em Teresina sugere que a sua estrutura urbana não favorece a mobilidade por transporte público.

Nesse sentido, questiona-se em que medida a estrutura urbana de Teresina facilita a mobilidade por transporte público, e em que medida a sua legislação de uso e ocupação do solo está configurada para induzir uma estrutura urbana que favoreça essa mobilidade. Este questionamento parte da premissa de que existem características na estrutura urbana que podem facilitar ou atenuar a mobilidade por transporte público; e

que a legislação de uso e ocupação do solo tem um papel fundamental na construção da estrutura das cidades. Considerando que são muitas as características da estrutura urbana impactadas pela legislação do solo, e que para o escopo de uma dissertação é necessário fazer um recorte, a escolha recairá naquelas que afetam a densidade populacional.

Em resumo, este trabalho analisa em que medida a legislação urbanística de Teresina induz uma densidade populacional que favoreça a mobilidade por transporte público. Para essa análise, o trabalho foi estruturado da seguinte forma:

No **capítulo 1**, foram explorados os conceitos de estrutura urbana e uso e ocupação do solo, e quadro normativo no Brasil; seguido de transporte público e mobilidade, e seu quadro normativo no Brasil.

No **capítulo 2**, são exploradas as características da estrutura urbana que podem facilitar a mobilidade por transporte público, justificando-se a escolha da densidade, a partir da qual foi realizado um aprofundamento conceitual e técnico que forneça parâmetros qualitativos e quantitativos para realizar a análise.

No **capítulo 3**, é realizada a identificação e análise de como os instrumentos e parâmetros urbanísticos de uso e ocupação do solo, na legislação brasileira, possuem influência sobre a densidade.

No **capítulo 4**, é definido um conjunto de procedimentos que permita analisar como a densidade populacional de Teresina atende aos parâmetros encontrados na fundamentação teórica para a promoção da mobilidade por transporte público, e como os dispositivos legais de uso e ocupação do solo vigentes na cidade estão configurados para induzir essa densidade, também conforme os parâmetros encontrados na fundamentação teórica.

No **capítulo 5**, é feita a análise do estudo de caso, conforme o conjunto de procedimentos definido no capítulo anterior.

Por fim, no **capítulo 6**, são traçadas considerações finais sobre os desafios das políticas de uso e ocupação do solo para a construção de uma estrutura urbana que facilite a mobilidade por transporte público; sobre os procedimentos de análise e suas limitações; sobre os resultados da análise em Teresina; e indicações a partir das deficiências encontradas na análise.

CONCEITOS NORTEADORES DO TRABALHO

Neste capítulo, serão explorados os conceitos relacionados aos temas da pesquisa e seus respectivos quadros normativos no Brasil: **transporte público e mobilidade, e uso e ocupação do solo e estrutura urbana.**

1.1. TRANSPORTE PÚBLICO E MOBILIDADE

Na cidade, as pessoas, para atender às suas obrigações e necessidades individuais (trabalho, estudo, compras, lazer, saúde etc.), precisam realizar deslocamentos. Cada deslocamento, ou **viagem**, pode se dar por vários meios de transporte, ou simplesmente, **transportes**. O termo transporte significa, de forma genérica, “conduzir ou levar algo de um lugar a outro” (Dicionário Aurélio, 1998, p.1703). Autores como Manheim (1979), Vasconcellos (1998) e Reck apresentam abordagens mais específicas, que se alinham às definições trazidas pela Política Nacional de Mobilidade urbana (PNMU) 2012, que atribui dois conceitos básicos ao termo transportes: **um conjunto de meios** - que as pessoas utilizam para realizar deslocamentos e/ou transportar cargas, que podem ser não motorizados (a pé, bicicleta) ou motorizados (moto, carro, ônibus, trem etc.); e **um conjunto de serviços** - que depende de infraestrutura e planejamento operacional, e deve ser regulamentado pelo poder público e provido pelo mesmo e/ou iniciativa privada por meio de concessão via licitação pública.

Para Vasconcellos (1998), a infraestrutura e o serviço são necessários para que os cidadãos possam realizar os seus deslocamentos, como forma de permitir acesso às diversas atividades desempenhadas no espaço urbano. Dessa forma, sua provisão é uma questão de cidadania, equidade, qualidade de vida, produtividade e eficiência econômica da sociedade (MANHEIM, 1979; RECK).

Segundo a PNMU, os modos de transporte podem ser classificados quanto ao modo de propulsão (motorizado ou não motorizados); objeto transportado (passageiros e/ou de cargas); característica do serviço (coletivo ou individual) e a natureza do serviço (público ou privado). Dentro dessa classificação, o que é usualmente chamado de **transporte público** ou **transporte coletivo** pode ser definido tecnicamente como “transporte motorizado de passageiros coletivo público”. A lei usa o termo **transporte público coletivo**, definido como “serviço público de transporte de passageiros acessível

a toda a população mediante pagamento individualizado, com itinerários e preços fixados pelo poder público” (BRASIL, 2012). Esta pesquisa adota o termo **transporte público**, por ser sintético e mais usual, tanto no meio informal quanto no meio acadêmico.

Existem vários modais de transporte público, tais como rodoviários (ônibus, BRT, micro-ônibus) e ferroviários (veículo leve sobre trilhos - VLT, metrô, trem) - ambos mais usuais no transporte urbano - além dos modais aéreos (teleférico) e hidroviários (barcos, balsas), que diferem entre si quanto à infraestrutura necessária para operar, à capacidade de transporte e ao custo de operação. De uma forma geral, os modais de transporte público apresentam a vantagem em relação ao transporte individual de conseguir transportar mais pessoas em menos espaço e não demandar estacionamento, o que gera uma economia de espaço, e portanto, de custo de infraestrutura; além de gerar menores emissões de poluentes e gases efeito estufa por pessoa transportada (RECK, 2014, VASCONCELLOS, 1998; FARR, 2007). Por outro lado, não apresentam a versatilidade do transporte individual, que possui livre escolha do trajeto e horário de deslocamento, entre outras vantagens (RECK, 2014).

Segundo Reck, os modais de transporte público disponíveis em uma determinada área devem funcionar como um Sistema de Transporte Público de Passageiros (STPP), cujo planejamento é responsabilidade do **poder público** em parceria com os **operadores** do serviço. Juntos, devem definir diversos aspectos operacionais e elementos de infraestrutura, de forma articulada, para garantir a prestação do serviço de transporte aos **usuários**, buscando atender às suas expectativas - oferta do máximo de destinos possíveis, com menores custo e tempo de deslocamento possíveis; com pontualidade e conforto - em conciliação com uma busca constante pela **racionalização operacional do sistema** - que envolve maximizar o uso da infraestrutura existente e a capacidade de transporte, bem como a redução dos custos de operação do serviço.

No Brasil, de acordo com dados de 2018 da Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU), os modais rodoviários, representados pelo ônibus e suas variantes², atende a 86% da demanda por transporte público no país. Assim, boa parte do planejamento do STPP no Brasil envolve aspectos operacionais e elementos de infraestrutura voltados para o ônibus, sintetizados no Quadro 2:

² A NBR 15570, de 2009, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), estabelece 7 classes de veículos rodoviários para transporte de passageiros: microônibus, miniônibus, midiônibus, ônibus básico, ônibus padron, ônibus articulado, e ônibus biarticulado. As capacidades mínimas variam de 10 a 160 passageiros - sentados e em pé.

Quadro 2 - Síntese dos principais aspectos operacionais e elementos de infraestrutura necessários para a prestação do STPP por ônibus

	ASPECTOS OPERACIONAIS	INFRAESTRUTURA NECESSÁRIA
<p>rotas que os veículos irão percorrer (linhas ou itinerários)</p> <p>(ONDE há transporte, e AONDE ele vai)</p>	<p>Dentro de uma determinada área, existe uma indeterminada quantidade de viagens que podem ser feitas entre pontos quaisquer. O atendimento a esse universo de deslocamentos utilizando veículos coletivos de forma rentável demanda uma concentração da oferta de transporte ao longo de rotas (ou linhas) que os veículos percorrem, realizando paradas para embarque e desembarque de passageiros em pontos ao longo do trajeto. Cada ponto de parada atende a uma determinada área em seu entorno; dessa forma, os pontos de parada devem ser implantados aproximadamente equidistantes entre si, para que o conjunto das suas áreas de abrangência cubra todo o entorno de uma linha. Por conseguinte, as linhas devem ser distribuídas de forma que o conjunto de suas zonas de abrangência cubra o máximo de área onde há demanda por transporte. As linhas são implantadas conforme a quantidade de viagens entre pontos de origem e destino, que deve atingir um padrão mínimo para sustentar sua disponibilização. Como nem sempre isso ocorre, a delimitação das linhas deve ser feita de forma que haja uma conexão entre elas, permitindo a realização de traslados entre linhas distintas de modo que o máximo de destinos sejam alcançados direta ou indiretamente. As linhas podem variar conforme o trajeto, que pode ser linear; ou circular; a função de circulação, que pode ser troncal ou alimentadora; e a quantidade de paradas, que pode ser sequencial ou expressa (liga diretamente pontos distantes).</p>	<p>Os veículos necessitam de uma estrutura mínima para circular com segurança e fluidez; dessa forma, as vias que constituem rotas de transporte público devem ter:</p> <ul style="list-style-type: none"> - largura da faixa de rolamento suficiente para circulação do veículo, e, preferencialmente, com delimitação de circulação preferencial ou exclusiva em rotas com maior volume de tráfego, para que os demais veículos não impactem sua circulação; - raio de curvatura nas conversões que permita uma circulação ágil e segura; - pavimento em bom estado de conservação, sinalizado, e resistente às forças de aceleração e frenagem dos tipos de veículos designados para circular na via; <p>Os veículos também necessitam de uma estrutura mínima nos pontos de parada, onde são realizados o embarque e desembarque de passageiros, que devem minimamente:</p>
<p>frota usada para o transporte</p> <p>(COMO se transporta)</p>	<p>A frota deve ser compatível com a infraestrutura do sistema viário ao longo das rotas. A capacidade e a quantidade de veículos devem ser combinadas com a frequência ofertada ao longo das rotas para que os passageiros sejam transportados em um tempo razoável, mesmo nos horários de maior demanda. A frota deve receber manutenção ao longo do tempo de uso, e deve ser renovada a cada determinado período de tempo para garantir segurança aos passageiros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ser acessíveis a uma distância de caminhada de um ponto qualquer ao ponto de parada mais próximo. Essa distância varia conforme configuração urbana; por isso, convencionou-se que as paradas possuem um raio de abrangência que varia de 100 a 800 metros, de acordo com a concentração da demanda de passageiros e a configuração das vias. Esse raio de abrangência, por sua vez, define o espaçamento entre as paradas, que pode variar conforme a continuidade do tecido urbano; - comportar a demanda de passageiros em espera para o embarque, preferencialmente, abrigados do sol e da chuva; - dispor, preferencialmente, de baias para acomodar a parada do veículo fora da faixa de rolamento, de modo que ele não interrompa a circulação dos demais veículos.
<p>horários e frequência (QUANDO se transporta)</p>	<p>Os horários e a frequência de passagem dos veículos em cada linha devem ser definidos pelos operadores por meio de um quadro de horários fixo, que deve atender à demanda de passageiros, que varia conforme a rota, o horário do dia e o dia da semana, evitando-se superlotação ou subutilização da frota.</p>	
<p>tarifa(s)</p> <p>(a que CUSTO se transporta)</p>	<p>Valor a ser cobrado do usuário para garantir o acesso ao transporte, que pode variar conforme a linha, o tipo de integração entre linhas, e a existência de subsídios públicos. As tarifas devem ser definidas pelo poder público, de modo que sejam acessíveis à população cativa do transporte público (população que dispõe apenas desse meio de transporte, por não conseguir arcar com os custos do transporte motorizado individual). Caso a receita gerada pelas tarifas não cubra os custos operacionais, o poder público deve fornecer subsídios aos operadores.</p>	

Fonte: autor, com base em dados de Reck (2014), Gondim (2001) e Brasil (2012).

A partir desses aspectos operacionais e elementos de infraestrutura, o STTP por ônibus possui como principais vantagens um custo de infraestrutura mais barato que o modal ferroviário e maior flexibilidade quanto à operação, pois as rotas que os veículos percorrem são mais facilmente ajustáveis para adequação dos itinerários às novas realidades urbanas (RECK, 2014). No entanto, segundo o autor, essa versatilidade, historicamente, tem-se mostrado contraproducente, pois muitos sistemas de linhas de ônibus foram-se implantando irracionalmente, nem sempre de acordo com interesses de toda a comunidade envolvida e, face à realidade energética atual, têm onerado de forma significativa o transporte público.

Como exemplo, citam-se as sobreposições de linhas em determinadas vias, o que geralmente ocasiona, nos horários de pico, uma quantidade de ônibus acima do que os pontos de parada podem receber, gerando filas de espera, aumentando o tempo de viagem. Outro caso comum nos sistemas de transporte público em diversas cidades brasileiras é a falta de controle da frequência e horários dos ônibus, que pode fazer com haja um acúmulo de passageiros em determinados horários, e baixo acúmulo em outros, fazendo com que alguns veículos rodem lotados, enquanto outros, praticamente vazios; além de gerar enormes filas de espera nos pontos de parada e estações.

Figura 1: Fila de ônibus no acesso à rodoviária do plano piloto de Brasília, em horário de pico em dia normal (2015), e Figura 2: Fila para embarque na rodoviária do Plano Piloto de Brasília.



Fonte: arquivo do autor (figura 1) e Blog Brasília para pessoas (figura 2) (<<https://brasiliaparapessoas.wordpress.com/>> Acesso em 15 mar. 2019).

Segundo Wright (2003), em grande parte das cidades ao redor do mundo, o ônibus é um serviço de baixo desempenho, onde as principais reclamações dos usuários são: a localização inconveniente das paradas; a baixa e/ou imprevisível frequência do serviço; medo da violência; tempo de trajeto significativamente superior ao transporte individual; superlotação dos veículos; custo inacessível à população mais pobre; falta de organização do sistema de itinerários e baixo status do serviço. A queda de usuários do transporte público também é verificada em várias cidades do mundo no final do século XX, como aponta um relatório da ONG Sustainable Mobility, de 2001.

Wright (2003) pontua que, em grandes cidades do mundo desenvolvido, o ônibus normalmente é um modo de transporte secundário, que funciona complementando as rotas de alta capacidade realizadas pelos sistemas de transporte sobre trilhos. Já nos países em desenvolvimento, o ônibus é o principal modal de transporte público, em especial nas médias cidades, que não dispõem de orçamento suficiente para implantar sistemas de transporte sobre trilhos, em função do seu elevado custo; e não possuem uma demanda que sustente a operação de sistemas de alta capacidade.

Ao longo do século XX, várias técnicas foram desenvolvidas para melhorar o desempenho e aumentar a capacidade do STPP por ônibus a um custo mais acessível. Em pequena escala, a criação de faixas exclusivas para circulação de ônibus já era adotada desde 1937 em cidades estadunidenses, mas foi apenas em 1974 que técnicas foram aplicadas em grande escala, configurando um sistema, na cidade de Curitiba (WRIGHT, 2003). O sistema, denominado BRT - *Bus Rapid Transit*, ou ônibus de trânsito rápido - funciona basicamente com ônibus de maior capacidade, circulando em vias exclusivas, com paradas maiores e com transbordo em nível. Assim, incorpora-se características do transporte metroferroviário - como circulação independente do tráfego automotivo, maior capacidade, rapidez no embarque e desembarque - mas a um custo significativamente inferior³ e um prazo de implantação muito mais rápido (WRIGHT, 2003; CERVERO, 2013).

As características de um BRT variam significativamente de acordo com as circunstâncias locais; não obstante, o sistema recebeu diversos nomes ao redor do mundo (WRIGHT, 2003). Em geral, o sistema possui os seguintes elementos e respectivas vantagens em relação aos sistemas tradicionais (Quadro 3):

³ Segundo Wright (2003), o custo de implementação de 1km de BRT varia de 1 a 5,3 milhão USD (dólares estadunidenses), enquanto que o custo de 1km de sistemas sobre trilhos varia de 67 a 207 milhões USD.

Quadro 3 - BRT: elementos diferenciais em relação aos sistemas tradicionais e vantagens

Elementos de operação e infraestrutura	Vantagens
circulação em faixas e/ou pistas exclusivas	Tornam o tráfego dos ônibus independente do resto do tráfego, de modo que os congestionamentos em nada ou pouco afetam a circulação dos ônibus. Isso tende a elevar a velocidade operacional, o que, por conseguinte, reduz os tempos de viagem e amplia a capacidade de transporte de passageiros por hora por sentido. As faixas de circulação podem ser ou não separadas das demais faixas por barreiras físicas; caso isso não ocorra, pode-se permitir o uso da faixa exclusiva por veículos policiais e ambulâncias; caso sim, isso permite que os ônibus circulem tanto no fluxo como no contrafluxo das vias, o que flexibiliza a organização dos itinerários.
veículos com maior capacidade (articulados ou multiarticulados)	Conseguem carregar até o triplo de passageiros em relação aos ônibus convencionais, o que permite o atendimento a regiões de maior demanda e gera menor consumo de combustível por passageiro.
pontos de parada maiores e com transbordo em nível	Permite uma maior quantidade de transbordos, de forma mais ágil, segura e com acessibilidade universal, o que reduz o tempo de parada e, por conseguinte, o tempo total das viagens.
pontos de parada mais afastados entre si (mínimo de 500 metros)	Concentram mais demanda, geram menos paradas ao longo das rotas, o que reduz os tempos de viagens e aumenta a eficiência no uso do combustível, que é maior com menos frenagens.
linhas de alta capacidade conectando terminais para integração física	Substituem múltiplas linhas que realizam um mesmo trajeto, tornando o sistema mais simples e viabilizando uma maior frequência de veículos. A conexão em terminais proporciona integração física com outras linhas.
integração tarifária	Reduz o custo das viagens, viabilizando financeiramente a integração física, contribuindo para ampliar a quantidade de destinos possíveis.
coleta da tarifa nas estações ao invés dos ônibus	Evita a formação de filas durante o embarque, tornando-os imediatos. Isso reduz o tempo de parada, o que diminui o tempo total das viagens.
sistema de bilhetagem eletrônico	Agiliza a coleta da tarifa, permite atender mais usuários, torna o sistema mais seguro e permite realizar integração tarifária de forma automática.

Fonte: autor, com base em dados de Wright (2003) e Cervero (2013).

A maior parte desses elementos vêm sendo desenvolvidos ao longo do tempo, a partir de inovações tecnológicas e de gerenciamento incorporadas aos sistemas de BRT implantados em diversas cidades ao redor do mundo. Alguns desses elementos, como a integração tarifária e o sistema de bilhetagem eletrônico, vêm sendo incorporados aos sistemas tradicionais. O melhor desempenho desses sistemas em relação aos tradicionais faz do *modus operandi* do BRT um modelo de referência para a realização de melhoramentos nos STPP por ônibus. No entanto, de acordo com a demanda de passageiros, o orçamento disponível e as características do sistema viário, nem sempre é possível implantar todos os elementos que definem um sistema BRT. Segundo Wright (2003):

se um sistema é denominado BRT é ou não é menos relevante do que a qualidade do serviço provido e o grau de contínuo melhoramento. Muitos sistemas de ônibus convencionais podem ser melhorados substancialmente adotando características do serviço de baixo custo ao consumidor evidentes nos sistemas de BRT” (WRIGHT, 2003, pg. 18, tradução nossa)

O elemento mais representativo do BRT e sistemas similares é a dedicação de faixas preferenciais/exclusivas para a circulação dos ônibus. Essa medida possui um impacto considerável no trânsito, pois reduz o espaço disponível para circulação dos demais veículos, geralmente onde o trânsito já é saturado, o que gera grandes controvérsias. No entanto, segundo Wright (2003), essa medida tende a melhorar o trânsito em geral, pois carros e ônibus possuem diferentes tamanhos, velocidades, e frequências de parada, de modo que a separação dos seus fluxos tende a gerar um trânsito com mais fluidez e segurança para ambos os modos. Ademais, as próprias qualidades do BRT, como maior capacidade, pontualidade e frequência, permitem e incentivam que mais pessoas usem o transporte público, diminuindo-se o uso de automóveis, o que por conseguinte, reduz o nível de saturação do trânsito.

A configuração das vias muitas vezes inviabiliza a implementação de todos os elementos de infraestrutura que um sistema BRT demanda, de modo que grande parte das cidades só pode ser atendida por sistemas convencionais. Assim, um sistema BRT normalmente funciona de forma integrada com esses sistemas, que nesse caso, realizam trajetos de menor demanda, dentro de bairros mais periféricos e/ou habitacionais, e transferem passageiros aos terminais e eixos principais onde o BRT opera. Da mesma forma, o BRT também pode funcionar de forma complementar a outros sistemas de transporte de massas, como o metrô (WRIGHT, 2003).

Indicadores de desempenho

Vários dados técnicos e indicadores operacionais utilizados para medir a eficiência do serviço, em termos de capacidade e rentabilidade, apontam que a operação do transporte público no Brasil possui um baixo desempenho - o que enquadra largamente o STPP por ônibus. De acordo com o diretor administrativo da NTU, Marcos Bicalho, em entrevista em 2018⁴, há dois principais indicadores utilizados para avaliar o desempenho de um STPP: a velocidade operacional dos veículos, e o índice de passageiros por quilômetro - mais conhecido como IPK.

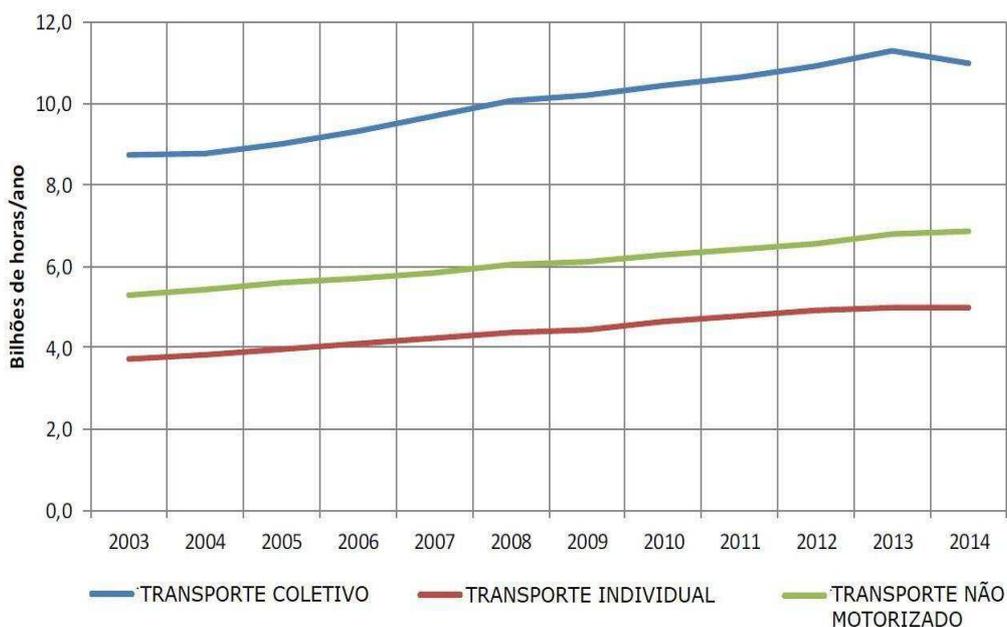
A **velocidade operacional** é medida pela divisão entre a distância percorrida ao longo de um determinado trajeto pelo tempo gasto para percorrê-lo, podendo ser

⁴ Entrevista disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=RXICgjeaV8o>> Acesso em: 15 mar. 2019.

calculada para uma linha ou trechos de linhas, ou para o sistema como um todo. Quanto maior a velocidade operacional, menor o tempo gasto para percorrer uma determinada distância, e vice-versa. Como os usuários desejam realizar deslocamentos gastando o menor tempo possível, a eles é desejável uma maior velocidade operacional. O mesmo vale para os operadores, pois, segundo Bicalho, gastar menos tempo para percorrer um mesmo trajeto gera menor gasto de combustível e permite que menos veículos, motoristas e cobradores, sejam utilizados para transportar uma mesma quantidade de passageiros. Essa otimização do custo operacional permite a prática de tarifas mais baixas, e/ou uma redução dos subsídios do poder público aos operadores do STPP - de uma forma ou de outra, a sociedade paga um preço menor.

A velocidade operacional é influenciada por fatores como a quantidade de paradas, o tempo total das paradas, a qualidade do pavimento da faixa de rolamento e o nível de saturação do trânsito - um dos fatores mais preponderantes. A saturação do trânsito nas vias impacta diretamente a circulação dos ônibus, reduzindo-lhes sua velocidade operacional, o que, por conseguinte, aumenta os tempos de viagem. Segundo um estudo feito pela Associação Nacional dos Transportes Públicos (ANTP), publicado em 2014, o tempo de deslocamento utilizando transporte público no Brasil consome um tempo significativamente superior aos demais modos de transporte, como mostra o gráfico a seguir (Gráfico 1). Esse elevado tempo de viagem é consequência de vários fatores, principalmente de uma baixa velocidade operacional média do sistema.

Gráfico 1 - Consumo de tempo de transporte, por modo agregado (bilhões de horas/ano)



Fonte: ANTP (2014).

O outro indicador citado por Bicalho, o **índice de passageiros por quilômetro - IPK**, mensura a quantidade de embarques de passageiros realizados por quilômetro percorrido, podendo ser calculado por veículo, por linha ou trecho de linha, ou para o sistema como um todo. Cada embarque gera uma entrada de dinheiro no caixa do sistema (com exceção das gratuidades e descontos estabelecidos por lei para certos grupos de usuários); dessa forma, a quantidade de embarques determina diretamente a receita arrecadada pelos operadores. Por outro lado, cada quilômetro percorrido gera um gasto com combustível, recursos humanos (motoristas e cobradores) e manutenção da frota (realizada em função da quilometragem percorrida). Por isso, a distância percorrida determina diretamente uma parte significativa do custo do transporte. Assim, a relação entre embarques (receita) pela distância percorrida (custo), medida pelo IPK, constitui um indicativo de rentabilidade do sistema - quanto maior o IPK, maior a rentabilidade.

Como o operador deseja maior rentabilidade, a ele é desejável um maior IPK; o mesmo se aplica ao poder público, uma vez que um STPP mais rentável demanda menos subsídios. Para o usuário, segundo Bicalho, um maior IPK pode apresentar vantagens e desvantagens. Por um lado, uma maior rentabilidade do STPP contribui para a manutenção de menores valores de tarifa. Por outro, um maior IPK implica em mais embarques por veículo, o que pode gerar uma maior concentração de pessoas em um mesmo espaço, que a certos níveis, pode comprometer o conforto e até mesmo a integridade física dos usuários.

Existem diversos fatores que afetam direta e indiretamente o IPK. Pela própria definição da fórmula, o IPK depende diretamente da relação entre a quantidade de embarques pela distância percorrida. A distância percorrida, por sua vez, é condicionada pelos itinerários, e a quantidade de embarques, à demanda de passageiros nas áreas atendidas pelos itinerários. Dessa forma, a quantidade de embarques para cada distância percorrida - o IPK - depende de como a **oferta de transporte** atende à **demanda de passageiros**. Por conseguinte, alterações em qualquer um desses padrões alteram o IPK, como mostra o quadro 4:

Quadro 4 - Síntese dos padrões de demanda e oferta de um STPP e a relação com o IPK global do sistema

padrões		
padrões de demanda	quantidade de viagens	Quanto maior a quantidade de viagens, maior a quantidade de embarques, portanto, maior o IPK.
	distâncias entre os pontos de origem e destino	Quanto maior a distância entre os pontos de origem e os pontos de destino das viagens, maior o tempo que os passageiros permanecem dentro dos veículos, o que gera menos espaço para a entrada de novos passageiros, reduzindo assim a potencial quantidade de embarques no veículo - o que, por conseguinte, reduz o IPK.
	distribuição dos pontos de origens e destinos no tempo e espaço	Em certos horários, a concentração de pontos de origens em determinadas áreas e destinos em outras faz com que os veículos alcancem sua lotação máxima já no início do trajeto, o que limita a realização de novos embarques, o que, por conseguinte, reduz o IPK.
padrões de oferta	distribuição espacial das linhas; combinação entre quantidade, capacidade, frequência, e velocidade operacional dos veículos	Se por um lado, uma maior oferta de transporte permite uma maior quantidade de embarques, por outro, se mais veículos percorrem maiores distâncias para atender à uma mesma demanda, isso reduz o ipk - e por conseguinte, a rentabilidade. Assim, para elevar o IPK, a oferta do transporte deve ser a mínima possível que atenda à demanda dos usuários.

Fonte: autor, a partir de dados de Reck (2014), NTU (2018) e Brasil (2015).

A partir do quadro, observa-se como um universo de inter-relações entre os padrões de demanda e oferta podem influir no IPK. Em geral, os padrões de demanda são mais influenciados pelo planejamento do uso e ocupação do solo, enquanto que a oferta é definida pelo planejamento de transportes. Dessa forma, o planejamento de uso e ocupação do solo pode influir no IPK alterando os padrões de demanda, à medida em que reduz as distâncias percorridas, e potencializa a quantidade de embarques ao permitir uma proximidade da população com o serviço de transporte.

Já os padrões de oferta, definidos pelo planejamento de transportes, são trabalhados para tornar o sistema mais rentável, busca-se elevar o seu IPK. Para isso, podem ser feitas alterações nos padrões de oferta, buscando-se reduzir a distância total percorrida, tais como alterações na distribuição espacial das linhas, como a extinção de linhas que realizam trajetos que podem ser feitos por outras linhas, de forma direta ou com conexões; alteração das rotas das linhas existentes, de modo a atender às zonas de maior demanda e/ou concentrar fluxos e embarques em certos pontos ou eixos; e ainda, a redução da frequência de veículos em locais, dias e horários de menor demanda. No entanto, essas alterações podem gerar um efeito inverso, pois a redução da oferta e o aumento da quantidade de conexões pode elevar o tempo de espera e o tempo de viagem, deixando o transporte público menos competitivo em relação à outros

modos de transporte, o que pode reduzir a quantidade de embarques em um nível maior do que se reduz a distância percorrida - o que, por conseguinte, reduz o IPK.

Em alguns casos, as alterações nos itinerários podem deixar porções do território fora da área de abrangência das rotas, de modo que os usuários com origem ou destinos para estas áreas tenham que percorrer distâncias maiores para ter acesso ao transporte - o que muitas vezes, é inviável ao cidadão, que fica privado do acesso ao transporte. Nesse caso, apesar do sistema se tornar mais rentável, ele se torna menos eficiente aos usuários. Por isso, um IPK mais elevado não significa necessariamente que o sistema seja eficiente do ponto de vista global. Assim, a oferta do transporte não pode ser limitada apenas em função da busca por uma maior rentabilidade (maior IPK), e sim, pelo equilíbrio entre rentabilidade e atendimento aos usuários.

De acordo com Bicalho, o IPK médio do STPP no Brasil reduziu 40,6 % entre 1993 e 2017, resultado de uma queda na quantidade de usuários, enquanto que a quilometragem total rodada permaneceu praticamente a mesma. A queda de usuários reflete a migração para o transporte motorizado individual, resultado tanto de uma política pública voltada à indústria automobilística e petrolífera, quanto da qualidade do próprio transporte público, pouco competitivo em relação aos demais modos de transporte.

Essa redução pode ser também atribuída ao modelo de crescimento urbano que, em muitas cidades brasileiras, ocorre com um aumento populacional nas periferias, e um esvaziamento do centro das cidades, que tradicionalmente, concentram a maior quantidade de empregos e serviços. Isso gera grandes movimentos pendulares e eleva as distâncias percorridas, o que, como mostra o quadro 4, tende a reduzir o IPK.

O quadro normativo do transporte público no Brasil

O Brasil possui várias legislações que regem o transporte público e os transportes em geral; focou-se aqui nas que fornecem objetivos e diretrizes gerais e ressaltam a sua relação com a estrutura urbana. A Constituição Federal de 1988 define que o transporte é um **direito dos cidadãos** - o que é reforçado pelo Estatuto da Cidade (2001) - e que compete à União instituir diretrizes para o transporte urbano. Essas diretrizes, entre outras providências, foram instituídas em forma de lei federal pela Política Nacional de Mobilidade Urbana - PNMU (2012), criada no intuito de complementar a política urbana brasileira presente na Constituição Federal e no Estatuto da Cidade.

A política insere os transportes dentro de um conceito maior de **mobilidade**. De uma forma genérica, mobilidade é a capacidade de um determinado objeto se mover, deslocar; assim, quanto maior a capacidade de deslocamento, maior a mobilidade, e vice-versa. No caso da mobilidade urbana, a lei define o termo como “a condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano”.

Embora os termos **transporte** e **mobilidade** sejam sinônimos - ambos se referem à circulação de objetos (no caso urbano, de pessoas e cargas) - existem sutis diferenças conceituais entre os termos. O termo **transporte** é polissêmico, de modo que seu significado varia conforme o contexto. Pode designar os meios de transporte, os serviços de transporte, e até mesmo o trânsito e a infraestrutura viária. Todos esses elementos, junto com os padrões de deslocamento dos indivíduos, interferem na qualidade/capacidade de realização dos deslocamentos - que é a mobilidade. Assim, o termo mobilidade agrega uma abordagem mais holística à temática dos transportes, e ainda, evita as ambiguidades de sentido contidas nesse termo.

A PNMU define logo em seu primeiro artigo que o objetivo principal da política é “a integração entre os diferentes modos de transporte e a melhoria da acessibilidade e mobilidade das pessoas e cargas no território do Município”, para “contribuir para o acesso universal à cidade”.

A política estabelece prioridade dos modos de transportes não motorizados sobre os motorizados, e dos serviços de transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado. Essa definição se alinha a princípios da sustentabilidade ambiental, pois estes modos de transporte emitem menos poluentes e permitem transportar mais pessoas em menos espaço (VASCONCELLOS, 1998; FARR, 2007). Ademais, de acordo com dados da ANTP (2012), os modos não motorizados representam 69% de todos os deslocamentos no país; priorizá-los torna-se, portanto, uma questão de equidade e inclusão social, princípios da PNMU.

A lei atribui uma importância estratégica ao transporte público para a mobilidade urbana em geral. Para isso, são estabelecidas várias diretrizes no intuito de melhorar o desempenho dos serviços de transporte público, como regulamentações, atributos e procedimentos referentes aos processos de planejamento, licitação e operação, de modo a conferir mais transparência e democracia a esses processos. A lei também preconiza a implementação de aspectos operacionais e elementos de infraestrutura adotados em sistemas de transporte público mais racionalizados, como o BRT e similares, analisados anteriormente, tais como “dedicação de espaço exclusivo nas vias públicas para os serviços de transporte público coletivo e modos de transporte não motorizados” (inciso IV, art. 23) e “incentivo à utilização de créditos eletrônicos” (inciso X, art. 8º).

A lei estabelece ainda como diretriz a integração com a política desenvolvimento urbano, como planejamento e gestão do solo, além da priorização de projetos de transporte público coletivo estruturadores do território e indutores do desenvolvimento urbano integrado. Na prática, essa integração implica que deve haver uma maior concentração de pessoas onde há uma maior oferta de transporte público, de modo que haja uma disposição de potenciais usuários mais favorável ao uso do sistema.

A PNMU preconiza ainda a integração física, tarifária e operacional entre os modos e serviços de transporte urbano. Isso se mostra coerente na medida em que induz à atuação dos modos de transporte de forma complementar (multimodalidade), o que possibilita mais opções de deslocamento, contribuindo, assim, para aumentar a acessibilidade aos diversos espaços urbanos.

A lei institui o Plano de Mobilidade Urbana como o instrumento de efetivação da PNMU, e estabelece que municípios com população acima de 20 mil habitantes devem elaborar esse documento, em substituição à definição do Estatuto da Cidade, que exigia apenas para municípios com população acima de 500 mil habitantes. Assim, a lei ampliou consideravelmente a quantidade de municípios que devem obrigatoriamente elaborar desse documento, que deve ser compatibilizado com o plano diretor municipal.

1.2. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E ESTRUTURA URBANA

O espaço urbano é objeto de estudo de várias ciências, que possuem abordagens específicas, geralmente complementares entre si. No campo da arquitetura e urbanismo, foca-se em geral no estudo da forma e função dos elementos construídos que compõem o espaço urbano, bem como as regulamentações urbanísticas que regem a configuração desses elementos.

Para Ferrari (1991), Panerai (2006) e Krafta (2014), os elementos que compõem o espaço urbano podem ser classificados em três categorias principais: a rede de vias, os parcelamentos fundiários (lotes) e as edificações. Existem ainda outros elementos não abordados de forma explícita dentro dessa classificação, tais como praças e parques, que, tal qual a rede de vias, são espaços não edificáveis, também chamados de espaços livres.

A forma como os lotes, a rede de vias e os demais espaços de livre circulação, como praças e parques, são configurados decorre do **loteamento** ou **parcelamento do solo**, onde solo é entendido como solo urbano - sinônimo de espaço urbano - enquanto que a função que cada porção desses espaços desempenha é denominada **uso do solo**. No caso dos lotes, que são os espaços edificáveis, a forma com que as

construções ocupam o terreno, isto é, se configuram espacialmente (altura, afastamentos, área total etc.) é denominada **ocupação do solo**.

Idealmente, o modelo de parcelamento, uso e ocupação do solo deve ocorrer por meio de normas urbanísticas, que devem orientar o desenvolvimento urbano de acordo com a disponibilidade da infraestrutura⁵ e as condições do meio físico (NUCCI, 2008), evitando-se tanto a subutilização quanto a saturação dos sistemas de infraestrutura disponíveis (ACIOLY E DAVIDSON, 1998). No entanto, em muitos casos, o desenvolvimento urbano ocorre de forma irregular, sem seguir os padrões das normas urbanísticas, o que dificulta ou mesmo impossibilita a regularização desses assentamentos e a realização de obras de melhoramentos de infraestrutura.

Além do termo **solo urbano**, existem ainda outras denominações para o espaço urbano, tais como **forma urbana**, e estrutura urbana, que podem ser consideradas sinônimos entre si, mas cujo uso varia conforme a abordagem do espaço urbano. Enquanto o termo **solo urbano** ou simplesmente **solo**, é mais utilizado quando se trata do parcelamento, uso e ocupação do espaço urbano, o termo **forma urbana** é mais utilizado quando há uma ênfase no estudo dos aspectos morfológicos do espaço urbano, tais como a geometria do traçado viário, a forma das edificações, a relação entre espaços edificados e espaços livres, entre outros aspectos. Com o tempo, o estudo da forma urbana passou a abordar a relação desses aspectos com aspectos sociais do espaço urbano. Assim, o termo **forma urbana** adquiriu uma abordagem mais abrangente do que o estudo da morfologia em si, de modo que a própria definição do que se constitui como o estudo da forma urbana é diversificado, não havendo, como aponta Gentil (2015), um consenso.

O termo **estrutura urbana** também é utilizado para se referir ao espaço urbano. O termo **estrutura** remete à configuração do conjunto de construções existentes no espaço urbano, o que, em tese, engloba tanto as edificações quanto as obras de infraestrutura. No entanto, esta geralmente é tratada como uma categoria própria, já que, na sua própria designação, o prefixo **infra** significa abaixo, ou seja, refere-se à todas as construções existentes no nível do solo ou subsolo. Ademais, os sistemas de infraestrutura urbana têm o propósito de prestar um serviço público, seja ele provido por entidades públicas ou privadas, e são estabelecidos a partir de um dimensionamento técnico feito com base na demanda existente ou prevista para cada um dos sistemas. Já as edificações são propriedades, sejam elas públicas ou privadas, e podem ser

⁵ A infraestrutura urbana é todo o conjunto de sistemas de instalações e estruturas que servem ao espaço urbano, que são: o sistema viário, sistema de abastecimento de água potável, sistema de coleta e tratamento de esgoto, sistema de drenagem de águas pluviais, sistema de distribuição de energia e rede de iluminação pública, sistema de telecomunicações, e sistema de gás encanado (MASCARÓ, 1987; FERRARI, 1991).

configuradas com base numa regulamentação urbanística de parcelamento, uso e ocupação do solo.

Com base nisso, considera-se **estrutura urbana** o conjunto de lotes, edificações, o sistema viário e demais espaços livres que se configuram no espaço urbano, estabelecidos ou não por normas de parcelamento, uso e ocupação do solo. A partir dessa definição, a pesquisa faz uso do termo **estrutura urbana** para se referir ao espaço urbano, por ser um termo mais sintético e por incluir o sistema viário.

Existem diversos tipos de legislações urbanísticas regulatórias da estrutura urbana, comuns em várias cidades ao redor do mundo, cuja estrutura e conteúdo básico são normalmente definidos a nível nacional, e as especificidades definidas a nível local. A mais comum, e usualmente a principal, em termos hierárquicos, é o Plano Diretor, que estabelece diretrizes, objetivos gerais, e estratégias de desenvolvimento urbano, e para isso, pode definir espacialmente a distribuição de usos, atividades e regular a ocupação do solo. O plano diretor não necessariamente contém todos os dispositivos legais que podem regular a estrutura urbana; no entanto, eles devem estar alinhados aos princípios e estratégias de desenvolvimento urbano estabelecidos nesse documento.

Além do Plano Diretor, a primeira legislação urbanística mais elementar é a de parcelamento do solo, que pode definir em que condições o parcelamento pode ser feito, e os requisitos básicos de um projeto de loteamento, com as dimensões mínimas dos lotes, a largura das vias, os tipos de equipamentos urbanos, os sistemas de infraestrutura que a área deve ter, entre outros requisitos. Assim, essa legislação tem grande peso em definir a configuração de áreas novas, mas pouca influência para alterar a configuração de áreas consolidadas.

A segunda é o zoneamento, que define os tipos de uso e ocupação permitidos para cada porção de solo urbano (lote, bairro ou zona), que podem ser estabelecidos de acordo com a função (habitação, comércio, institucional etc.), e/ou de acordo com as estratégias de desenvolvimento urbano, seja na indução ou restrição do adensamento (FERRARI, 1991). Todo projeto de loteamento pressupõe um zoneamento, pois a definição dos tamanhos dos lotes condiciona em certa medida os tipos de uso que esses terrenos podem assumir. O zoneamento define as normas de ocupação do solo e, por sua vez, é normalmente vinculado a um código de construções ou código de obras, que definem os parâmetros construtivos das edificações.

O quadro normativo do uso e ocupação do solo no Brasil

O Brasil possui várias legislações que regem o uso e ocupação do solo. A atual base de todas elas é a Constituição Federal de 1988 (CF/88)⁶, que atribui ao Poder Público municipal a função de “promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano” (inciso VIII, art. 30, do Capítulo IV - Dos Municípios, do Título III - Da Organização do Estado). Para isso, o plano diretor é estabelecido como o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana, e é obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes.

A Constituição define dois objetivos associados que regem todas as demais políticas e legislações brasileiras relacionadas ao planejamento urbano: “ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes.” (art. 182, do Capítulo II - Da Política Urbana, do Título VII - Da Ordem Econômica e Financeira). Segundo a carta, “a propriedade urbana cumpre sua função social quando atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no plano diretor” (parágrafo 2º, do art. 182, do Capítulo II - Da Política Urbana, do Título VII - Da Ordem Econômica e Financeira).

A Constituição institui três instrumentos passíveis de aplicação pelo plano diretor para induzir o cumprimento da função social da propriedade quando isso não ocorre: parcelamento ou edificação compulsórios; imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana progressivo no tempo; e desapropriação com pagamento mediante títulos da dívida pública. No entanto, não são trazidas regulamentações suficientes para definir a aplicação desses instrumentos, tampouco uma definição mais detalhada do que consiste na função social da propriedade e da cidade.

Nesse sentido, a Lei Federal nº 10.257 de 2001, denominada **Estatuto da Cidade**, foi sancionada de modo a complementar a Constituição, definindo diretrizes gerais e instrumentos da política urbana. O documento possui um enfoque em aspectos relacionados ao uso e ocupação do solo; pouco se trata de transportes. Em relação ao processo de urbanização em geral, o Estatuto destaca a importância do planejamento para o desenvolvimento das cidades. Esse planejamento deve gerenciar a distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, a partir do qual destacam-se quatro pontos principais a partir de um conjunto de diretrizes:

⁶ Segundo Kallas (2015), até então nenhuma outra constituição havia mencionado algo sobre uma política urbana brasileira.

- garantir o direito à cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações;
- promover uma justa distribuição dos benefícios e ônus decorrentes do processo de urbanização.
- evitar e corrigir as distorções e disparidades do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente, que ocorrem com a inadequação do parcelamento, uso, e/ou edificação em relação à infraestrutura urbana, seja pela supersaturação, como a instalação de empreendimentos ou atividades que possam funcionar como polos geradores de tráfego, sem a previsão da infraestrutura correspondente; ou subsaturação, como a retenção especulativa de imóvel urbano, que resulte na sua subutilização ou não utilização.
- adequação dos instrumentos de política econômica, tributária e financeira e dos gastos públicos aos objetivos do desenvolvimento urbano, de modo a privilegiar os investimentos geradores de bem-estar geral e a fruição dos bens pelos diferentes segmentos sociais.

O Estatuto estabelece o plano diretor como instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana, que deve aplicar as diretrizes mencionadas nos contextos municipais. O documento estende a obrigatoriedade da elaboração do plano diretor para além de cidades com mais de 20 mil habitantes, incluindo-se cidades componentes de regiões metropolitanas, entre outros tipos de aglomerações urbanas, e reafirmado o prazo de até 10 anos para sua revisão. Também instituiu a criação de um plano de transporte urbano integrado, compatível com o plano diretor ou nele inserido, para cidades com mais de 500 mil habitantes.

O Estatuto regulamenta os instrumentos presentes na Constituição Federal e estabelece outros; apresentando, no total, 3 instrumentos tributários financeiros, e 18 instrumentos jurídicos e políticos. Esses instrumentos⁷ têm como objetivo geral auxiliar a captação de recursos, a realização de obras, e mudanças relacionadas ao uso e ocupação do solo, de acordo com as necessidades previstas no plano diretor, podendo ser vinculados a ele e/ou regulamentados por legislação própria. O Estatuto regulamenta 10 institutos jurídicos e políticos, atribuindo-lhe as seguintes características, a partir das quais se deduz os seguintes efeitos almejados (Quadro 6):

⁷ Segundo Ferreira (2013), a instituição dos instrumentos do Estatuto das Cidades foi inspirada nos instrumentos urbanísticos criados na Europa do Pós-Guerra, que visavam garantir ao Estado ferramentas jurídico-institucionais que lhe permitissem exercer um controle efetivo sobre as dinâmicas de produção e uso do espaço urbano, buscando promover o interesse público acima do privado, e tentando mediar os conflitos naturalmente decorrentes dessas dinâmicas.

Quadro 6 - Resumo dos instrumentos regulamentados pelo Estatuto da Cidade

Instrumento	Características gerais	Efeito almejado
Parcelamento, edificação ou utilização compulsórios (PEUC)	Cobra do proprietário a realização do parcelamento, edificação ou utilização compulsórios (PEUC) do solo urbano não edificado, subutilizado (quando o aproveitamento é inferior ao mínimo definido no plano diretor) ou não utilizado, devendo fixar as condições e os prazos para que isso ocorra.	Induzir o proprietário que não dá uso adequado à sua propriedade a fazê-lo.
IPTU progressivo no tempo	Consiste na aplicação de uma majoração da alíquota imposto sobre a propriedade urbana (IPTU) em caso de descumprimento do PEUC, nas condições e prazos estabelecidos, pelo prazo de cinco anos consecutivos, mantendo-se o valor máximo em caso de descumprimento do PEUC.	Penalizar financeiramente o proprietário que não dá uso à sua propriedade, e compensar os investimentos em infraestrutura realizados pelo poder público.
Desapropriação com pagamento em títulos	Realiza desapropriação de imóvel, com pagamento em títulos da dívida pública, quando o proprietário não realiza o PEUC decorridos cinco anos de cobrança do IPTU progressivo no tempo.	Efetivar o cumprimento da função social da propriedade urbana quando o proprietário não o faz.
Usucapião especial de imóvel urbano	Garante o direito de posse - ao cidadão que ocupa uma área de até 250 m ² , ou a uma comunidade que ocupa uma área de mais de 250 m ² onde não for possível identificar os terrenos ocupados por cada possuidor - por pelo menos cinco anos consecutivos, utilizando-a para sua moradia ou de sua família, desde que não seja(m) proprietário(s) de outro imóvel urbano ou rural.	Garantir o direito à habitação, estimular o cumprimento da função social da propriedade urbana e penalizar o proprietário que não dá uso adequado à sua propriedade.
Direito de superfície	Permite ao proprietário urbano conceder a terceiros o direito gratuito ou oneroso de superfície do seu terreno, por tempo determinado ou indeterminado, mediante escritura pública registrada no cartório de registro de imóveis, atendida a legislação urbanística.	Realizar uma cobrança proporcional à ocupação solo, e flexibilizar essa ocupação.
Direito de preempção	Confere ao poder público municipal preferência para compra de terrenos particulares para implementar: regularização fundiária; habitação popular; reserva fundiária; ordenamento da expansão urbana; equipamentos urbanos; espaços públicos de lazer; criação de áreas de interesse ambiental; e proteção de áreas de interesse histórico, cultural ou paisagístico.	Facilita desapropriações para implantação de equipamentos e usos urbanos de interesse comum, conferindo ao poder público um maior controle sobre o ordenamento do espaço urbano.
Outorga onerosa do direito de construir	Permite ao proprietário construir acima do coeficiente de aproveitamento básico adotado, ou alterar o uso destinado ao lote, a partir do pagamento de um valor definido pelo poder público.	Flexibilizar o uso e ocupação do solo urbano, capturar mais valia, permitir o adensamento.
Transferência do direito de construir (TDC)	Permite ao proprietário de imóvel urbano vender ou transferir para outro imóvel o direito de construir previsto em lei, quando o poder público requisita o lote para implantação de equipamentos, realização de tombamento, ou regularização fundiária.	Viabilizar a aquisição de terrenos, criar agilidade na desapropriação, criar alternativas à desapropriação;
Operações urbanas consorciadas (OUC)	Permite a realização de transformações urbanísticas estruturais em uma área específica, onde podem vigorar regras diferenciadas, a partir da coordenação do poder público em parceria com proprietários, moradores, e investidores privados.	Permite realizar melhorias urbanas de forma mais coordenada, ágil e econômica.
Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV)	Realiza uma análise do impacto da implantação de empreendimentos em área urbana sobre o seu entorno, condicionando a sua autorização de construção, ampliação ou funcionamento.	Evitar a implantação de edificações incompatíveis com a capacidade da infraestrutura.

Fonte: autor, com base no Estatuto da Cidade (2001) e Ministério das Cidades (2016).

Diversos autores, como Villaça (2005), Santos e Montandom (2011) e Kallas (2015), atestam a importância da criação do Estatuto da Cidade como um marco no planejamento urbano no Brasil para a implantação de uma gestão urbana mais democrática e promotora da equidade social. No entanto, uma avaliação de planos diretores de cidades brasileiras elaborados pós-Estatuto das Cidades, realizada em 2011, mostra que, na maioria dos planos, pouco se avançou na incorporação dos instrumentos de planejamento urbano.

Neste estudo, Santos e Montandom (2011) destacam que muitos instrumentos foram incorporados de forma genérica, sem avaliar sua pertinência em relação ao território e à capacidade de gestão do município, outros, ainda, incorporam alguns fragmentos de conceitos e ideias do Estatuto de modo desarticulado com o próprio plano urbanístico. Os autores destacam que nem todos os instrumentos são adequados à realidade de alguns municípios, de modo que a sua incorporação no plano diretor deve ser coerente com a realidade local e as estratégias de desenvolvimento urbano.

Ainda segundo os autores, a maioria dos instrumentos, principalmente os relacionados à indução do desenvolvimento urbano, possuem uma insuficiência na definição de conceitos e parâmetros urbanísticos, na demarcação no território, e na definição de prazos para implementação e operacionalização de procedimentos administrativos. Segundo Kallas (2015), essas deficiências tornam os instrumentos inúteis, e sem eficácia.

Carvalho e Rossbach (2010) *apud* Kallas (2015) relatam que

longe de cumprir com a meta de que o plano diretor seja um orientador do crescimento e dos investimentos na cidade, muitos deles foram abandonados logo após sua implementação. Em muitos casos, o plano exige a regulamentação, por meio de lei específica, dos instrumentos aprovados, o que demanda nova batalha no legislativo. Em outros casos, mesmo com os instrumentos aprovados e prontos para serem implementados, o Executivo municipal simplesmente não os utiliza. Mudanças de gestão também têm interferido na sua aplicação, devido aos diferentes interesses que se alternam, assim como as pressões por mudanças pontuais, como ampliação da zona urbana, que muitas vezes desvirtuam os objetivos aprovados. (CARVALHO e ROSSBACH, 2010, p.28).

Essas deficiências nos planos diretores de cidades brasileiras reforçam a importância desta pesquisa de analisar como o plano diretor, por meio da espacialização das suas diretrizes, instrumentos e estratégias de desenvolvimento, consegue promover, facilitar a mobilidade por transporte público.

CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA URBANA QUE FACILITAM A MOBILIDADE POR TRANSPORTE PÚBLICO

Este capítulo traça um panorama histórico, que analisa a relação entre a estrutura urbana e transportes em meio à evolução dos paradigmas de planejamento urbano, que culmina no atual paradigma da cidade compacta e mobilidade sustentável, de onde partem as características da estrutura urbana que facilitam a mobilidade por transporte público, a partir das quais foi selecionada a densidade, posteriormente explorada.

2.1. A RELAÇÃO ENTRE ESTRUTURA URBANA E TRANSPORTES EM MEIO À EVOLUÇÃO⁸ DOS PARADIGMAS DE PLANEJAMENTO URBANO

O entendimento das características da estrutura urbana que facilitam a mobilidade por transporte público se insere em um contexto maior de relação entre estrutura urbana e transportes. Essa relação vem sendo construída ao longo do tempo, resultado de um processo histórico permeado pelo surgimento de diversos paradigmas (modelos, ideologias) de planejamento urbano, relacionados a diversas mudanças socioeconômicas e tecnológicas, desde o surgimento da ‘ciência urbanizadora’ na segunda metade do século XIX até o momento atual.

2.1.1. Os primeiros paradigmas do planejamento urbano no século XIX: ordenamento da estrutura urbana para salubridade e circulação

Nas primeiras aglomerações urbanas da humanidade, as edificações eram construídas sem uma visão sistêmica sobre o desempenho da estrutura urbana sobre a qualidade da circulação. A necessidade de um ordenamento da forma urbana se mostrou mais urgente com o crescimento populacional urbano a partir da revolução

⁸ Assim como aborda Gondim (2014), “o uso da expressão “evolução” não incorpora o juízo de valor de uma transformação benéfica, paulatina e progressiva, mas sim, às mudanças no decorrer do tempo”. Ademais, é importante frisar que as transformações urbanas aqui analisadas não ocorreram ao mesmo tempo e com a mesma intensidade nas cidades ao redor do planeta. O caráter inédito e a intensidade desses fenômenos são atribuídos às grandes cidades do ocidente, em especial da Europa e América do Norte, de onde partem as análises aqui trazidas.

industrial, que, segundo Mumford (1961), gerou uma intensificação do processo de urbanização a níveis inéditos e de consequências duradouras. Além de gerar problemas relacionados à falta de salubridade, demandava espaços de circulação mais estruturados para atender ao aumento da demanda por deslocamentos a partir do aumento populacional e do incremento das atividades urbanas.

Em meados do século XIX, as mortes por doenças decorrentes da insalubridade no espaço urbano, potencializadas com as altas concentrações de pessoas em edificações geminadas, foram o estopim para repensar como reestruturar os espaços urbanos, e também como planejar novos (INSTITUT ILDEFONS CERDÀ, 1994). Nesse contexto, as intervenções urbanas de Hausmann, em Paris, e de Ildefons Cerdà, em Barcelona, aproximadamente contemporâneas entre si, estabeleceram novos paradigmas.

Em Paris, a base da reestruturação urbana promovida por Hausmann partiu da abertura de vias mais largas a partir da remoção de edificações. Isso permitiu a construção de um sistema de tubulações e canais mais eficiente para escoar esgoto e águas pluviais, com vistas a eliminar ou ao menos minimizar doenças e inundações. O alargamento também gerou um maior afastamento entre edificações, melhorando iluminação, ventilação, e permitindo a arborização; e ainda, o aumento da capacidade de circulação, que apresentava uma demanda cada vez maior, decorrente da maior população, maior densidade urbana e maior diversidade de atividades (HAROUEL, 1990).

Em Barcelona, o projeto do 'Eixample' de Cerdà, de 1859, tal qual Paris, partiu também da abertura de vias mais largas a partir da remoção de edificações, para tratar das mesmas questões, salubridade e circulação, e ainda, estruturar uma nova área de expansão urbana. De acordo com o Instituto Cerdà (1994), essa nova área estabeleceu um traçado ortogonal, completamente diferente da malha orgânica da cidade original, de modo a padronizar alguns modelos de desenho urbano e criar mais orientabilidade. Todas as novas vias eram mais amplas para os padrões da época (de 20 a 50 metros de caixa viária), com uma hierarquia bem definida, na qual as vias mais largas faziam as conexões mais estratégicas em termos de transporte de pessoas e de cargas, além de servir como eixos de expansão da cidade (Figura 3).

Figura 3 - Planta do Ensanche de Cerdà para Barcelona, 1859



Fonte: Institut Ildelfons Cerdà (1994).

O projeto foi concebido em uma época em que os deslocamentos eram feitos a pé, a cavalo ou em veículos movidos à tração animal, já que não haviam veículos motorizados, bicicletas, e o transporte coletivo ainda não existia de forma estruturada⁹. No entanto, prevendo o aumento na circulação de veículos, em especial com o desenvolvimento das máquinas a vapor, Cerdà já abordava questões relacionadas à fluidez de veículos, como os cruzamentos, nos quais as conversões são facilitadas por esquinas com maiores raios, o que era possível em função dos chanfros nas edificações, que conferem identidade à cidade até os dias de hoje. A preocupação com a circulação dos veículos também foi levada aos espaços de circulação dos pedestres, que correspondia a cerca de metade do espaço da caixa viária.

Nesse âmbito de transformações urbanas visando a melhoria da salubridade e da circulação, surgiu a **ciência urbanizadora**, termo cunhado por Cerdà em sua obra 'Teoria Geral da Urbanização' (1867). O autor parte da premissa de que é necessário prover melhores condições de habitação, circulação e salubridade em geral. Para isso, o paradigma inicial consistia na necessidade de criar vias mais largas e arborizadas,

⁹ De acordo com o London Transport Museum, existem relatos de carruagens utilizadas como transporte coletivo de passageiros na França do século XVII e de bondes puxados a cavalo no início do século XIX; no entanto, a tecnologia veicular rudimentar, e a frequência instável de passageiros dificultavam a manutenção e expansão do serviço. Fonte: <<www.ltmuseum.co.uk>. Acesso em 15 mar. 2019.

para permitir uma circulação mais eficiente e diminuir a densidade construtiva e habitacional, para melhoria da salubridade.

Ainda nesse período, foram desenvolvidas novas tecnologias de força motriz a vapor e eletricidade, que apenas passaram a ser utilizadas nos veículos em uma maior escala no final do século XIX. Assim, foi possível atender à crescente demanda por transporte de pessoas e cargas, e permitir percorrer maiores distâncias em relação aos veículos movidos a tração animal e ao deslocamento a pé. Essa tecnologia também permitiu que o transporte coletivo de passageiros pudesse ser desenvolvido em maior escala, em especial, nos bondes e trens. Tão fundamental quanto a tecnologia, foi o crescimento populacional e o aumento da densidade urbana que viabilizou, em certa medida, o transporte coletivo que, segundo Gondim (2014), encontrava dificuldade de se estabelecer em função da baixa demanda.

O desenvolvimento do transporte de massas sobre trilhos teve uma forte influência sobre o desenvolvimento das cidades no fim do século XIX e início do século XX, na medida em que passou a viabilizar uma ocupação mais intensa do solo, ligada à maior oferta de transporte (ACIOLY & DAVIDSON, 1998). Nesse sentido, as linhas de bonde e de trens serviram como eixos de expansão urbana, pois havia uma demanda por moradias mais próximas às linhas de bonde e estações de trens e metrô, a partir das quais era possível ter um maior acesso às partes da cidade com maior oferta de comércio, serviços, e postos de trabalho (HAROUEL, 1990).

2.1.2. Os paradigmas do planejamento urbano orientado ao tráfego automobilístico e o processo de dispersão urbana ao longo do século XX

O ritmo de implantação das novas tecnologias na construção e nos transportes no início do século XX não conseguiu acompanhar o crescimento da população nas cidades, resultando em diversos problemas urbanos. Nesse contexto, surgiram discussões sobre a forma de produção das cidades, como os Congressos Internacionais de Arquitetura Moderna (CIAM),¹⁰ que em sua quarta edição, ocorrida em 1933, produziu a Carta de Atenas, que traz uma síntese dos problemas urbanísticos causados pelo rápido crescimento das cidades, relacionando-os ao que seriam quatro funções urbanas básicas (habitar, trabalhar, recrear e circular).

¹⁰ Os Congressos Internacionais de Arquitetura Moderna foram realizados a partir de 1928, e tratavam de novos paradigmas da arquitetura e do urbanismo no âmbito da industrialização, enfatizando a necessidade da economia e planejamento na construção. O CIAM IV, ocorrido na Grécia, em 1933, foi um dos congressos mais abrangentes do ponto de vista urbanístico na época, abordando o tema: cidade funcional.

O documento critica a legislação permissiva à produção de habitações de “péssima qualidade”, em especial para as classes mais baixas, que não possuíam condições de salubridade adequadas ou usos complementares à habitação, como comércio, serviços e outras atividades a distâncias razoáveis. O paradigma proposto é a construção de edificações mais afastadas em relação às vias e entre si, de modo a ampliar os níveis de iluminação e ventilação e a quantidade de áreas verdes, e minimizar o impacto do ruído e da poluição da indústria e dos automóveis. Ao mesmo tempo, defende que “a densidade de sua população deve ser elevada o bastante para validar a organização das instalações coletivas” (segunda parte, ítem p). No entanto, não são estabelecidos valores ou intervalos de valores de densidade desejáveis.

A carta cria uma quebra de paradigma em relação à circulação, pois defende uma maior separação de modos de transporte no sistema viário, de modo a evitar acidentes e mortes relacionados ao trânsito. No entanto, ao invés de apontar para um cenário multimodal, detém-se na importância da circulação de veículos individuais, pontuando-se a necessidade de maior fluidez por meio de vias mais largas, quadras maiores para gerar menos cruzamentos, que deveriam ocorrer em diferentes níveis. Não se pontua sobre as limitações que esse modelo gera para o deslocamento dos pedestres; apenas se pontua que ele deveria ocorrer em espaços verdes, que deveriam atuar como espaços de lazer. Já o transporte coletivo existente é apenas criticado em função da lotação e do tempo de viagem; não se relaciona a adaptação do sistema viário especificamente para esse tipo de transporte, e não se destaca a importância dos transportes sobre trilhos para os deslocamentos em massa.

Por fim, o documento defende que é fundamental o papel de uma legislação urbanística capaz de definir previamente a estrutura das cidades, por meio de um zoneamento e sistema viário de acordo com os paradigmas propostos, de modo a permitir uma perfeita harmonia entre as quatro funções identificadas, evitando-se a consolidação de estruturas desordenadas e insalubres.

O modelo de pensamento urbanístico da Carta de Atenas teve profunda influência sobre a produção das cidades no século XX, em especial, devido ao destaque dado ao carro como meio de transporte urbano. Foi no início do século XX que os carros passaram a ser fabricados em série e a se popularizar nas grandes cidades. Inicialmente, eram apenas mais um modo de transporte; mas à medida em que sua a tecnologia foi sendo aperfeiçoada - garantindo mais velocidade e autonomia - e barateada, é que esse modo de deslocamento passou a representar uma parcela significativa dos deslocamentos urbanos.

A popularização em massa do carro permitiu deslocamentos de larga distância, com mais conforto e flexibilidade. Isso ampliou significativamente a quantidade de terras

disponíveis para expansão das cidades, levando a um processo de dispersão urbana, que ocorreu inicialmente com mais intensidade nas cidades norte-americanas, que se encontravam em pleno processo de expansão. Essa dispersão pode ser atribuída a quatro principais fatores:

- preço mais acessível das terras nos subúrbios;
- facilidade de acesso às regiões mais centrais, que concentravam grande parte dos postos de trabalho e atividades, por meio de autoestradas, que permitiam um maior fluxo de veículos e maiores velocidades;
- preço competitivo dos veículos e combustíveis, cuja produção foi em grande parte incentivada e subsidiada pelos governos;
- amenidades dos subúrbios, como segurança, privacidade, e qualidade ambiental, que contrastavam com a degradação dos grandes centros urbanos, com o aumento da poluição, congestionamentos e da violência.

No entanto, as grandes distâncias e a monofuncionalidade dos espaços suburbanos, predominantemente residenciais, reduziam a viabilidade de grande parte dos deslocamentos a pé e por bicicleta. As baixas densidades também não viabilizaram o transporte público, cujo desenvolvimento ficou praticamente restrito às grandes cidades que já possuíam núcleos mais densos, nos quais era mais difícil adaptar o sistema viário para a circulação de um número muito grande de carros, e a crescente demanda por transportes pressionava a criação de uma maior oferta de transporte de massas. Dessa forma, a massificação do transporte individual tanto contribuiu para o processo de dispersão urbana, quanto essa estrutura dispersa contribuiu para que os deslocamentos se tornassem cada vez mais dependentes do transporte individual (ACIOLY, 1998; FARR, 2007).

O crescimento populacional e do número de veículos fez com que se agravassem os problemas com congestionamentos, que eram tratados a partir da lógica de criar e/ou adaptar a infraestrutura para permitir um maior fluxo, por meio do alargamento de vias, construção de passagens em níveis distintos, entre outras técnicas. Esse dimensionamento inicialmente analisava exclusivamente os fluxos de veículos motorizados, sem considerar a influência das características socioeconômicas e da localização das atividades, traduzida no modelo de uso e ocupação do solo, sobre os padrões de fluxos a partir dos quais se dimensionava as estruturas viárias (BEZERRA, 1988). Por volta da década de 1950, os estudiosos dos transportes começaram a perceber a importância desses padrões no fenômeno de geração de viagens, dando origem aos primeiros modelos de uso do solo-transportes.

Um dos trabalhos pioneiros na análise da relação entre uso do solo e transporte foi o de Robert Mitchell e Chester Rapkin, intitulado “Tráfego urbano: uma função do uso do solo” (1954). Na obra, os autores fazem uma análise de movimentos e uso do solo para a cidade de Filadélfia, Estados Unidos, de onde constataram que diferentes tipos de uso do solo geram fluxos de tráfego diferentes, e variáveis. A partir dessa óptica, Wingo e Perloff (1961) observaram que essa variação dos fluxos de tráfego decorre de mudanças nos padrões de uso do solo e vice-versa. Além disso, verificaram que essas mudanças afetavam o sistema de transportes a longo prazo.

Essa percepção modifica, portanto, a ênfase do estudo de fluxos de tráfego rodoviário, de forma isolada, para o estudo de usos do solo e suas características socioeconômicas associadas que fazem surgir os fluxos. O processo do planejamento evoluiu, nesse momento, para a determinação do volume de viagens futuras e, conseqüentemente, para as necessidades de transporte de toda uma área urbana, condicionado pelo controle dos usos do solo (BEZERRA, 1988).

Para prever demandas futuras por viagens, o planejamento de transportes utiliza-se de modelagens que englobam recursos matemáticos, computacionais e comportamentais, e métodos de levantamento de dados. Existem diversas composições de modelos, mas a grande maioria segue uma estrutura composta por quatro etapas sequenciais, ou submodelos¹¹ - denominado ‘modelo de quatro etapas’, sintetizadas no quadro 7:

¹¹ Paiva (2008) ressalta que cada uma dessas etapas ou submodelos podem utilizar diferentes tipos de dados, e modelos matemáticos e estatísticos para estimar a quantidade de viagens. Segundo o autor, a escolha depende essencialmente da quantidade e da qualidade dos dados e da forma estrutural dos modelos. A realidade local e os tipos de transporte analisados também são aspectos a serem considerados.

Quadro 7 - Síntese do modelo de quatro etapas para análise e previsão de demanda por transporte

ETAPA	OBJETIVO	PROCEDIMENTOS
delimitação do estudo	definir a área de análise e suas subdivisões (zonas), o ano base do estudo e o(s) cenário(s) de previsão das viagens.	i) delimitação da área de estudo; ii) divisão da área em zonas, para a referenciação da origem e destino das viagens entre as zonas; iii) definição do ano base do estudo; iv) delimitação do(s) cenário(s) futuro(s), como 5, 10, 20 anos ou mais.
1) geração de viagens	estimar a quantidade de viagens que se origina em cada zona (produzidas) e o número de viagens destinadas a cada zona (atraídas), no ano base do estudo , em função de padrões do uso do solo e dados socioeconômicos.	i) classificação das viagens (propósito, período do dia, tipo de indivíduo, tipo de carga, etc); ii) definição dos fatores que influenciam na produção e atração de viagens numa dada zona; iii) escolha do submodelo a ser utilizado e calibração (inserção dos dados e cálculo).
2) distribuição de viagens	estimar a distribuição de viagens produzidas e atraídas entre as zonas, em um determinado cenário futuro , em função de padrões do uso do solo e dados socioeconômicos.	i) criação de uma matriz de origem e destino (O/D) das viagens no ano base; ii) escolha de um fator de crescimento para estimar os novos valores para o(s) cenário(s) futuros definido(s); iii) aplicação do fator na matriz O/D do ano base, para gerar a(s) matriz(es) correspondentes ao(s) cenário(s) futuros definido(s).
3) divisão modal	estimar a divisão das viagens produzidas e atraídas entre as zonas, por modo de transporte , sem se preocupar com as rotas existentes.	i) definição das variáveis que o usuário utiliza para fazer a sua escolha. Os fatores que influenciam a escolha modal incluem usualmente características socioeconômicas (como propriedade de veículos, renda e estrutura familiar etc.), e características dos serviços dos modos de transporte (como custo e tempo de viagem, tempo de espera etc.); ii) escolha do modelo de divisão modal para “dividir” a matriz de O/D de viagens em matrizes de O/D por modo de transporte.
4) alocação das viagens	estimar a distribuição dos fluxos de viagens de cada sistema de transporte existente e/ou em novas alternativas de transporte, ao longo do sistema viário , para o(s) cenário(s) futuro(s) analisado(s), para avaliar a capacidade do sistema viário de absorver o fluxo de viagens gerado pelos modos de transporte analisados.	i) representação das rotas possíveis das viagens O/D por zonas ao longo da rede viária; ii) definição de critérios que expliquem a escolha de uma rota entre as disponíveis. O tempo e o custo são os critérios mais recorrentes. A análise pode ser feita para avaliar o movimento diário ou para a hora (ou período) de pico que concentra de 10 a 20% das viagens diárias; iii) simulação dos fluxos de acordo com a matriz O/D e os critérios adotados.

Fonte: autor, a partir de dados de Bezerra (1988), Paiva (2011) e Campos (2016).

A partir do quadro, observa-se que, embora os modelos sejam definidos como uso do solo-transportes, não são apenas elementos do uso do solo analisados para a previsão de viagens. Também são incluídas características socioeconômicas da população, de produção da região, do sistema viário, entre outros aspectos.

Essa abordagem voltada para o atendimento de uma demanda gerou diversas críticas. Atkins (1977) pontua que a visão mecânica desses modelos, focada na entrada

de dados e nos modelos matemáticos, não contribuiu para a compreensão do significado da estrutura global do modelo, ou as implicações das várias premissas e hipóteses propostas. Bezerra (1988), por exemplo, aponta que o dimensionamento dos fluxos não leva em consideração que eles se alteram em resposta às mudanças nos padrões de uso do solo e vice-versa. Um outro problema, de acordo com Santos (2015), é que os primeiros modelos de uso do solo e transportes não apontam para a necessidade de redução dos deslocamentos, muitos deles oriundos do desequilíbrio na distribuição de atividades e moradias, especialmente em cidades grandes.

Do contrário, o planejamento guiado pelos modelos de uso do solo-transportes acabou por ampliar a quantidade de deslocamentos. Isso, porque o enfoque se deu sobre o transporte rodoviário, em especial, dos veículos de transporte individual (CAMPOS, 2016). Com isso, os diagnósticos gerados a partir desses modelos contribuíram para a construção de mais infraestruturas viárias voltadas ao transporte individual. A massificação desse tipo de transporte viabilizou o processo de expansão urbana por meio de subúrbios monofuncionais e de baixa densidade, que demandam viagens mais longas, em maior quantidade, e dependentes do veículo motorizado individual, em um ciclo retroalimentador.

Dessa forma, os modelos de uso do solo-transportes na segunda metade do século XX em pouco contribuíram para um desenvolvimento urbano vinculado ao transporte público. Assim, apesar do termo **modelo uso do solo-transportes** sugerir uma integração entre planejamento urbano e planejamento de transportes, na prática, os primeiros modelos não contribuíram para essa integração. O planejamento de transportes seguiu um caminho voltado para o atendimento de uma demanda específica - a do transporte individual - sem questionar em que medida esse tipo de transporte influencia a produção de um espaço urbano desfavorável aos demais tipos de transporte, como o transporte público.

As deficiências persistentes nesse modelo de planejamento, que continuou a produzir congestionamentos, além de poluição, acidentes e mortes, levou a um contínuo processo de revisão. A abordagem dos modelos de uso do solo-transportes, com o tempo, foi-se tornando mais sistêmica, englobando o maior número possível de aspectos para a construção de modelos que se aproximem ao máximo da realidade (ARRUDA, 2005). No entanto, de acordo com Campos (2016), o objetivo da modelagem continuou em grande parte sendo a previsão dos fluxos de tráfego para o dimensionamento da infraestrutura viária.

2.1.3. A sustentabilidade e a nova abordagem no transporte público vinculado ao paradigma da cidade compacta e mobilidade sustentável

No período pós-segunda guerra mundial, a humanidade passou a sofrer grandes mudanças socioeconômicas que trazem ao cenário atual. O crescimento populacional a níveis inéditos¹², assim como o crescimento da produção industrial, do consumo, e o desenvolvimento de novas tecnologias, passaram a gerar pressões sobre o meio ambiente também em escalas inéditas. Essas transformações e impactos em escala global chamaram a atenção de estudiosos das mais diversas áreas, que apontavam para um colapso do modelo de desenvolvimento vigente face à limitação dos recursos naturais frente ao constante crescimento populacional.

Essas questões são apresentadas de forma mais sistêmica e interdisciplinar no Relatório Brundtland¹³ (1987). A partir da percepção de que, assim como o desenvolvimento traz impactos sociais e ambientais, esses impactos também podem afetar o desenvolvimento e a qualidade de vida no presente e no futuro, o relatório aponta a necessidade de se produzir um modelo de desenvolvimento mais sustentável, que concilie as necessidades da sociedade como um todo, garantindo o uso dos recursos naturais sem comprometer as necessidades das gerações futuras. O relatório destaca que:

o desenvolvimento sustentável não é um estado permanente de harmonia, mas um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, a orientação dos investimentos, os rumos do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão de acordo com as necessidades atuais e futuras (CMMAD, 1988, pg. 47).

Ideais relacionados à sustentabilidade podem ser encontrados desde civilizações antigas até a literatura produzida ao longo do século XX. Nesse sentido, o relatório Brundtland não criou a sustentabilidade, mas a incorporou às questões sociais, ambientais e econômicas a nível global, com uma abordagem mais holística e responsiva em relação aos problemas apontados. Essa abordagem foi endossada por especialistas de diversas áreas e diversos países, o que confere ao conteúdo do

¹² A contagem da população mundial, anual e em números mais precisos, passou a ser feita a partir de 1951, que, era, na época, cerca de 2,5 bilhão de pessoas. O acompanhamento anual de 1951 até 1987 revelou um acelerado crescimento - 1 bilhão a mais de pessoas em menos de 20 anos - e previsões de chegar à cifra de 7 bilhões de pessoas em 2000. Devido à redução das taxas de natalidade, esse número que só foi atingido em 2011. Fonte: <<http://countrymeters.info/pt/World>> acesso em 15 mar. 2019.

¹³ Relatório Brundtland, também chamado Nosso Futuro Comum (*Our Common Future*) é o documento final da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, promovida pela ONU, nos anos 80, e chefiada pela então primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland. O relatório foi apresentado à Assembleia Geral das Nações Unidas em 1987.

relatório um forte rigor científico e uma grande representatividade simbólica, que foram fundamentais para a difusão do termo sustentabilidade e da sua lógica.

O relatório trata de diversas temáticas, com um enfoque em questões econômicas, relações internacionais, questões sociais e ambientais. Já as questões urbanas, em específico, foram tratadas de forma superficial. O transporte, por exemplo, é pouco mencionado: é tratado apenas como um tipo de serviço que deve ser melhorado, sem distinção entre as especificidades para cada modo de transporte. No entanto, o documento já apontava conceitos e diretrizes a partir dos quais se infere a importância do transporte público, como a necessidade de reduzir os congestionamentos e a poluição; reduzir o preço e elevar a qualidade dos serviços públicos, e a preocupação com em produzir habitação com uma oferta de serviços públicos, como o transporte público.

A difusão do conceito de sustentabilidade, trazendo princípios como a preservação ambiental, inclusão social e otimização dos investimentos e da infraestrutura, levou a uma reflexão crítica do *modus operandi* em diversas áreas do conhecimento e campos de atuação. No campo do planejamento urbano, surgiram novos paradigmas, em parte refutando alguns existentes, e em parte embasando-se em outros existentes, aprimorando-os.

Nesse sentido, a resolução final da Habitat II¹⁴ (1996), incorpora princípios de sustentabilidade e aborda várias mudanças de paradigma relacionadas à política urbana. O documento ressalta que as cidades não poderão crescer linearmente e indefinidamente sobre o seu entorno natural, sem colocar em risco os recursos naturais essenciais à sua própria existência e sustentabilidade. Por outro lado, mudanças no processo de planejamento e desenho urbanos podem levar a um desenvolvimento mais sustentável. Prega-se que as políticas de assentamentos humanos devem buscar a integração e coordenação entre crescimento e distribuição populacional, emprego, moradia, uso da terra, infraestrutura e serviços, além de uma distribuição mais equitativa dos investimentos e da infraestrutura urbana, de modo a atender à parte mais vulnerável da população.

Douglas Farr, em seu livro 'Urbanismo Sustentável' (2007), traz um compêndio de vários estudos, questionando os modelos de sustentabilidade difundidos e estabelecendo novos parâmetros. O autor relaciona consumo, impacto ambiental e

¹⁴ A Habitat é a Conferência das Nações Unidas sobre Assentamentos Humanos. A primeira Conferência, a Habitat I, realizou-se em 1976 em Vancouver, e deu origem ao Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (ONU-Habitat). A agência é ponto focal para a urbanização sustentável e os assentamentos humanos. A Habitat II ocorreu em 1996, em Istambul e, a Habitat III, em 2016, em Quito. Fonte: <<https://nacoesunidas.org/agencia/onuhabitat/>> acesso em 15 ago. 2018.

configuração urbana, destacando a importância da ocupação do solo e infraestrutura como condicionante da saúde humana e das mudanças climáticas.

Farr parte de uma crítica ao estilo de vida norte-americano disseminado pelo planeta. O autor destaca que durante a última geração, os estadunidenses urbanizaram uma área 10 vezes maior que o crescimento populacional demandaria, se fossem utilizados padrões urbanos consagrados no século anterior. Segundo ele, essa urbanização dispersa condiciona o deslocamento em função da posse do automóvel, que demanda mais estacionamentos e rede viária, que representam enormes custos da infraestrutura urbana, além do aumento das emissões de gases efeito estufa, já que quase 2/3 do petróleo consumido nos EUA se destina ao transporte de pessoas, bens, serviços. Assim, Farr conclui que esse modelo de urbanização resulta em altas demandas *per capita* sobre os ecossistemas naturais, representando graves impactos sobre o meio ambiente.

Em oposição a esse paradigma, a urbanização compacta é apontada pelo autor como uma alternativa a esse modelo. Os gráficos comparativos apresentados na obra mostram como a densidade pode proporcionar mais espaços abertos, proximidade entre emprego e habitação, podendo-se reduzir em até 50% o número de deslocamentos, o que gera menos consumo do solo, uso de água, energia e emissões de gases efeito estufa. Como já referido anteriormente, a densidade também é necessária para dar impulso ao transporte público, pois, segundo o autor, baixos coeficientes de ocupação não suportam transportes de massa de modo eficiente.

Para estabelecer esse padrão de ocupação mais compacto, Farr defende uma regulação mais precisa do uso do solo, por meio da criação de anéis de urbanização, em que se tenha controle sobre sua densidade e qualidade, que deve conciliar o uso do solo e transportes. Isso porque, segundo Farr, está nos corredores de transporte, e não nos bairros ou municípios, a escala urbana na qual se conciliam trabalhos e habitações.

Muitas dessas questões são reforçadas na Habitat III (2016), que enfatiza a necessidade de reduzir os ônus ambientais, sociais e econômicos dos transportes para melhorar a produtividade urbana e promover uma maior inclusão social. A resolução final da conferência estabelece o direito à mobilidade sustentável, relacionando-a com uma integração entre planejamento de transporte e uso e ocupação do solo. Essa integração deveria produzir cidades mais compactas, conexas, e com densidades adequadas, com policentralidades integradas, e usos mistos, servidas por infraestruturas mais acessíveis, seguras, eficientes, viáveis e sustentáveis para o

transporte público e transporte ativo¹⁵, possibilitando assim a redução do total de viagens. O documento traz ainda novas questões, como a eficiência energética nos transportes, para reduzir o custo do serviço e emissões de gases efeito estufa, e o uso de uso de tecnologia para tornar os sistemas mais eficientes.

A Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro (FETRANSPOR), em um relatório publicado em 2016, traz um quadro comparativo que sintetiza as principais mudanças no planejamento de transportes a partir da óptica da sustentabilidade na mobilidade (quadro 8):

Quadro 8 - Características da mobilidade urbana sustentável perante a abordagem tradicional de gestão de transportes urbanos

Planejamento de Transportes		
Aspectos	Visão Tradicional	Visão Atual (Mobilidade Sustentável)
Atribuições de um sistema de transporte	Viabilizar o fluxo de veículos motorizados	Deve assegurar, junto com o planejamento do uso do solo, o acesso a bens e serviços eficientemente a todos, com diversidade modal
Modos priorizados	Principalmente os modos motorizados, vistos como melhores porque são mais rápidos	Todos os modos, com atenção especial aos não motorizados. Cada modo cumpre uma função na cidade
Indicadores comuns	Volume/Capacidade	Também: consumo de espaço viário e emissão de poluentes
Benefícios ao consumidor	Maximizar viagens (modos motorizados)	Maximizar possibilidade de escolha modal, busca pela eficiência energética
Uso do solo	Indutor de uma ocupação dispersa do solo. Geralmente dissociado do planejamento de uso do solo	Pensamento integrado. Indutor de adensamento populacional, compacidade, usos mistos
Estratégias de melhorias favorecidas	Melhoria de vias e aumento da oferta de estacionamentos	Diversificação da oferta modal e ampliação de modos mais eficientes no uso do espaço urbano

Fonte: Teixeira et al. (2016) adaptado de Litman (2014)

A partir de uma análise de estudos empíricos, Campos et al. (2005) propõem um conjunto de indicadores de mobilidade sustentável com base na conjugação das características do uso e ocupação do solo e do sistema de transportes. Os indicadores (quadro 9) são divididos em duas categorias: uso e ocupação do solo, e transportes, subdivididos nas três dimensões da sustentabilidade:

¹⁵ Transporte ativo é todo modo de transporte que usa a propulsão humana para locomoção, sem o uso de veículos e/ou dispositivos motorizados. É o caso do transporte a pé, ou por bicicletas e demais veículos não-motorizados. Fonte: <http://transporteativo.org.br/ta/?page_id=43> acesso em 15 mar. 2019.

Quadro 9 - Proposta de indicadores de mobilidade sustentável

Dimensões da Sustentabilidade	Indicadores de mobilidade sustentável	
	Ocupação Urbana/ Uso do solo	Transporte
Meio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> - Extensão de vias com <i>traffic calming</i> - Parcela de interseções com faixas para pedestres - Parcela de vias com calçada - População residente com acesso a áreas verdes ou de lazer, dentro de um raio de 500 m 	<ul style="list-style-type: none"> - Parcela de veículos (oferta de lugares) do transporte público Urbano (TPU) utilizando energia limpa - Horas de congestionamento nos corredores de transportes, próximos ou de passagem na região - Acidentes com pedestres e ciclistas por 1000 hab
Sociedade	<ul style="list-style-type: none"> - Média de caminhada inferior a 500 m das estações/paradas de TPU - Parcela de área de comércio (uso misto) - Diversidade de uso comercial e serviços dentro de um bloco ou quadra de 500m X 500m - Extensão de ciclovias - Distância média de caminhada até as escolas - Número de lojas de varejo por área desenvolvida líquida - População dentro de uma distância de 500 m de vias com uso predominante de comércios e serviços 	<ul style="list-style-type: none"> - Oferta de TPU (oferta de lugares) - Frequência de TPU - Oferta de transporte para pessoas de mobilidade reduzida - Tempo médio de viagem no TPU para o núcleo central de atividades e comércio - Demanda de viagens por automóveis na região - Tempo médio de viagem TPU vs tempo médio de viagem por automóvel
Economia	<ul style="list-style-type: none"> - Renda média da população/custo mensal do transporte público - Baías para carga e descarga 	<ul style="list-style-type: none"> - Custo médio de viagem no transporte público para o núcleo central de atividades - Veículo–viagens/comprimento total da via ou corredor - Parcela de veículos de carga com uso de energia menos poluente - Total de veículos-viagens/per capita

Fonte: Campos et al (2005)

A partir do quadro, observa-se que o entendimento de mobilidade sustentável estabelece o transporte público e o transporte ativo como modos de transporte complementares, e que devem ser priorizados. Em relação ao transporte público, depreende-se que deve ter fluidez, frequência e oferta; e deve ser mais acessível à população tanto em relação às distâncias das paradas, quanto em relação ao custo. Isso pressupõe que deve haver uma maior densidade populacional associada a usos diversos em áreas de comércio e serviços, embora os autores não associem de forma direta a densidade à capacidade de transporte coletivo.

A partir do panorama relacionado à mobilidade urbana sustentável, seus conceitos podem ser resumidos no quadro abaixo (quadro 10):

Quadro 10 - Principais conceitos relacionado à mobilidade urbana sustentável

DEFINIÇÃO	PRINCÍPIOS	DEMANDAS	ESTRATÉGIAS
Capacidade de deslocamento de pessoas e cargas no território de modo a atender as demandas da sociedade atual sem comprometer as gerações futuras	<ul style="list-style-type: none">- preservação ambiental- equidade social- acessibilidade- eficiência econômica e energética	<ul style="list-style-type: none">- mais opções de modos de deslocamento e destinos;- menor tempo de deslocamento e menor custo;- menor consumo de energia e infraestrutura;- menor emissão de poluentes e gases efeito estufa;	<ul style="list-style-type: none">- favorecer modos de transporte coletivos e não-motorizados;- promover a integração entre modos de transporte;- proporcionalidade e otimização entre desenvolvimento urbano e transportes;

Fonte: autor

Dentre as estratégias para tornar a mobilidade urbana mais sustentável, a proporcionalidade e otimização entre o desenvolvimento urbano e os transportes é a que mais demanda uma articulação entre as políticas de transportes e as de uso e ocupação do solo.

Nesse sentido, Gentil (2015) investiga, por meio de uma revisão literária, as características da forma urbana mais recorrentes como fatores relevantes para o alcance da mobilidade sustentável. Essa análise se faz pertinente para esta pesquisa porque autora atribui ao termo 'forma urbana' um significado similar ao que esta pesquisa entende por 'estrutura urbana' - o conjunto de elementos fixos que compõem o espaço urbano. Ademais, como o transporte público é um elemento essencial da mobilidade sustentável, assume-se que o que contribui para a mobilidade urbana sustentável também contribui para o transporte público.

A autora contrapõe as características da forma urbana traduzida nos modelos de cidades compactas e dispersas, e sua relação com os padrões da mobilidade urbana sustentável. A partir da análise, a autora conclui que as características de sustentabilidade estão predominantemente presentes nas cidades compactas, que podem ser resumidas em quatro aspectos principais: densidade, características do uso do solo urbano, continuidade e características do desenho urbano.

De acordo com Gentil, essas quatro características, em tese, levam à redução das distâncias de viagem e contribuem para a implantação de um sistema de transporte integrado, fomentando a utilização dos transportes coletivos e não-motorizados e, sobretudo, auxiliando na redução do uso do transporte individual - em outras palavras, estas variáveis, quando adequadamente configuradas, permitem o estabelecimento de uma mobilidade mais alinhada com as premissas da sustentabilidade. Esses quatro fatores são sintetizados a seguir (quadro 11):

Quadro 11 - Síntese dos fatores relacionados à forma urbana compacta e sua influência em padrões de mobilidade urbana sustentável.

Fatores relacionados à forma urbana compacta	Influência na Mobilidade Urbana Sustentável
Densidade	A densidade é influenciada pelos índices urbanísticos (taxa de ocupação, índices de aproveitamento, gabarito). Criar uma diversidade urbana de tipologia de habitações, diferentes densidades, tamanhos diferentes de terrenos públicos ou privados implicaria em menor segregação espacial e poderia também influenciar a mobilidade urbana porque é um atributo condicionador da densidade. O aumento da densidade pode auxiliar na redução das viagens por veículo se planejado junto com a oferta de transporte público e uso misto do solo. Baixa densidade impacta de forma negativa a mobilidade urbana.
Características do uso do solo urbano (uso misto, multifuncionalidade/uso singular)	Promover o uso misto e maior proximidade entre as diversas atividades pode reduzir a necessidade do automóvel e facilitar na construção de uma rede transporte mais eficiente e integrada. Uso singular ou zoneamento rígido pode gerar mais deslocamentos no tecido urbano, impactando de maneira negativa na mobilidade urbana.
Continuidade	Tendência à limitação do processo de expansão urbana. Crescimento próximo ao centro. Preenchimento dos espaços vazios, requalificação dos espaços degradados. A expansão das cidades é um fator que gera mais viagens de automóvel.
Características do desenho urbano/ (conectividade/ acessibilidade)	As características do desenho urbano podem auxiliar na redução de viagens de automóvel, principalmente se o mesmo permitir articulação com o serviço de transporte público por meio de melhor conectividade e acessibilidade entre ruas, calçadas e ciclovias. Dependendo da concepção do desenho urbano, pode-se atribuir em determinadas áreas urbanas uma maior ou menor utilização para os transportes não motorizados ou transporte público, reduzindo a dependência do automóvel.

Fonte: Gentil (2015)

Desses quatro fatores, a densidade e o uso do solo são as mais recorrentes na literatura pesquisada pela autora. Uma maior densidade tende a ampliar a quantidade potencial de passageiros e a, proporcionalmente, reduzir as distâncias percorridas (já que a cidade se torna relativamente mais compacta), o que eleva o IPK, indicativo de rentabilidade do sistema de transporte público, como mostra o estudo de Rodrigues da Silva (1990). Maiores densidades também viabilizam uma maior oferta de transporte público, o que contribui para que esse modal se torne mais competitivo em relação aos demais.

O uso do solo também possui uma grande influência para a mobilidade, pois ele condiciona em certa medida de onde partem os deslocamentos - as origens e os destinos. Uma segregação excessiva de usos, de acordo com Gentil (2015), pode contribuir para um aumento considerável das distâncias entre os pontos de origem e destino, gerando grandes movimentos pendulares que sobrecarregam os principais eixos do sistema viário. Por outro lado, o uso misto vinculado à rede de transporte tende a potencializar o uso do sistema e reduzir as distâncias totais percorridas. No entanto,

é difícil parametrizar com precisão em que medida a distribuição de usos contribui para essa mobilidade.

Dentro do uso do solo, a distribuição dos polos geradores de tráfego e dos equipamentos públicos, como escolas, postos de saúde, hospitais, delegacias, também é fundamental para a mobilidade. A implantação desses equipamentos em locais onde há uma maior oferta de transporte público é fundamental para ampliar a acessibilidade a esses equipamentos e potencializar o uso do transporte público para esses destinos. No caso dos equipamentos públicos, a sua distribuição no espaço urbano pode reduzir as distâncias percorridas até eles, facilitando o acesso a pé.

Para a urbanização de novas áreas, todas as 4 características podem ser trabalhadas de forma plena. Já em áreas consolidadas, que representam o maior objeto de trabalho do planejamento urbano, nem sempre isso ocorre. Em geral, essas áreas possuem um potencial de adensamento construtivo e populacional, e de alteração de usos e surgimento de novos, de modo que a densidade e o uso do solo podem ser mais facilmente trabalhados por meio da legislação urbanística. Por outro lado, a continuidade e as características do desenho urbano (conectividade e acessibilidade) são mais determinadas pelo modelo de parcelamento do solo, que ocorre no início do processo de urbanização, de modo que há poucas alternativas para melhorá-las de forma significativa em um espaço urbano consolidado. Pode-se, por exemplo, estender a malha viária, criando conexões e complementando o tecido urbano em geral, com a construção de pontes, túneis, e/ou avenidas; no entanto, são poucas as alternativas possíveis nesses espaços. No caso da acessibilidade, o seu melhoramento pode ser realizado por meio de alterações na configuração das vias, o que compete mais ao planejamento de transportes do que de uso e ocupação do solo.

A legislação urbanística pode condicionar a densidade por meio de índices urbanísticos que estabelecem limites para o exercício do direito de construir, tais como coeficiente de aproveitamento, taxa de ocupação, gabarito e afastamentos e, ainda, por instrumentos do Estatuto da Cidade, que podem influir nesses índices, permitindo maior adensamento construtivo por meio de outorga ou transferência do direito de construir, ou induzindo um aproveitamento maior quando isso não ocorre.

Já o uso do solo é condicionado pelos tipos de usos permitidos para cada zona, e também pelo modelo de implantação dos equipamentos públicos, que nem sempre decorre de uma legislação de uso e ocupação do solo, e sim de uma atividade de gestão baseada em manuais técnicos que orientam a implementação desses equipamentos conforme a demanda populacional e os raios de abrangência de cada equipamento. Os instrumentos do Estatuto da Cidade também podem condicionar o uso do solo, permitindo alteração, ou exigindo o exercício de um certo tipo de uso.

Em suma, a densidade e o uso do solo são as principais variáveis que influem na mobilidade por transporte público, e as que são mais influenciáveis pelo planejamento de uso e ocupação do solo em áreas urbanizadas. No entanto, para a análise no estudo de caso, escolheu-se a densidade, para proporcionar um maior aprofundamento, já que o uso do solo apresenta uma complexidade para o estabelecimento de parâmetros de análise.

2.2. Densidade

2.2.1. Impacto da densidade na estrutura urbana

De acordo com Cunha (1964), a determinação da densidade de ocupação do solo constitui um dos modos de avaliação das condições de habitabilidade que ele proporciona. O autor destaca que mudanças socioeconômicas promovem alterações no gabarito, nos usos e na forma urbana em geral, frequentemente gerando densidades residenciais maiores, o que, por sua vez, gera mais demandas por equipamentos institucionais, de comércio e serviços. Por outro lado, há modelos de desenvolvimento urbano menos densos, que buscam evitar as desvantagens associadas ao modelo mais compacto, como congestionamentos e insalubridade. No entanto, o autor pontua que em ambos os modelos há características positivas e negativas; e o que garante as boas condições de habitabilidade é o equilíbrio entre densidade e capacidade da infraestrutura. Para isso, considera fundamental a vigilância das densidades por meio de uma legislação.

O autor deixa implícita a necessidade de uma hierarquia no modo de adensamento, ao defender que formações urbanas lineares devem ser apoiadas numa rede de circulação eficiente, compondo um tecido urbano contínuo. Ademais, a maior concentração de atividades deveria ocorrer onde há mais oferta de transporte.

Acioly & Davidson (1998) apresentam conceitos similares. Afirmam que a densidade urbana é um dos mais importantes indicadores e parâmetros de desenho urbano a serem utilizados no processo de planejamento e gestão dos assentamentos humanos. De acordo com os autores, ela serve para avaliar a eficiência e performance das propostas e/ou projetos de parcelamento do solo, sendo um referencial importante para se avaliar tecnicamente e financeiramente a distribuição e consumo de terra urbana, infraestrutura e serviços públicos em uma área residencial.

Baseados em diversos estudos de assentamentos ao redor do planeta, os autores identificam as variáveis mais importantes que ligam densidade ao desempenho

do espaço urbano, e sintetizam as vantagens e desvantagens de uma maior ou menor densidade a partir da análise dos estudos de caso (Quadro 12):

Quadro 12: Fatores que influenciam a densidade urbana



Fonte: Acioly & Davidson (1998)

Embora os autores conclua que maiores densidades oferecem mais vantagens em relação a densidades mais baixas, em especial quanto à economia, o quadro acima pode ser interpretado como um indicativo de tendências, e não como uma verdade absoluta. Isso, porque, como os próprios autores pontuam, o impacto de um modelo de ocupação está mais relacionado ao equilíbrio entre oferta e demanda de infraestrutura do que em relação à densidade em si. Ademais, reconhecem que o fator mais determinante é a forma da ocupação, que pode ocorrer de diversas maneiras com uma mesma densidade. Assim, muitas das desvantagens da alta densidade também podem ser verificadas em cidades de baixa densidades e vice-versa.

Uma questão não abordada pelos autores é a influência do tamanho da população nas vantagens e desvantagens de um modelo de urbanização mais ou menos denso. Cidades pequenas com baixas densidades não apresentam todos os problemas apontados no quadro; assim como cidades de maior porte, seguindo um modelo disperso, também não apresentam todas as vantagens associadas à baixa densidade. O mesmo ocorre em relação ao maior adensamento. Os conceitos e exemplos trazidos por Acioly & Davidson deixam implícito que, quanto maior a população, maiores as vantagens atribuídas à compacidade, e maiores as desvantagens associadas à dispersão.

No aspecto da poluição, por exemplo, observa-se que altas densidades geram um aumento da concentração de geração de resíduos e emissão de poluentes no ar e na água. Em contrapartida, as cidades menos densas, que em tese, possuem mais espaços verdes, permitem uma melhor diluição de poluentes. No entanto, como elas favorecem o transporte individual, que polui mais, acabam por apresentar um impacto que se mostra mais severo à medida em que a população total aumenta, o caso de cidades como Los Angeles¹⁶ e Brasília, cidades de grande porte com baixas densidades.

No aspecto dos transportes, se por um lado, as altas densidades potencializam congestionamentos, por outro, viabilizam melhor o transporte público e o deslocamento a pé ou de bicicleta, o que reduz a demanda por transporte individual, reduzindo assim, o impacto no trânsito e a poluição *per capita*. A precariedade do transporte público, apontada por Acioly & Davidson (1998) como problema decorrente de baixas densidades, também pode ocorrer em cidades densas.

Em relação à acessibilidade, é posto que altas densidades a potencializam. Isso, porque uma maior concentração de área construída viabiliza mais opções de emprego, serviços e habitação em um certo raio de abrangência, o que torna menores as distâncias a serem percorridas em comparação com um modelo mais disperso. Por sua vez, isso tende a gerar menores tempos de deslocamento, menores custos com transporte; menor consumo energético e emissão de poluentes; além de favorecer o deslocamento de modos não motorizados (pedestres e ciclistas). No entanto, essa soma de fatores também depende da distribuição das atividades, do tamanho total da cidade, e da qualidade dos sistemas de transporte. Assim, maiores densidades possuem maior potencial para viabilizar a maior parte das qualidades postas, mas não as garantem por si só; devem estar associadas a outras características da forma urbana, como a distribuição de usos.

2.2.2. Tipos de densidade

Densidade é um dado estatístico que especifica a concentração de elemento(s) (expressa em quantidade de unidades ou massa) em algum espaço (expresso em área ou volume), representada por certas unidades de medida. Existe, portanto, um número indefinido de tipos de densidades, utilizando-se de diferentes combinações entre cada um desses aspectos, com aplicações nas mais diversas áreas do conhecimento. No campo do planejamento urbano, é mais usual que se meça a densidade dos elementos

¹⁶ Los Angeles é classificada sistematicamente como a cidade mais poluída dos Estados Unidos e a mais congestionada do mundo, de acordo com o INRIX Global Traffic 2017. Fonte: <https://www.dmagazine.com/wp-content/uploads/2018/02/INRIX_2017_Traffic_Scorecard_Final_2.pdf>. Acesso em 15 ago. 2018.

que compõem o espaço urbano e afetam e são afetados pela configuração urbana, como pessoas (habitantes ou estacionários), empresas, empregos, entre outros, como mostrado no quadro 13:

Quadro 13 - Diferentes composições de densidade aplicáveis ao planejamento urbano e regional

OBJETOS DE MEDIÇÃO	ESPAÇOS DE MEDIÇÃO	UNIDADES DE MEDIÇÃO
habitantes (registrados por domicílio) pessoas (estacionárias) habitações empregos (registrados) empresas (registradas) veículos (registrados por lote) árvores etc	área interna da habitação lote (escala intra-urbana) setor censitário (escala intra-urbana) bairro (escala intra-urbana) zona urbana (escala urbana e regional) município (escala regional) microrregião (escala regional) macrorregião (escala regional) estado (escala geográfica) região (escala geográfica) país (escala geográfica) ...ou um determinado polígono, que pode ter uma área que não necessariamente siga as divisões geográficas convencionais	metro quadrado (m ²) hectare (ha) quilômetro quadrado (km ²)

Fonte: autor, a partir de dados de Ferrari (1979) e Acioly & Davidson (1998).

Dentre os elementos do espaço urbano, a população - normalmente expressa em habitantes registrados por domicílio - é o mais recorrente; não obstante, sua medição é por vezes chamada apenas de densidade, uma metonímia¹⁷. Dessa forma, a população é genericamente usada como parâmetro de referência para a concentração dos demais elementos do espaço urbano. Além disso, segundo Arruda (2005), os deslocamentos diários nas cidades, têm, em geral, a residência como ponto de origem inicial e destino final dos deslocamentos realizados em um dia; portanto, servem como parâmetro de referência para todo o planejamento de transportes.

Existem vários termos e formas de mensuração da concentração de pessoas em um espaço urbano, muitos inclusive sinônimos. Essa diversidade pode evidenciar lacunas quanto à clareza do objeto e à área de medição. Nesse sentido, Andrade afirma:

Densidade não é um conceito absoluto, mas relativo e variável, podendo ser medida de diferentes formas. Suas definições são múltiplas (densidade construtiva, populacional, habitacional, de usos, bruta, líquida, física, percebida), têm diferenças conceituais e de abordagem, e seus dados podem revelar aspectos urbanos distintos e até conflitantes. (2016, p. 5)

¹⁷ Figura de linguagem em que a palavra assume outro sentido que não o literal ou denotativo, por meio de uma associação de sentidos tem como base a contiguidade (e não a similaridade) entre os elementos. Ou seja, é uma analogia por sentidos próximos, relativo. No caso, o termo 'densidade' pressupõe 'densidade demográfica' ou 'densidade populacional'.

Acioly & Davidson (1988) definem cinco tipos básicos de densidade para o planejamento urbano (Quadro 14), que abordam, além da população, outros objetos de medição, como número de habitações e a área edificada (em m²):

Quadro 14 - Tipos de densidade de acordo com Acioly & Davidson (1998)

densidade demográfica ou populacional	Expressa o número total de pessoas residindo numa determinada área urbana. geralmente é expressa em habitantes por hectare, ou habitantes por quilômetro quadrado.
densidade edificada ou construída	Expressa o total de metros quadrados de edificação em 1 hectare; o total de construção existente dentro da poligonal do assentamento ou bairro, medida em m ² /ha. Engloba toda a área do assentamento, ou área bruta.
densidade habitacional ou residencial	Expressa o número total de unidades habitacionais construídas numa determinada zona urbana dividido pela área em hectare. Medida expressa em unidades habitacionais por hectare.
densidade demográfica bruta	Expressa o número total de pessoas residindo numa determinada zona urbana dividido pela área total em hectares, incluindo-se escolas, espaços públicos, logradouros, áreas verdes e outros serviços públicos. A densidade habitacional bruta mede o número total de unidades dividido pela área total da gleba. Toda área incluída dentro da poligonal de um assentamento deve ser considerada para efeito da determinação da densidade bruta.
densidade demográfica líquida	Expressa o número total de pessoas residindo numa determinada zona urbana dividido pela área estritamente utilizada para fins residenciais. Em países como Inglaterra ou onde há influência inglesa nas regulamentações urbanas, incluem-se a circulação local, metade das ruas vizinhas e pequenos jardins. A densidade habitacional líquida expressa o número total de unidades dividido pela área destinada exclusivamente ao uso habitacional

Fonte: Acioly & Davidson (1998)

A unidade de medida mais usual para representar densidades de elementos referentes ao espaço urbano é o hectare (100m x 100m). Muitos estudiosos do espaço urbano que realizam cálculos de densidades, como Mascaró (1987), Silva (1990), Acioly & Davidson (1998), Taylor (2008), Devecchi (2014), usam como referência espacial o hectare. Ele possui uma maior compatibilidade com os diversos elementos urbanos, desde um lote à zona urbana do município. Ademais, essa medida é mais apreendida numa escala do pedestre em relação ao km² (1000m x 1000m).

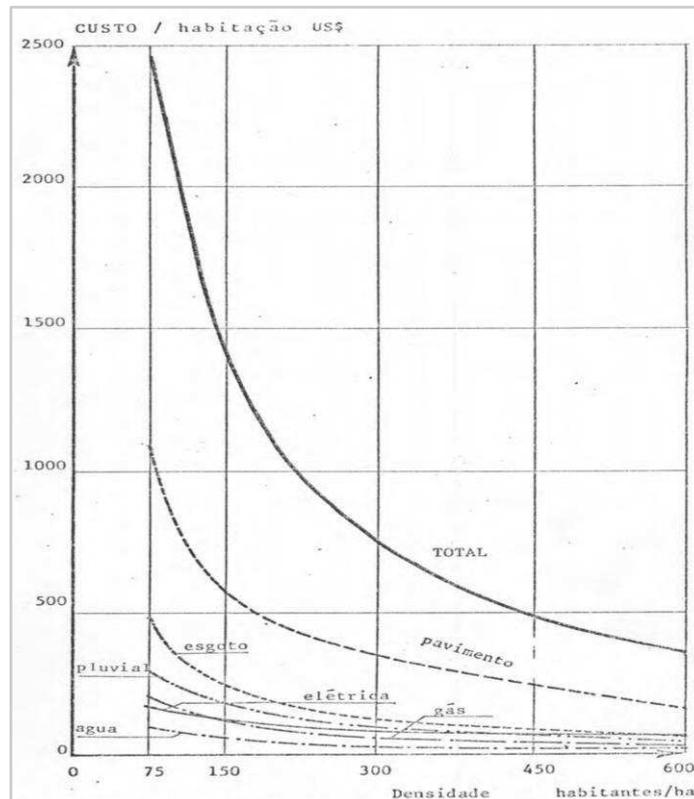
2.2.3. Valores de densidade populacional

Um dos primeiros estudos com maior volume de dados sobre valores de densidade populacional é trazido por Mascaró (1987), como resultado de uma tese que investiga a ordem de grandeza dos custos das obras necessárias para a implementação dos distintos serviços urbanos. O autor estuda seis redes urbanas¹⁸ de forma separada,

¹⁸ Mascaró (1979) aborda seis redes urbanas divididas em três sistemas: energético, que inclui redes elétrica e gás; saneamento, que inclui rede de abastecimento de água e coleta de esgoto; e sistema viário, que inclui as redes de

avaliando os custos para a implementação de cada uma delas em espaços urbanos dentro dos intervalos de 75 a 600 hab/ha, e apresenta um gráfico síntese, que mostra as curvas individuais de cada rede e a curva de custo total (Gráfico 2):

Gráfico 2: Custo por habitação em dólares estadunidenses (janeiro de 1977) dos serviços urbanos em relação à densidade em habitantes por hectare



Fonte: Mascaró, 1979.

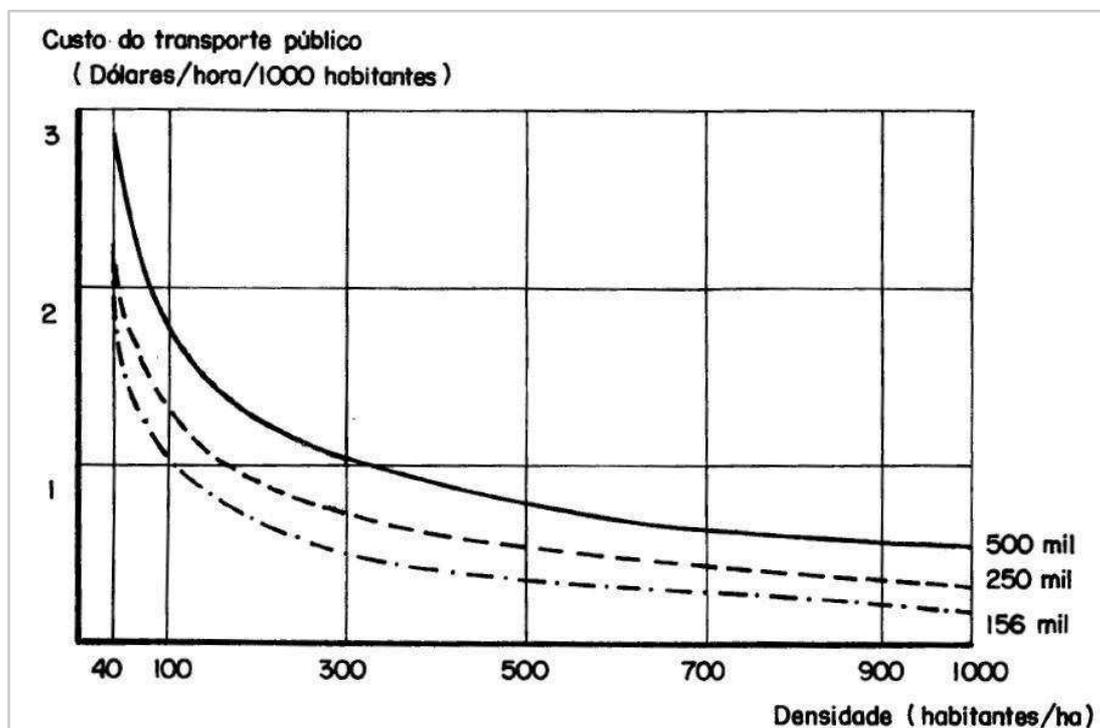
A partir do gráfico, observa-se que o aumento da densidade populacional resulta em um decaimento exponencial dos custos totais das redes urbanas de infraestrutura, que se mostra menos significativo a partir de 300 hab/ha. Com base nesse resultado, o autor defende que o planejamento urbano poderia estimular o adensamento para otimizar os custos de urbanização, o que em tese permite absorver melhor o crescente número de pessoas que migram para as cidades, e sanar as deficiências em infraestrutura das cidades.

De forma complementar aos estudos de Mascaró, Rodrigues da Silva (1990) trata da relação entre o custo do transporte público e a densidade populacional. O autor investiga a influência do custo do transporte público veicular na definição da cidade

drenagem pluvial, e pavimentação. De acordo com o autor: "Em todos os casos apresentados, estudam-se os sistemas completos, incluindo-se as condições e características de cada obra, dando-se, porém, ênfase especial às redes propriamente ditas, pois são nestas que os planejadores urbanos interferem, com suas possíveis decisões morfológicas, fazendo variarem os custos dos serviços" pg.1

ideal, por meio de uma simulação utilizando cidades fictícias com valores diferenciados de densidade populacional urbana, sintetizada em um gráfico de densidade x custo do transporte público (Gráfico 3):

Gráfico 3 - Curvas de custo de transporte público urbano em função da densidade populacional



Fonte: Rodrigues da Silva (1990).

A partir dos dados, o autor conclui que densidades abaixo de 100 hab/ha elevam significativamente os custos do transporte público. Por outro lado, valores acima de 300 hab/ha não promovem uma redução tão significativa. Sob o ponto de vista da infraestrutura urbana como um todo, o autor defende que as densidades mais econômicas são acima de 200 hab/ha, e que os limites humanos - em função de questões como privacidade, iluminação, ventilação, poluição e salubridade em geral - situam-se em até 500 hab/ha. O autor destaca ainda que em cidades com densidades menores, para manter o custo do transporte público, pode-se reduzir a oferta, no entanto, isso gera um prejuízo aos passageiros, já que a redução da frequência do ônibus pode gerar para o usuário tempos de esperas maiores que 30 minutos, limite máximo recomendado.

Acioly & Davidson (1998) não preconizam valores de qualquer tipo de densidade, mas trazem valores de referência de densidade populacional, classificando-os em 4 níveis de intensidade (Tabela 1):

Tabela 1 - Categorias de densidade populacional de acordo com Acioly & Davidson (1998)

TIPOS	Densidade baixa	Densidade média	Densidade alta	Densidade muito alta
Valor em habitantes/ha (densidade demográfica)	100	200	400	600

Fonte: Acioly & Davidson (1998)

A classificação, no entanto, não especifica se os valores postos representam o limite superior da classificação, isto é, os valores se encaixam em um determinado nível de intensidade até o valor posto, ou se este valor representa a média dentro da classificação posta. Subentende-se que os critérios para essa classificação são derivados da análise, feita pelos autores, de diversos valores levantados em pesquisas em diversas cidades no mundo, e das consequências que eles representam para a qualidade e eficiência dos respectivos assentamentos.

Os valores mais baixos são verificados em cidades dispersas como Brasília e Los Angeles. Embora os autores afirmem que as superquadras do Plano Piloto de Brasília podem gerar densidades entre 150 e 250 hab/ha - valor considerado médio dentro da escala dos autores - esse valor, na prática, é diluído quando se considera os demais espaços urbanos, ou com outros usos ou não edificadas, dentro dessa unidade administrativa, o que reduz a densidade demográfica para 23 hab/ha¹⁹. Ou seja, embora na superquadra haja uma densidade de valor médio, na zona urbana, há uma densidade média muito baixa.

Diversos autores, como Mascaró (1979), Silva (1990), Acioly & Davidson (1998), Farr (2007) e Devechi (2014) criticam o custo-benefício da infraestrutura nesses assentamentos, que apresentam altos custos de implantação e manutenção. Além disso, tornam os transportes coletivos econômica e praticamente inviáveis, além de contribuir para a segregação socioespacial, uma vez que elevam as distâncias a serem percorridas e limitam a oferta de habitação.

Os valores encontrados em assentamentos informais e/ou de baixa renda são, em geral, de médios a altos. Na Guiné Bissau, alguns assentamentos possuem entre 200 e 400 hab/ha; em Karachi, Paquistão, de 650 hab/ha a 102 hab/ha. Embora esses valores, em tese, contribuam para um maior custo-benefício, de acordo com os dados

¹⁹ Cálculo realizado pelo autor. Considera-se que a região administrativa do Plano Piloto (o que exclui Sudoeste/Octogonal e Cruzeiro, que constituem regiões administrativas próprias), excluindo-se a área do terreno do Parque Nacional (que constitui uma área de preservação ambiental), tem-se uma área de aproximadamente 9.600 ha, de acordo com medição feita no software Google Earth Pro 2018. A população dessa área, de acordo com a Pesquisa Distrital de Amostra por Domicílios (PDAD) de 2016 realizado pela Companhia de Planejamento do Distrito Federal (CODEPLAN), possui cerca de 220 mil habitantes. Dividindo-se esse valor pela área, tem-se uma média de 23 hab/ha. Fonte: <http://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/Resumo-PDAD-Plano-Piloto.pdf> acesso em 15 ago 2018.

de Mascaró (1979) e Silva (1990), na prática, o custo se apresenta mais baixo, já que o poder público não realiza os investimentos necessários em infraestrutura; e o benefício é comprometido em função da qualidade dos assentamentos. Eles se desenvolvem de modo informal, por meio de autoconstruções²⁰ feitas por populações de baixa renda, que costumam possuir maiores composições familiares e, ao mesmo tempo, menores recursos e técnicas para garantir construções de qualidade. A sublocação de espaços pequenos para famílias inteiras também contribui para o aumento da densidade (ACIOLY & DAVIDSON, 1998). Assim, conformam-se espaços insalubres e de alta lotação, denominados super-aglomeração, ou *crowding*. De acordo com os autores, esse fenômeno, associado à pobreza, deve ser controlado no processo de planejamento, de modo a garantir uma oferta adequada de habitação, que pode ocorrer com altas densidades sem gerar super-aglomeração.

Valores mais altos são verificados em Hong Kong, com uma média urbana de 460 hab/ha, mas com áreas que chegam a 6000 hab/ha, o que é possível por meio de uma verticalização massiva. Os autores apontam os prós e contras desses valores. Por um lado, podem diminuir a pressão sobre uma expansão urbana linear, contribuindo para a preservação do limitado espaço rural e natural do território. Por outro, podem afetar a qualidade de vida dos habitantes, percepção que vem mudando a abordagem do governo local. Enquanto nos anos 1950 e 1960, estimulava-se a construção de habitações em edifícios com múltiplos pavimentos, de modo a gerar densidades de até 7000 hab/ha, atualmente a administração procura reduzir essa densidade, mas gerando ainda valores de densidade considerados muito altos na classificação de Acioly & Davidson (1998).

Em outros casos, há uma combinação de densidades, como o caso de Curitiba. O plano de 1966 foi o ponto de partida para uma transformação urbana que buscava manter a cidade compacta para evitar a expansão para áreas de maior fragilidade ambiental. Para isso, a partir dos eixos de transporte onde opera o BRT, definiu-se hierarquias de adensamento, que é maior ao longo desses eixos, com densidades altas e um mix de usos, em torno de 600 hab/ha, valor que reduz à medida em que se afasta dos eixos, atingindo-se um valor mais baixo na média de 70 hab/ha. De acordo com Acioly & Davidson, esse modelo de urbanização, além de reduzir os custos de infraestrutura urbana, contribuiu para potencializar o uso do transporte coletivo, o que reduz em média 25% o consumo de energia e emissões de poluentes. Por fim, os autores destacam que a preconização de densidades não deve ser de forma alguma o

²⁰ Autoconstrução é o fenômeno de construir por conta própria, sem o auxílio de profissionais qualificados da construção civil, que atestem a segurança estrutural, a qualidade ambiental (iluminação, ventilação, disposição e tamanho mínimo dos cômodos) e a adequação da edificação aos parâmetros urbanísticos definidos pelo município para a zona em questão.

resultado apenas de um exercício analítico dos custos e impactos financeiros, e sim de uma conjuntura de aspectos relacionados à infraestrutura urbana e ao uso e ocupação do solo.

A Secretaria de Planejamento Urbano de Porto Alegre (1995) faz uma classificação da densidade populacional a partir de intervalos de valores, pontuando os efeitos de cada um na produção do espaço urbano (Quadro 15):

Quadro 15 - Densidades populacionais urbanas e características de ocupação

Características da ocupação		
Classificação	Densidade (hab/hectare)	Efeitos
Antieconômica	Menor que 45	<ul style="list-style-type: none"> ▪ serviços públicos extremamente caros; ▪ transporte público ineficiente; ▪ ruas desertas; ▪ equipamentos comunitários subutilizados.
Economicamente aceitável	De 45 a 100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ serviços públicos caros; ▪ transporte público ineficiente; ▪ boa quantidade de vida em zonas exclusivas de habitação unifamiliar; ▪ privacidade nas áreas verdes, praças, parques, etc. ▪ espaços públicos subutilizados; ▪ pouca miscigenação de usos nas zonas residências.
Economicamente desejável	De 100 a 150	<ul style="list-style-type: none"> ▪ serviços públicos econômicos; ▪ transporte público eficiente; ▪ espaços públicos otimizados; ▪ utilização de parques e equipamentos por maior número de pessoas; ▪ miscigenação na tipologia residencial; ▪ miscigenação de usos.
Economicamente aceitável	De 150 a 200	<ul style="list-style-type: none"> ▪ serviços públicos econômicos; ▪ transporte público eficiente; ▪ desapropriações para alargamento do sistema viário; ▪ redução de circulação de carros particulares; ▪ perda de privacidade nos equipamentos comunitários.
Antieconômica	Mais que 200	<ul style="list-style-type: none"> ▪ congestionamento da infraestrutura; ▪ congestionamento da circulação urbana; ▪ má qualidade de vida; ▪ investimentos de porte em infraestrutura, circulação e transporte de massa.

Fonte: Secretaria de Planejamento Urbano de Porto Alegre (1995).

Embora os valores do quadro diverjam dos valores de Mascaró (1979), Silva (1990) e Acioly & Davidson (1998) quanto ao limite superior, observa-se um consenso quanto aos limites inferiores e seus impactos negativos para o espaço urbano, em especial quanto ao custo-benefício da infraestrutura e a viabilidade do transporte público.

Taylor e Sloman (2008) desenvolvem um *check-list* de planejamento urbano para transporte sustentável em novos bairros, e destacam que a provisão de transporte público, por si, não irá garantir que os padrões de viagens sejam sustentáveis. Os autores defendem que os bairros devam ter uma densidade demográfica média de pelo menos 100 hab/ha, e de 200 hab/ha em uma área de abrangência de 800 metros dos corredores de transporte público - além de usos mistos nas proximidades das estações/paradas de transporte público.

A partir de uma síntese dos valores de densidade populacional urbana apresentados pelos autores analisados, gerou-se a seguinte tabela-resumo (Tabela 2):

Tabela 2 - Valores de densidade defendidos (por autor)

AUTOR	VALORES
Mascaró (1979)	de 300 a 600 hab/ha
Rodrigues da Silva (1990)	de 200 hab/ha a 500 hab/ha
Secretaria Municipal de Porto Alegre (1995)	desejável de 100 hab/ha a 150 hab/ha aceitável de 45 hab/ha a 200 hab/ha
Taylor e Sloman (2008)	100 hab/ha (média) e 200 hab/ha (nos corredores)

Fonte: autor

Essa comparação de valores de densidade mostra o quanto é variável a percepção do que seria um valor ou intervalos de densidades desejáveis. Embora dentre os valores ou intervalos 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 Rodrigues da Silva (1990), possuem densidades médias em torno de 40 hab/ha. Esse valor não é suficiente nem para otimizar a infraestrutura urbana em geral, e nem a operação de sistemas de transporte público.

2.2.4. Definição das características da variável densidade

Com base nas características da variável densidade acima exploradas, selecionou-se o elemento de medição população (habitantes registrados por domicílios), dentro do espaço de medição 'zona urbana', expressa em hectares (ha) - densidade populacional. A população foi escolhida como objeto de medição porque a função 'habitar' no espaço urbano é a que demanda mais espaço dentro das cidades. De acordo com Accioly & Davidson (1998), o percentual ideal de área urbanizada destinada exclusivamente para habitação gira em torno de 60%. Ademais, é a partir da concentração de pessoas nas habitações que se determina a localização e o porte dos equipamentos públicos, como escolas e hospitais, além dos serviços urbanos, como transporte público.

Esta distinção se faz relevante, primeiro, para especificar com clareza o elemento de medição, distinguindo-se entre os diversos elementos mostrados pela literatura. Segundo, porque há diferenças consideráveis entre os espaços de medição 'zona urbana' e 'município', tanto em termos de área²¹, como em termos do nível de infraestrutura. Em geral, ao se analisar a distribuição da população em um espaço, busca-se relacionar com a infraestrutura urbana, que possui níveis notadamente diferenciados entre zona urbana e zona rural. Assim, a escolha da zona urbana como espaço de medição visa estabelecer uma relação com a infraestrutura existente neste espaço. Ademais, em grande parte dos estudos sobre densidade populacional, pressupõe-se que o cálculo refere-se à zona urbana. Para valores de referência, considerou-se os estudos de densidade que lidam com os custos e potencialidades do transporte público, como Rodrigues da Silva (1990) e Taylor e Sloman (2008), que apresentam valores comuns para o entorno de corredores de transporte público: 200 hab/ha. Em suma, a pesquisa delimitou essa variável com as seguintes características (Quadro 16):

Quadro 16 - Definição das características da variável densidade a serem consideradas neste estudo

Objeto de medição	Espaço de medição	Unidade de medida	Valores de referência
População (habitantes registrados por domicílio)	Zona urbana (ha)	Habitantes por hectare (hab/ha)	100 hab/ha - mínimo na média urbana 200 hab/ha - mínimo na área de abrangência dos corredores de transporte público

Fonte: Elaborado pelo autor

²¹ Diferenças entre áreas de zona urbana e áreas do município podem ser significativas. Enquanto que municípios como Fortaleza-CE e Recife-PE possuem 100% da sua área terrestre como zona urbana, nos municípios de Teresina-PI, e São Paulo-SP, apenas uma parcela do território corresponde à zona urbana, de modo que a densidade populacional do município é significativamente menor que a densidade populacional urbana.

PARÂMETROS E INSTRUMENTOS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO QUE INFLUENCIAM NA DENSIDADE

Este capítulo busca identificar e compreender quais parâmetros e instrumentos de uso e ocupação do solo presentes na legislação urbanística brasileira possuem influência sobre variável densidade.

3.1. FATORES QUE INFLUENCIAM A DENSIDADE POPULACIONAL

Acioly & Davidson (1998) destacam que a densidade populacional depende de uma série de fatores, alguns internos, ou seja, controláveis no processo de planejamento e projetos urbanos, e outros externos, independentes do planejamento urbano (Quadro 17):

Quadro 17 - Fatores que influem na densidade populacional

FATORES INTERNOS (controláveis pelo planejamento urbano)	FATORES EXTERNOS (independentes do planejamento urbano)
<ul style="list-style-type: none">- área total do assentamento;- proporção entre área pública e privada, influenciada pela configuração do sistema viário (traçado e perfis das ruas), e demais espaços livres de domínio público, como praças e parques urbanos;- tamanho e dimensão dos lotes;- área total e forma dos edifícios, e tipologia habitacional, definidos e/ou influenciados pela:<ul style="list-style-type: none">- taxa de ocupação do lote, ou seja, a proporção do terreno que pode ser ocupada por construção;- índice de ocupação e/ou coeficiente de aproveitamento (CA);- demais parâmetros urbanísticos, como dimensão mínima dos espaços internos, recuos, etc.- políticas fundiárias e política habitacional;	<ul style="list-style-type: none">- disponibilidade de áreas adequadas para urbanização;- número total de ocupantes/moradores por unidade residencial;- mercado imobiliário e tendências de mercado;- outros aspectos sociais, culturais, econômicos, etc.

Fonte: autor, a partir de dados de Acioly & Davidson (1998)

De acordo com os autores, os fatores diretos devem ser aplicados avaliando-se o potencial de adensamento com base na capacidade das redes de infraestrutura, serviços urbanos e capacidade de absorção de tráfego da área urbana em questão, em

consonância com a capacidade ambiental do espaço, de modo a maximizar as potencialidades das diversas áreas, localidades e bairros da cidade. Assim, devem refletir a dinâmica da cidade, e, portanto, devem ser flexíveis. A rigidez nos parâmetros urbanísticos em alguns estudos de caso analisados, segundo os autores, tende a desencadear uma produção informal do espaço urbano.

Quanto às estratégias de adensamento, os autores consideram que os mecanismos podem ser usados para estimular e/ou viabilizar a incorporação de novas áreas subutilizadas na malha intraurbana, promover renovação/requalificação urbana, e para o fomento à diversificação das atividades e uso da ocupação urbana. Os autores também pontuam que esses mecanismos e alterações podem resultar em ganhos para o setor privado, mas que o objetivo dos instrumentos de política urbana é o caráter distributivo.

3.2. EXPLORAÇÃO DOS PARÂMETROS E INSTRUMENTOS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA LEGISLAÇÃO URBANÍSTICA BRASILEIRA COM MAIOR POTENCIAL DE CONTROLE DA DENSIDADE

A legislação urbanística brasileira dispõe de uma série de mecanismos legais que permitem controlar a densidade, seja pela manipulação de parâmetros construtivos, como a área total dos edifícios definida pelo coeficiente de aproveitamento, ou por meio de políticas fundiárias e habitacionais, que por sua vez, podem interferir nos parâmetros construtivos. No caso da legislação urbanística brasileira, conforme visto no capítulo 1, essas políticas são estabelecidas tendo como base o plano diretor, que dispõe de uma série de instrumentos regulamentados pelo Estatuto da Cidade que podem ser utilizados com as mais diversas finalidades. Desses instrumentos, 6 possuem um maior potencial de induzir o desenvolvimento urbano, o que tende a elevar a densidade, em conjunto com os parâmetros de uso e ocupação do solo (Quadro 18):

Quadro 18: Parâmetros e instrumentos de uso e ocupação do solo da legislação urbanística brasileira com maior potencial de controle da densidade

DISPOSITIVOS LEGAIS DE CONTROLE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO		INFLUÊNCIA SOBRE A DENSIDADE
PARÂMETROS CONSTRUTIVOS	Coeficiente de aproveitamento (CA), gabarito, taxa de ocupação, afastamentos, área mínima permeável	estabelecem o quanto pode ser construído por lote
INSTRUMENTOS DO ESTATUTO DA CIDADE INDUTORES DO DESENVOLVIMENTO URBANO	Parcelamento, edificação ou uso compulsório (PEUC)	induzem um uso e ocupação da propriedade a partir do mínimo que o plano diretor estabelece
	IPTU Progressivo no Tempo	
	Desapropriação	
	Outorga onerosa do direito de construir (OODIR)	permitem uma ocupação do solo acima do mínimo que o plano diretor permite, por meio de contrapartidas
	Transferência do Direito de Construir (TDC)	

Fonte: autor

3.2.1. Parâmetros Construtivos

Esses parâmetros devem ser definidos ainda no início do processo de urbanização, no loteamento do solo urbano. Em áreas consolidadas, as principais formas de controlar a densidade ocorrem por meio da manipulação de parâmetros

construtivos, como a área total de construção dos edifícios definida pelo coeficiente de aproveitamento do lote e pelo gabarito máximo.

I) Coeficiente de aproveitamento (CA)

Um dos parâmetros urbanísticos mais importantes, o coeficiente de aproveitamento (CA) representa a razão entre a área do lote e o total de área construída que é permitida²² (ACIOLY & DAVIDSON, 1998). Dessa forma, esse parâmetro determina diretamente a intensidade da ocupação do solo, pois quanto maior a área construída, maior a quantidade de pessoas que as edificações comportam. Por conseguinte, assume-se, de maneira genérica, que maiores CAs geram maiores densidades populacionais. No entanto, essa relação nem sempre é direta, pois, o aumento da área construída pode ocorrer em lotes de uso predominante ou exclusivamente comercial ou institucional, onde há uma grande densidade de pessoas durante o dia, mas uma baixa ou nula concentração de pessoas à noite, finais de semana e feriados (ACIOLY & DAVIDSON, 1998; DEVECHI, 2014).

Entretanto, independente da concentração de pessoas se dar em função de atividades (comércio, serviço ou lazer) ou moradia, o fato é que essa concentração eleva a quantidade potencial de usuários do transporte público em uma determinada área. Por conseguinte, isso pode contribuir para elevar a rentabilidade do sistema, e permitir a disponibilização de uma maior oferta de transporte, o que tende a tornar o sistema mais atrativo aos usuários - contribuindo, portanto, para a mobilidade por transporte público.

A influência do CA sobre a densidade construtiva e, por conseguinte, populacional, sugere que a regulação desse coeficiente deve ser um reflexo das estratégias de ocupação e adensamento de um território, que por sua vez devem levar em consideração aspectos como: a capacidade dos sistemas de infraestrutura; o conforto térmico (o quão próximas as edificações podem ser); a relação entre as alturas e afastamentos de acordo com a iluminação e ventilação desejáveis e, ainda, a estética urbana almejada - se deseja-se ou não edifícios mais altos e a disposição desses edifícios.

Devechi (2014) sugere, de forma implícita, que o estabelecimento do CA deve levar em consideração também a média dos CAs existentes na cidade, isto é, a relação entre a área formalmente urbanizada e o total das áreas construídas. A autora destaca que o município de São Paulo, embora possua quadras cujo CA chega a 43, sua média

²² Segundo Saboya (2007), não costumam ser contabilizados como área construída: sacadas, garagens, beirais, áreas abertas e átrios.

de CA urbano é inferior a 1²³, o que, segundo ela, indica um significativo potencial de intensificação de ocupação do solo na cidade como um todo.

Embora haja uma evidente proporcionalidade entre o CA e a densidade populacional, é difícil determinar de forma precisa em que medida os CAs determinam a densidade populacional. Isso, porque nem sempre o proprietário edifica até o máximo que o CA no lote em questão permite. Além disso, como mostrado no quadro 17, existem outros fatores que influem na densidade populacional que não são controláveis pelo planejamento urbano.

Assim, de uma forma geral, a relação entre o CA e a densidade pode ser apreendida por meio da análise de casos reais. Segundo Acioly e Davidson (1998), em Curitiba, a adoção de um coeficiente de aproveitamento 6 no entorno dos corredores de BRT permitiu a construção de edifícios de múltiplos pavimentos (Figura 4), o que gerou densidades de cerca de 180 hab/ha nessa área, um valor considerado próximo ao adequado para a otimização da infraestrutura e para sustentar um transporte público de massas.

Figura 4: Vista aérea da verticalização no entorno de um corredor de BRT em Curitiba



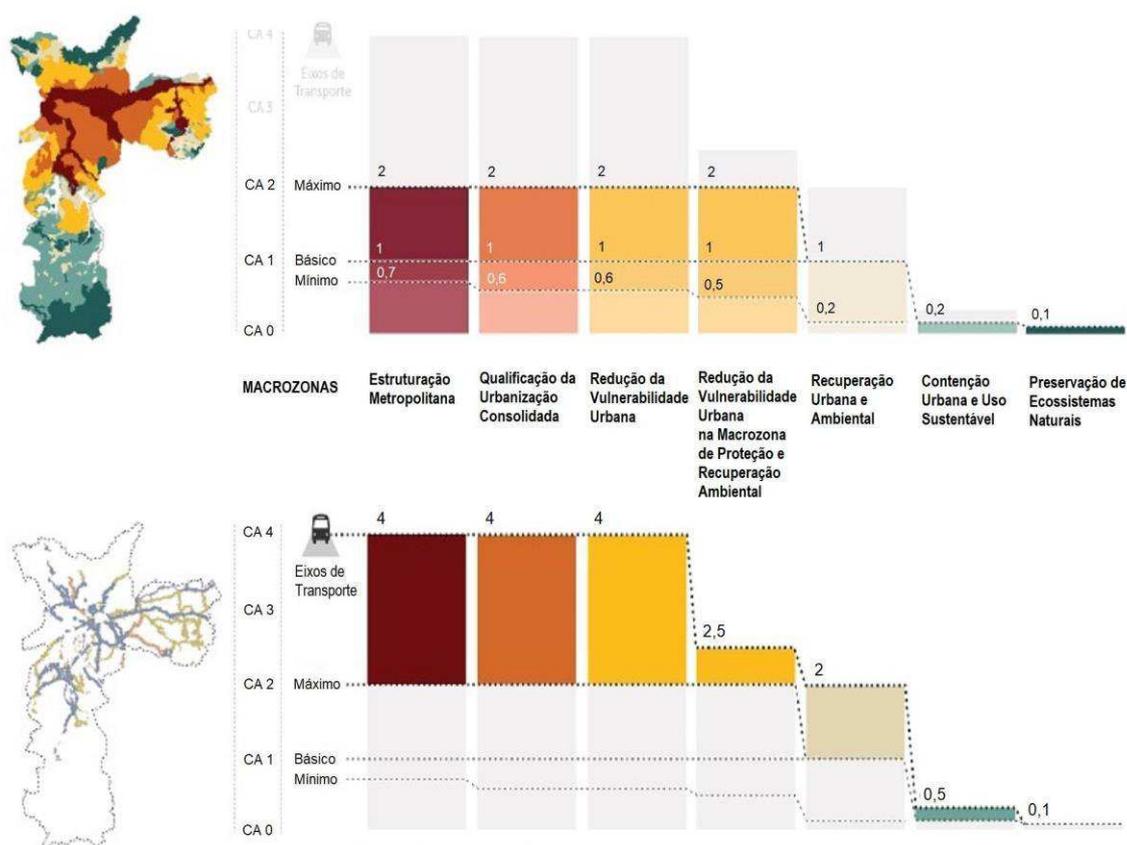
Fonte: Blog Cidades em fotos²⁴.

²³ Segundo Devechi (2014), o município de São Paulo apresenta uma área formalmente urbanizada de 600 km², com área construída de aproximadamente 400 km², o que resulta em um coeficiente de aproveitamento médio de 0,65.

²⁴ Disponível em: <<https://cidadesemfotos.blogspot.com/2012/02/fotos-de-curitiba-pr.html>> Acesso em 07fev. 2019.

Em São Paulo, o macrozoneamento gerado a partir da última revisão do plano diretor da cidade, em 2014, estabelece três tipos de CAs: básico, que resulta do potencial construtivo gratuito inerente aos lotes e glebas urbanos; máximo, que não pode ser ultrapassado em qualquer hipótese; e mínimo, abaixo do qual o imóvel poderá ser considerado subutilizado. O plano estabelece o valor de cada um desses CAs para cada macrozona e eixos de transporte (figura 5):

Figura 5: Coeficientes de aproveitamento por macrozona e eixos de transporte estabelecidos pelo plano diretor estratégico de 2014 do município de São Paulo



Fonte: Prefeitura Municipal de São Paulo (adaptado)

Observa-se que a definição dos CAs segue uma hierarquia conforme as estratégias de ocupação do território, sendo os maiores valores de CAs no entorno dos principais eixos de transporte nas macrozonas destinadas ao desenvolvimento e qualificação urbana, onde se aplicou um CA máximo de 4, o dobro em relação às demais áreas da macrozona.

II) Demais parâmetros construtivos: gabarito, taxa de ocupação, afastamentos, área mínima permeável

Além do CA, existem os outros parâmetros construtivos utilizados para o controle da forma das edificações, que apresentam uma influência sobre sua área total construída, sintetizados no Quadro 19:

Quadro 19: Parâmetros construtivos influentes sobre o CA

Parâmetro construtivo	O que determina	Finalidade	Influência no CA resultante do lote
gabarito	determina a quantidade de pavimentos que uma edificação pode ter em um determinado lote	a relação entre a altura e o afastamento das edificações em relação ao lote e outras edificações determina a quantidade de ventilação e iluminação natural que cada fachada do edifício pode receber, bem como interfere na privacidade.	limita a quantidade de pavimentos, e por conseguinte, a área total da edificação podem limitar a área total de cada um dos pavimentos que o gabarito permite construir, limitando, portanto, a área total da edificação
taxa de ocupação	determina a relação entre a área de projeção da edificação no nível térreo e a área total do terreno		
afastamentos	determina os afastamentos mínimos entre as fachadas da edificação e os limites do lote		
área mínima permeável²⁵	determina um percentual de uma área mínima do lote que seja permeável para permitir a infiltração de águas pluviais	reduzir o impacto do escoamento das águas pluviais sobre a rede de drenagem, e abastecer o lençol freático, preservando o ciclo hidrológico natural.	

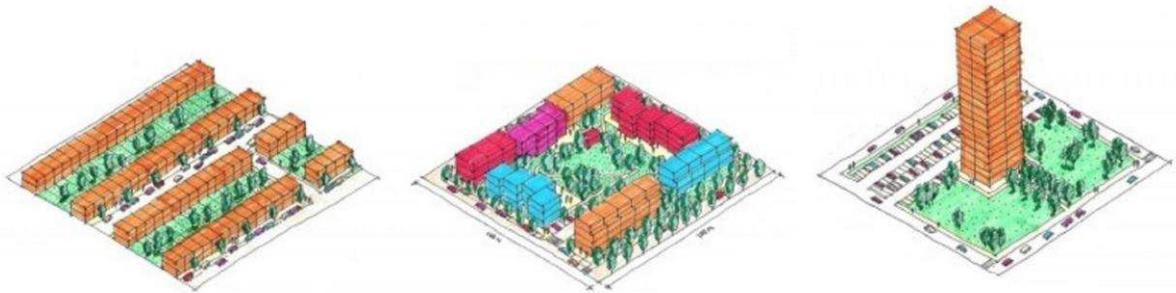
Fonte: autor, a partir de Saboya (2007)

A partir do quadro anterior, observa-se que a aplicação desses parâmetros pode gerar limitações na área total construída ainda maiores que o estabelecido pelo CA, reduzindo, na prática, este coeficiente. Por isso, esses parâmetros devem ser analisados em conjunto com o CA, para determinar a área total passível de construção no lote, ou seja, o seu CA efetivo.

²⁵ A área mínima permeável é um parâmetro que pode ser definido e interpretado de várias formas. A maioria das legislações urbanísticas apenas determina o estabelecimento de um percentual mínimo de área permeável em relação à área total do lote. Uma outra possibilidade, pouco discutida, é a simples especificação de um percentual de área de captação das águas pluviais, que contabilizaria não apenas as áreas permeáveis, mas também as áreas impermeabilizadas que captam água da chuva, como telhados, coberturas e terraços, e direcionam para infiltração em canteiros e jardins dentro do próprio lote. Assim, pode-se especificar maiores porcentagens de área do lote que infiltra água da chuva no próprio lote (que é o objetivo desse parâmetro), e/ou reduzir o percentual de área permeável do lote, permitindo uma maior taxa de ocupação, e por conseguinte, mais possibilidades de ocupação do lote.

De um modo geral, quanto maiores o gabarito e a taxa de ocupação, e menores os afastamentos (frontais, laterais e de fundo) e a área mínima permeável, menor a restrição potencial sobre o CA. No entanto, nenhum desses parâmetros define, de forma isolada, a área total construída. Por exemplo, limitar o gabarito sem limitar os demais parâmetros construtivos pode permitir a construção de edificações baixas, mas com elevadas taxas de ocupação e pouco ou nenhum afastamento, o que pode elevar a área total construída. Assim, esta pode ser configurada de diferentes formas a partir da manipulação dos parâmetros construtivos, como exemplificam Silva et al. (2016), por meio de uma simulação da urbanização de uma quadra fixando-se uma mesma área total construída, como mostra a Figura 6:

Figura 6: Diferentes configurações edilícias a partir de uma mesma área total construída



Fonte: Silva et al., 2016 (adaptado)

A imagem exemplifica como um menor gabarito pode ser compensado com uma maior taxa de ocupação e vice-versa, o que reforça a importância de analisar de forma conjunta os parâmetros.

Não existem modelos ideais de gabarito, taxas de ocupação e afastamentos; a medida desses parâmetros varia conforme o contexto urbano, o que inclui desde as questões de conforto (iluminação, ventilação, privacidade) ao ideal estético (forma edilícia almejada), aspectos que fogem do escopo dessa dissertação.

3.2.2. Instrumentos do Estatuto da Cidade indutores do adensamento urbano

I) Instrumentos que conduzem a aplicação dos parâmetros mínimos definidos no plano diretor e leis derivadas: PEUC, IPTU progressivo no tempo e Desapropriação

O controle do desenvolvimento urbano pelo planejamento ocorre primordialmente pelo estabelecimento de parâmetros urbanísticos relacionados ao uso e ocupação dos lotes. No entanto, nem sempre esses lotes adquirem um uso e/ou ocupação estipulados, sendo comum a não utilização ou subutilização do lote e/ou da edificação nele contida. Isso se torna prejudicial à cidade na medida em que gera uma subutilização dos sistemas de infraestrutura urbana. Esses sistemas possuem um elevado custo, assumido pelo poder público; dessa forma, o não uso ou subutilização do solo urbano onera indiretamente os cofres públicos. Primeiro, porque, nesse caso, não seria necessário um investimento tão significativo em infraestrutura na área em questão. Segundo, porque se os terrenos situados dentro da malha urbana fossem utilizados conforme o estipulado, haveria menos demanda por urbanização de novas áreas, e por conseguinte, menos investimentos em infraestrutura.

Assim, o não uso ou subutilização do solo urbano contribui para uma expansão urbana mais horizontal, reduzindo a densidade populacional média da cidade. Além do aumento do custo per capita dos sistemas de infraestrutura, isso gera um impacto negativo sobre os transportes, pois proporcionalmente, eleva as distâncias totais percorridas, e reduz a quantidade potencial de usuários de transporte público. Essa expansão urbana também é prejudicial do ponto de vista social e ambiental, pois normalmente ocorre na direção de áreas não servidas de infraestrutura, ou frágeis sob o ponto de vista ambiental.

Ademais, o não uso ou subutilização dos lotes e edificações no espaço urbano é paradoxal em um país com um considerável déficit de infraestrutura em muitas cidades, decorrente da não realização de todos os investimentos necessários pelo poder público, seja por falta de recursos humanos e financeiros, planejamento adequado e/ou por conta da corrupção. Um outro paradoxo é que muitos terrenos são subutilizados ou não utilizados para fins de especulação imobiliária; dessa forma, o investimento público em infraestrutura, em um país com tamanha desigualdade socioeconômica e crescente déficit fiscal, acaba por beneficiar uma pequena parcela da população, de faixas de renda maiores.

De modo a evitar essas incoerências sociais, econômicas e ambientais, o Estatuto da Cidade regulamenta três instrumentos já trazidos em 1988 pela Constituição

- o Parcelamento, edificação, ou uso compulsório (PEUC), o Imposto territorial predial urbano progressivo no tempo (IPTU progressivo no tempo), e a Desapropriação mediante pagamento em títulos (Desapropriação) - que atuam de forma conjunta e sequencial sobre imóveis cujo uso e ocupação não atingem o mínimo estabelecido pelo plano diretor, e que, portanto, não cumprem sua função social.

Segundo Brasil (2015), o princípio constitucional de que a propriedade possui uma função social implica que o exercício do direito de propriedade não é absoluto, devendo conciliar os interesses privados com os interesses da coletividade. Nesse sentido, a legislação urbanística não somente estabelece limites ao exercício do direito de propriedade, mas também determina a obrigação do proprietário em dar uma destinação ao seu imóvel conforme o interesse da coletividade estabelecido no plano diretor. Nesse sentido, o PEUC e instrumentos subsequentes

objetiva que áreas com infraestrutura urbana e previamente definidas sejam efetivamente utilizadas. Serve para fazer com que os vazios urbanos localizados em áreas com serviços públicos sejam ocupados. Trata-se de um instrumento para racionalizar o uso do espaço urbano e melhor planejar o território, utilizando a infraestrutura existente. [...] articula-se à lógica de produção de cidades socialmente mais justas e ambientalmente menos predatórias, visando a ampliar as oportunidades de acesso à terra urbanizada, otimizar a infraestrutura instalada e evitar o espraiamento das cidades em direção às áreas rurais e às ambientalmente frágeis ou de risco. Dessa forma, o instrumento contribui com o ordenamento territorial, induzindo o crescimento ou o adensamento de regiões ou setores urbanos mais adequados. (BRASIL, 2015, pg. 7)

A Constituição determina que a aplicação do PEUC e instrumentos subsequentes é facultativa. No entanto, Brasil (2015) sugere que esse termo não seja interpretado como uma mera opção do gestor, mas sim em função da necessidade de fazer a propriedade cumprir sua função social quando não o faz. Por isso, a aplicação desses instrumentos depende da definição das diretrizes, limites e obrigações para o exercício da propriedade urbana estabelecidos no plano diretor. Com base nessas orientações, deve-se apontar os ganhos para a coletividade com a definição das áreas sujeitas ao PEUC e instrumentos subsequentes.

O primeiro instrumento aplicado, o PEUC, permite ao poder público municipal notificar o proprietário de imóvel urbano considerado não edificado, subutilizado ou não utilizado, conforme as definições estabelecidas no plano diretor para a propriedade em questão, para a realização do parcelamento, a edificação ou a utilização compulsórios (PEUC) na referida propriedade, dentro de prazos e condições especificadas em lei. Para isso, o Estatuto da Cidade estabelece algumas definições (Quadro 20):

Quadro 20: Características do PEUC - parcelamento, edificação ou utilização compulsórios - estabelecidas pelo Estatuto da Cidade (2001)

Como é regulamentado no município	Por meio de lei do plano diretor, que deve estabelecer se o instrumento é aplicável no município; e, sendo aplicável, deve ser regulamentado por lei municipal específica, determinando as condições e prazos para aplicação do instrumento.
Definição de não edificação, subutilização e não utilização da propriedade urbana	Considera-se subutilizado o imóvel cujo aproveitamento seja inferior ao mínimo definido no plano diretor ou em legislação dele decorrente (art. 5º).
Delimitação das áreas e/ou tipos de imóveis onde o instrumento se aplica	O plano diretor deve estabelecer, no mínimo, a delimitação das áreas onde se aplica o PEUC, considerando a existência de infraestrutura e de demanda para utilização (art. 42).
Notificação do proprietário e prazos	O proprietário deve ser notificado pelo poder executivo municipal para o cumprimento do PEUC, devendo a notificação ser averbada no cartório de registro de imóveis. Frustrada, por três vezes, a tentativa de notificação nessa forma, a notificação pode ser feita por edital. Os prazos estabelecidos para o cumprimento da obrigação pelo proprietário são de, no mínimo, um ano a partir da notificação para protocolar o projeto no órgão municipal competente; e mínimo de dois anos a partir da aprovação do projeto, para iniciar as obras do empreendimento. Para empreendimentos de grande porte, a lei municipal específica poderá prever, em caráter excepcional, a conclusão das obras em etapas, assegurando-se que o projeto aprovado compreenda o empreendimento como um todo. A transmissão do imóvel, por ato inter vivos ou causa mortis, posterior à data da notificação, transfere as obrigações do PEUC sem interrupção de quaisquer prazos.

Fonte: autor, com base no Estatuto da Cidade (2001)

A partir do quadro, observa-se que o Estatuto não traz todas as definições necessárias para a aplicação do instrumento. Por exemplo, não são estabelecidos critérios para definir o que consiste na não edificação, subutilização e não utilização da propriedade urbana, bem como para a delimitação das áreas e/ou tipos de imóveis onde o instrumento se aplica, deixando essas definições a cargo do plano diretor ou legislação dele decorrente.

No intuito de complementar lacunas na regulamentação desse instrumento, de modo a fornecer subsídios para gestores e técnicos municipais, bem como cidadãos em geral, o Senado Federal, em publicação sobre como implementar o Estatuto da Cidade (2002), e o então Ministério das Cidades, em uma publicação sobre a regulamentação do PEUC e IPTU progressivo no tempo (2015) explicitam aspectos implícitos no Estatuto, e apresentam sugestões de critérios para a regulamentação e implementação dos instrumentos não abordados no Estatuto.

Segundo Brasil (2002), a definição da não edificação, subutilização e não utilização da propriedade urbana pode variar de acordo com o tipo de imóvel, e a zona onde está inserido, conforme as estratégias de uso e ocupação do solo. Assim, pode-se considerar que o impacto do não uso ou subutilização da propriedade urbana é mais prejudicial em áreas mais centrais, onde a estrutura urbana é mais consolidada, do que

em áreas mais periféricas, que se encontram em processo de consolidação urbana, que naturalmente leva um certo tempo para ocorrer.

Segundo Brasil (2015), o estabelecimento das áreas onde incide o PEUC deve levar em consideração a capacidade de absorção do mercado imobiliário local, de modo que a efetividade do instrumento não se veja comprometida por uma oferta imobiliária excessiva. Também deve-se considerar que a ampliação da oferta pode favorecer o controle de preços imobiliários, contribuindo para a viabilização de produtos como a habitação social.

A legislação deve definir ainda o tipo de uso ou atividade licenciada para a edificação, e especificar um percentual para definir a subutilização. Caso isso não seja definido, entende-se que toda a edificação deve estar não utilizada, ou seja, $CA = 0$, para que o instrumento possa ser aplicado. Podem ainda ser considerados subutilizados terrenos sem qualquer utilização; terrenos grandes com edificações pequenas; edifícios de apartamentos vazios; galpões abandonados; plantas industriais desativadas; ou unidades residenciais localizadas em condomínio porventura não utilizadas.

Segundo Brasil (2015), há casos em que o imóvel caracteriza-se como não edificado ou subutilizado, e ainda assim, está cumprindo sua função social, e portanto, são passíveis de isenção de aplicação do PEUC, tais como:

- não edificados, mas ambientalmente protegidos, como as Áreas de Proteção Permanentes (APP), ou aqueles que exerçam função ambiental relevante, mesmo que não sejam ambientalmente protegidos e, ainda, os que apresentem restrições ambientais em função de aspectos como a natureza do solo, a declividade ou outros;
- subutilizados, mas de interesse do patrimônio cultural, ainda que não tenham sido objeto de tombamento;
- cuja configuração geométrica inviabilize a construção;
- que contenham faixas não edificáveis, tais como dutos, linhas de transmissão, faixas de domínio etc., desde que essas limitações comprometam completamente o aproveitamento do imóvel;
- nos quais se realize atividade econômica que prescindida de edificação, como estacionamentos, depósitos a céu aberto, pátios industriais etc.

Brasil (2015) alerta para possíveis aplicações incoerentes do instrumento, como por exemplo, promover a ocupação de áreas de expansão, enquanto ainda existem vazios urbanos e/ou imóveis subutilizados ou sem uso nas áreas de urbanização consolidada (sobretudo nas áreas centrais). Segundo Brasil (2015), o instrumento deve

ser aplicado preferencialmente em casos mais graves de não cumprimento da função social da propriedade, tais como:

- em áreas centrais, onde haja imóveis sem utilização, o que é comum atualmente nas grandes cidades;
- em Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) de vazios (reservadas para produção habitacional);
- em áreas onde se queira estimular processos de renovação urbana, como antigas áreas industriais abandonadas;
- ou em áreas próximas a eixos de transporte coletivo, que favorecem a mobilidade urbana, e que podem ser adensadas.

Brasil (2015) acrescenta ainda que a lei municipal que regulamenta o instrumento deve definir diversos aspectos regulatórios²⁶.

Em caso de descumprimento das condições e dos prazos para a realização do PEUC pelo proprietário de imóvel notificado para tal, o imóvel fica sujeito à aplicação do instrumento seguinte – o IPTU progressivo no tempo.

O IPTU progressivo no tempo consiste na majoração do imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana (IPTU), de forma progressiva no tempo, pelo prazo de cinco anos consecutivos, como forma de penalidade para que o proprietário realize o PEUC. O Estatuto da Cidade estabelece que o aumento da alíquota deve ser fixado em lei específica, devendo ser anual, sem exceder em duas vezes o valor referente ao ano anterior, respeitada a alíquota máxima de 15% em relação ao valor venal do imóvel, sendo vedada a concessão de isenções ou de anistia. Caso o PEUC não seja realizado após a aplicação do IPTU progressivo no tempo por cinco anos, o Município deve manter a cobrança pela alíquota máxima, até que se cumpra a referida obrigação.

Esgotado o prazo de 5 anos de aplicação do IPTU progressivo no tempo sem que o proprietário tenha cumprido a obrigação de realizar o PEUC conforme o mínimo que o plano diretor estabelece para o lote em questão, o município pode proceder à desapropriação do imóvel, com pagamento em títulos da dívida pública.

²⁶ Segundo Brasil (2015), os aspectos regulatórios são de suma importância, pois possuem o potencial de eliminar ambiguidades, incoerências e burocracia desnecessárias, bem como arbítrios e excessos prejudiciais à efetivação do instrumento, por isso, sugere que sejam definidas: as competências dos diversos órgãos municipais no processo de aplicação do instrumento (arranjo institucional); os prazos para a apresentação do projeto, do início da execução do projeto e da conclusão das obras (devem ser contados a partir da data da notificação feita pelo poder público ao proprietário); os procedimentos de notificação dos imóveis; os critérios para avaliação de pedidos de impugnação da notificação; os procedimentos para averbação; o escalonamento das notificações (pode-se traçar estratégias para a eleição dos setores ou tipos de imóveis que devem ser priorizados e, assim, definir a distribuição das notificações no espaço e no tempo); e a forma como se dará o monitoramento da aplicação do instrumento.

De acordo com a Constituição, a emissão de títulos da dívida pública por parte dos municípios deverá ser previamente aprovada pelo Senado Federal. Contudo, segundo o então Ministério das Cidades (2015), há mais de 20 anos essa autorização não tem sido possível, em função de uma proibição da emissão de títulos pelo Senado Federal²⁷. Portanto, a aplicação da desapropriação com pagamento em títulos da dívida pública é impedida do ponto de vista legal. Nesse caso, a única alternativa do município é manter a cobrança da alíquota máxima do IPTU progressivo no tempo até que se cumpra a obrigação do PEUC para o lote.

A implantação do PEUC e instrumentos subsequentes é complexa porque, segundo Brasil (2015), exigem a montagem de um sistema de cadastro dos imóveis urbanos, que seja permanentemente atualizado, a cada nova autorização de ocupação, possibilitando o monitoramento dos imóveis vazios e de sua ocupação, além de uma planta genérica de valores imobiliários, a partir da qual se possa aplicar o IPTU progressivo no tempo. Brasil (2015) também ressalta que é importante que as leis específicas do PEUC e do IPTU progressivo no tempo estejam em harmonia com o Código Tributário Municipal para evitar qualquer questionamento sobre a legalidade do instrumento.

Segundo Brasil (2015), o PEUC é praticamente ainda inexplorado pela grande maioria dos municípios brasileiros, havendo poucos registros de experiências relacionadas à sua aplicação²⁸. Por conseguinte, presume-se que os instrumentos subsequentes ao PEUC - IPTU progressivo no tempo e Desapropriação - também pouco são aplicados.

²⁷ Segundo o então Ministério das Cidades (2015), "a Emenda Constitucional nº 3, de 17 de março de 1993, estabeleceu que, até 31 de dezembro de 1999, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios somente poderiam emitir títulos da dívida pública no montante necessário ao refinanciamento do principal, devidamente atualizado de suas obrigações, representadas por essa espécie de títulos (Art. 5º). No âmbito do Senado Federal, a matéria foi regulada pelas Resoluções do Senado Federal nº 69, de 14 de dezembro de 1995 (revogada), 78, de 1º de julho de 1998 (revogada) e 43, de 21 de dezembro de 2001 (em vigor), nas quais a proibição de emissão dos títulos foi sendo mantida."

²⁸ Segundo o então Ministério das Cidades (2015), levantamentos realizados pelo Ministério da Justiça indicam que até o início do ano de 2014, apenas oito municípios brasileiros com mais de 100 mil habitantes aplicaram ou estavam aplicando o PEUC. Ainda segundo o Ministério, as iniciativas de aplicação do PEUC são bastante recentes, de modo que o tempo de maturação da experiência da aplicação é insuficiente para uma avaliação de resultados. Ademais, o número muito reduzido de estudos acadêmicos dedicados à matéria dificulta a avaliação e a produção de recomendações quanto à utilização do instrumento.

II) Instrumentos do Estatuto da Cidade que permitem uma ocupação do solo acima do mínimo que o plano diretor permite: Outorga Onerosa do Direito de Construir e Transferência do Direito de Construir

O desenvolvimento urbano provoca, de forma natural, a elevação dos preços dos imóveis, conforme a localização, a infraestrutura disponível, e, principalmente, a quantidade de potencial de edificação do lote. Sem um controle do uso e ocupação do solo urbano, esse processo de especulação imobiliária pode gerar diferenças significativas entre os valores dos terrenos, inviabilizando a compra e aluguel de muitos imóveis para uma grande parcela da população, além de gerar um adensamento construtivo que impacta a cidade, sem um pagamento proporcional para a criação e manutenção da infraestrutura necessária. Esse processo também gera uma grande pressão para a demolição de imóveis de interesse patrimonial com baixo aproveitamento do lote, o que dificulta sua preservação.

Para enfrentar esse impasse, o Estatuto da Cidade desvincula o direito de propriedade (garantido na Constituição) do direito de construir nesse terreno, a partir da instituição do chamado **direito de superfície** - o direito de utilizar o solo, o subsolo ou o espaço aéreo relativo ao terreno, atendida a legislação urbanística - que pode ser concedido a terceiros, de forma gratuita ou onerosa, por tempo determinado ou indeterminado, mediante escritura pública registrada em cartório de registro de imóveis. Desta forma, reconhece-se que o direito de construir tem um valor em si mesmo, independentemente do valor da propriedade, podendo agregar ou subtrair valor a esta.

A partir dessa noção, o plano diretor pode estabelecer um CA básico, que representa o mínimo de direito de superfície que pode ser exercido em cada lote. Acima disso, cada acréscimo de CA, até chegar ao CA máximo (que não pode ser excedido em qualquer hipótese), só pode ser adquirido por meio de contrapartidas prestadas ao poder público. Para regulamentar esses acréscimos de CA acima do básico, o Estatuto da Cidade institui dois instrumentos: a **outorga onerosa do direito de construir (OODIR)**, que permite esse aumento mediante contrapartida a ser prestada pelo beneficiário, e a **transferência do direito de construir (TDC)**, que permite o aumento da CA a partir da transferência do potencial construtivo existente em outro terreno que não possa exercê-lo. Dessa forma, esses instrumentos permitem uma ocupação do solo acima do mínimo que o plano diretor permite, o que favorece o adensamento urbano.

A aplicação de ambos os instrumentos depende da fixação de um CA básico e máximo, que podem ser únicos para toda a zona urbana ou diferenciados para áreas específicas. Segundo o Estatuto, a definição dos limites máximos a serem atingidos pelos coeficientes de aproveitamento deve considerar a proporcionalidade entre a

infraestrutura existente e o aumento de densidade esperado em cada área. A partir da definição dos CAs básico e máximo, o plano diretor poderá fixar áreas nas quais o direito de construir poderá ser exercido acima do CA básico, mediante contrapartida a ser prestada pelo beneficiário.

Ainda segundo o Estatuto, devem ser definidas, por lei municipal específica, as condições a serem observadas para a OODIR, determinando a fórmula de cálculo para a cobrança; os casos passíveis de isenção do pagamento da outorga; e a contrapartida do beneficiário. Os recursos arrecadados com a aplicação da outorga podem ser utilizados para as finalidades de regularização fundiária; execução de programas e projetos habitacionais de interesse social; constituição de reserva fundiária; ordenamento e direcionamento da expansão urbana; implantação de equipamentos urbanos e comunitários; criação de espaços públicos de lazer e áreas verdes; criação de unidades de conservação ou proteção de outras áreas de interesse ambiental; e para proteção de áreas de interesse histórico, cultural ou paisagístico.

Segundo Brasil (2002), o CA básico deve ser estabelecido de forma a acomodar a maior parte da produção das edificações da cidade, variando, portanto, de cidade para cidade; Kallas (2015) defende que esse valor normalmente gira em torno de 1. De forma alternativa ao estabelecimento de um CA básico, pode-se estabelecer uma densidade básica (expressa em habitantes por hectare ou por metro quadrado), a partir da qual a OODIR se aplicaria. Quanto às áreas de aplicação da OODIR, Brasil (2002) pontua que

em áreas onde há intenção expressa no Plano Diretor de estimular a produção de determinados usos, como, por exemplo, as habitações de interesse social, ou equipamentos culturais ou de saúde para áreas onde há carência destes espaços ou equipamentos, poderá se prever, no próprio Plano e em lei municipal específica, a isenção do pagamento do solo criado. O mesmo pode se estabelecer para incentivar a instalação de usos não residenciais em regiões dormitório, com a intenção de diminuir a necessidade de deslocamentos na cidade. Embora esta regulamentação, segundo o Estatuto, possa ser feita por lei específica, é importante fixar no próprio Plano os critérios de estabelecimento destas isenções, já que é a política urbana que define as razões de isentar determinadas atividades ou formas de construir do pagamento do solo criado. (BRASIL, 2002; pg. 71)

Ainda segundo Brasil (2002), as contrapartidas podem se dar

sob a forma de obras, terrenos ou recursos monetários. Para que a transferência do potencial adicional ocorra, são estabelecidos “estoques de área adicional”

(quantidades totais de metros quadrados a serem vendidos), diferenciados, por regiões da cidade e por usos, de acordo com a intenção de ocupação refletida na política urbana – grandes estoques para zonas onde se pretende intensificar o uso e ocupação e estoques reduzidos em zonas onde a intenção é inversa. Alternativamente aos estoques, podem ser estabelecidos coeficientes ou densidades máximas, também por regiões. (BRASIL, 2002, pg. 70)

Brasil (2015) alerta que a geração de recursos para investimentos municipais não deveria ser encarada como objetivo principal da OODIR, uma vez que o instrumento poderia ser aplicado excessivamente para a flexibilização do uso e ocupação do solo, podendo ocasionar um adensamento excessivo, incompatível com a estrutura urbana. Outra possível desvantagem da aplicação do instrumento, apontada por Brasil (2002) e Kallas (2015) é que a cobrança da outorga pode levar ao encarecimento dos produtos imobiliários, o que mitiga o acesso à compra e aluguel por fatias amplas da população. O valor da outorga pode ainda impactar o próprio desenvolvimento da construção civil, que assim como muitas atividades empresariais, tende a retrair com uma menor margem de lucro. Kallas (2015) pontua ainda que o aumento do potencial construtivo pode ser desinteressante quando há um excesso de burocracia para a efetivação da outorga.

Observando os potenciais e limites da OODIR, Kallas (2015) defende que o instrumento, quando bem planejado e implementado, pode ser uma excelente ferramenta de controle do uso e da ocupação do solo, promovendo a indução do adensamento das cidades, e o cumprimento da função social da propriedade, distribuindo os benefícios e ônus do processo de urbanização.

A outra modalidade de aumento do potencial de construção acima do CA básico é se dá por meio da **Transferência do Direito de Construir (TDC)**, instrumento do Estatuto da Cidade que permite autorizar o proprietário de imóvel urbano, privado ou público, a exercer em outro local, ou alienar, mediante escritura pública, o direito de construir previsto no plano diretor ou em legislação urbanística dele decorrente, quando o referido imóvel for considerado necessário para fins de implantação de equipamentos urbanos e comunitários; preservação, quando o imóvel for considerado de interesse histórico, ambiental, paisagístico, social ou cultural; ou servir a programas de regularização fundiária, urbanização de áreas ocupadas por população de baixa renda e habitação de interesse social. O Estatuto estabelece ainda que a TDC também poderá ser concedida ao proprietário que doar ao Poder Público seu imóvel, ou parte dele, para os fins mencionados. Para isso, o instrumento deve ser regulamentado por meio de lei

municipal, baseada no plano diretor, estabelecendo as condições relativas à aplicação da transferência do direito de construir.

Segundo Brasil (2002), o objetivo da TDC é a preservação de imóveis ou áreas de importante valor histórico ou ambiental. Esse instrumento também serve como alternativa à desapropriação, que é mais burocrática, lenta e custosa tanto para o proprietário quanto para o poder público.

Embora o Estatuto da Cidade não traga de forma explícita a aplicação da TDC, esta, assim como a OODIR, depende primariamente do estabelecimento dos CAs básico e máximo para cada porção do espaço urbano. A partir daí, devem ser definidas as áreas emissoras e receptoras da TDC, isto é, as áreas cujos lotes podem emitir ou alienar a transferência de potencial construtivo, e as áreas que podem receber esse aumento de potencial, que, assim como a OODIR, deve observar a capacidade da infraestrutura e as estratégias de ocupação do território. Quanto às condições de transferência, Brasil (2002), defende que a lei que regulamenta o instrumento deve definir, de forma clara, as condições de transferência. Nesse sentido, Brasil (2002) pontua alguns aspectos que devem ser observados na regulamentação e aplicação da TDC:

- o poder público já deve ter uma listagem ou cadastro dos imóveis com potencial para aplicação do instrumento;
- a TDC de um imóvel só é possível se o CA real desse imóvel situa-se entre o CA básico e o CA máximo estabelecido para o lote em questão. Dessa forma, se o CA real atinge o limite ou mesmo supera o potencial permitido pela legislação, não existe potencial a ser transferido; da mesma forma, um imóvel só pode receber a TDC se o CA real desse imóvel situa-se entre o CA básico e o CA máximo estabelecido para o lote em questão;
- os critérios de transferência podem levar em consideração o valor dos imóveis – tanto o que origina quanto o que recebe a área adicional. Por exemplo, um imóvel a ser preservado, de 100.000 m² de área de terreno, com coeficiente de aproveitamento de 0,1, poderia hipoteticamente edificar 10.000 m². Entretanto, possui área edificada de apenas 100 m², podendo transferir o saldo de 9.900 m². Essa transferência não poderia ser integral para outro imóvel passível de receber potencial adicional, mas deveria ser balizada pelo valor de mercado dos imóveis. Assim se esses 9.900 m² valem na área preservada US\$10,00/m², num total de US\$99.000,00, ao serem transferidos para uma área de valor US\$

100/m², acabariam por se reduzir a 990 m² de área transferível. Trata-se de transferência entre proprietários privados, entretanto é fundamental a mediação da prefeitura para poder registrar em cadastro a perda do potencial do imóvel que realizou a transferência e o aumento do potencial do imóvel receptor;

- a aplicação da TDC pode-se dar de forma conjunta a planos de preservação ou de regularização, que podem estabelecer como condicionante para a emissão da TDC que a destinação do imóvel emissor seja cumprida conforme os planos, além da criação de mecanismos legais e institucionais para promover um acompanhamento e monitoramento destes imóveis;
- os custos de manutenção de imóveis tombados podem ultrapassar as “perdas” impostas pelo impedimento da plena utilização do potencial construtivo atribuído pela legislação vigente;
- quando o imóvel o qual se deseja emitir a TDC é de interesse patrimonial e encontra-se degradado, pode-se exigir que o proprietário faça a devida restauração do imóvel como condição para emissão da TDC;
- quando ambas - TDC e OODIR - se aplicam, o mercado prefere a OODIR, que possibilita mudanças de uso e não apenas potencial construtivo. Além disso, a concorrência se torna mais desleal quando se considerar que, no caso da OODIR, vende-se o potencial declaradamente abaixo da sua avaliação no mercado imobiliário, para atrair os empreendedores. Uma estratégia proposta para enfrentar essa questão seria a promoção de uma associação entre os dois instrumentos, introduzindo a preservação como uma das destinações da contrapartida da OODIR.

PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE

Este capítulo traz os procedimentos que serão adotados para se analisar, em Teresina, PI, como os dispositivos legais de uso e ocupação do solo vigentes em sua legislação estão configurados para viabilizar uma densidade de acordo com os parâmetros levantados para a promoção da mobilidade por transporte público.

4.1. PANORAMA CONCEITUAL E OBJETIVO DA ANÁLISE

O referencial teórico da pesquisa aponta que a mobilidade por transporte público depende da qualidade dos sistemas de transporte, e da disposição dos potenciais usuários em relação a esse sistema. A qualidade do sistema é condicionada pela infraestrutura e aspectos operacionais; a análise desses fatores mostra que há uma maior eficiência operacional e rentabilidade quando se opera com o uso de veículos de maior capacidade em espaços exclusivos para a sua circulação, que concentram a oferta de transporte em determinados eixos, com paradas para embarque em nível, bilhetagem prévia ao embarque, entre outros aspectos operacionais que viabilizam uma maior capacidade de transporte. Dessa forma, a área de abrangência desses eixos constitui as áreas com maior oferta de transporte e, portanto, maior mobilidade por transporte público.

Nesse sentido, a estrutura urbana potencializa a mobilidade por transporte público quando promove uma maior concentração de pessoas e atividades nas áreas de abrangência dos corredores de transporte público de média e alta capacidade em relação às demais porções do espaço urbano, de modo que haja uma disposição de potenciais usuários mais favorável ao uso do sistema. Essa concentração é influenciada por diversos fatores, e destes, os fatores controláveis pelo planejamento urbano são dispositivos legais de controle do uso e ocupação do solo, que condicionam a quantidade de área construída por lote, o que, por sua vez, condiciona a densidade populacional e de atividades. Dessa forma, esses dispositivos possuem o potencial de contribuir para a mobilidade por transporte público na medida em que direcionam o adensamento construtivo para as áreas de abrangência dos corredores de transporte público.

A partir desse panorama conceitual, o objetivo da análise é compreender como a densidade populacional se configura na zona urbana de Teresina, Piauí, em relação

à área de abrangência dos corredores de transporte público de média/alta capacidade, e como os dispositivos legais de uso e ocupação do solo vigentes em seu plano diretor se configuram para viabilizar uma densidade de acordo com os parâmetros levantados para a promoção da mobilidade por transporte público. Para isso, foram definidas 3 etapas de análise:



Para cada etapa, foram estabelecidos procedimentos, justificativa, critérios para tomada de decisão, parâmetros a serem analisados, os instrumentos de análise a serem elaborados, bem como as ferramentas e fontes a serem utilizadas.

4.2. ETAPAS DE ANÁLISE: PROCEDIMENTOS, CRITÉRIOS, FERRAMENTAS DE ANÁLISE E FONTES

Etapa I: Caracterização do estudo de caso

A caracterização do estudo de caso, a cidade de Teresina, Piauí, visa contextualizar a sua dinâmica urbana, incluindo aspectos geográficos, metropolitanos, socioeconômicos, da estrutura urbana em geral, do planejamento de uso e ocupação do solo e da mobilidade. Além de introduzir a realidade do objeto de estudo, o objetivo dessa análise fornecer subsídios para definir os corredores de transporte público que serão considerados na análise.

A contextualização metropolitana busca compreender se o município alvo possui uma dinâmica própria em termos de uso e ocupação do solo e mobilidade. Para isso, investigou-se o tamanho e população das manchas urbanas, as distâncias entre manchas e processos de conurbação; bem como a dinâmica de transporte

intermunicipal, e se o sistema de transporte público no município alvo é influenciado por outras cidades.

Para a contextualização dos transportes e trânsito na área analisada, serão abordados os modais de transporte público de média e/ou alta capacidade disponíveis, percentuais na matriz de deslocamentos, aspectos operacionais e de infraestrutura (modelo de operação, área de abrangência, principais eixos, modelo de integração, quantidade de viagens e usuários, capacidade atual e futura, principais problemas), e definições do plano diretor, trazendo objetivos, diretrizes, e eventuais projetos de criação de corredores de transporte. No caso de Teresina, a maior parte desses dados estão contidos do Plano Diretor de Transportes de Mobilidade Urbana de Teresina (PDTMUT), de 2008, o último elaborado até o momento, por isso, será explorado na análise.

A partir desse contexto, serão selecionados os corredores de transporte público considerados na análise, que devem:

- Ser eixos onde opera pelo menos um modal de transporte público que possui características de infraestrutura e operacionais que permitam uma maior capacidade de transporte de passageiros em relação aos sistemas convencionais, como a existência de faixas preferenciais e/ou exclusivas, ou onde há previsão, no plano diretor, para a instalação de corredores desse tipo;
- Se situar nos principais eixos viários do espaço urbano analisado, onde há maior dimensão de caixa viária e maiores fluxos de viagens;

Etapa 2: Análise da densidade populacional em relação à área de abrangência dos corredores de transporte público analisados

O objetivo desta etapa é investigar como a distribuição da população favorece ou não o uso do modal de transporte público selecionado, a partir dos parâmetros encontrados na bibliografia analisada, conferindo subsídios para a análise da legislação quanto à adequação das estratégias de adensamento.

Para essa análise, será elaborado um mapa da zona urbana selecionada, sobrepondo os corredores de transporte públicos selecionados, e suas respectivas áreas de abrangência (buffer), sobre a representação da densidade populacional.

Esse mapa será montado com o auxílio do software de geoprocessamento²⁹ Quantum Geographic Information System (QGIS), versão 3.14 Madeira (versão estável).

²⁹ Segundo Câmara et al., (1996), o geoprocessamento é um conjunto de técnicas matemáticas e computacionais que permitem realizar para o tratamento (obtenção e geração) da informação geográfica por meio de ferramentas

Esse software é compatível com o formato dos arquivos nos quais a base cartográfica do país está modelada, o shapefile, utilizado pelos principais softwares de geoprocessamento. Essa base contém a representação do território brasileiro em setores censitários, a menor unidade territorial de representação que dispõe de dados populacionais. Nela, os setores estão agrupados por unidade federativa, onde cada um é vinculado a uma tabela de atributos que contém, entre outros dados, a especificação do município ao qual pertence, de modo que é possível localizar municípios específicos, e por conseguinte, criar arquivos a partir de uma seleção qualquer. O datum³⁰ de representação desses arquivos é o adotado pelo sistema geodésico brasileiro, o SIRGAS 2000. A base mais recente foi elaborada a partir dos dados levantados pelo censo demográfico de 2010.

A partir do arquivo shapefile do estado do Piauí, contendo os dados do censo demográfico de 2010, selecionou-se os setores censitários pertencentes à zona urbana de Teresina. Como na tabela de atributos não se especifica se um setor censitário pertence ao espaço urbano ou rural, criou-se um shapefile a partir da seleção dos setores censitários pertencentes à zona urbana de Teresina que são enquadrados dentro do perímetro da zona urbana, conforme a delimitação contida no mapa da lei de zoneamento, atualizado em 2015.

A partir desse arquivo, fez-se o cálculo dos valores de densidade populacional, a partir da edição da tabela de atributos, com a criação de colunas de área em metros quadrados; área em hectares, a partir da divisão dos valores de área em m² por 10000; e por fim, de densidade populacional, a partir da divisão dos valores da coluna 'população' pela coluna 'área em hectares'. Para a classificação dos intervalos, utilizou-se como referência os valores de densidade populacional adotados como referência são os defendidos por Taylor (2008), que aponta que deve haver uma média mínima na zona urbana de 100 hab/ha, e de 200 hab/ha no entorno dos corredores de transporte público de média e alta capacidade. Essa faixa de valores é compatível com os valores apontados por Silva (1990) em seus estudos relacionando rentabilidade do transporte e densidade populacional. Assim, o resultado foi representado com um mapa temático,

computacionais - os sistemas de informação geográfica (SIG). Os SIG permitem a elaboração de mapas em ambiente computacional, vinculando informações geográficas a um banco de dados, que permite um armazenamento e processamento de dados de forma mais organizada e dinâmica. Além disso, o ambiente computacional permite uma representação mais precisa do planeta, levando em consideração as suas anomalias e particularidades morfológicas, o que garante uma maior acurácia na representação dos dados, e, por conseguinte, do seu processamento.

³⁰ Datum, do latim dado, é um modelo matemático (geométrico) de representação da Terra, ao qual são vinculados os elementos geométricos (pontos, linhas, polígonos) que representam os objetos geográficos. A superfície do planeta é bastante irregular, por isso, diferentes *data* (plural de datum) foram desenvolvidos para representar com mais precisão determinadas partes do planeta. Em uma escala macro, representações utilizando diferentes *data* geram diferenças imperceptíveis, matematicamente irrelevantes; já em uma escala mais precisa, representações utilizando diferentes *data* podem gerar diferenças de metros, o que pode comprometer a leitura espacial, e gerar significativas inconsistências na representação e processamento dos dados. Por isso, o datum constitui uma configuração essencial para a representação digital de mapas em softwares de geoprocessamento.

em cores graduadas em 4 categorias: (0-50)-muito baixo; (50-100)-baixo; (100-200)-ideal para a média da zona urbana; e (200-máx.)-ideal para os corredores de transporte público de massas.

Sobre essa representação, serão delimitados os corredores de transporte público considerados na análise. A delimitação da área de abrangência (buffer) deve observar a capacidade do modal e a distribuição dos pontos de parada ao longo dos eixos onde se realiza o transporte.

A partir do mapa, deve-se analisar os valores de densidade populacional dentro e fora do buffer dos corredores de transporte público, em relação aos valores de densidade populacional adotados como referência, apontando se há uma hierarquia em relação à esses eixos; se há divergências, e as áreas que concentram as maiores discrepâncias entre os valores da realidade e os valores estabelecidos como parâmetro.

Etapa III: Análise da regulamentação dos dispositivos legais de uso e ocupação do solo em um recorte espacial da cidade

A análise dos parâmetros construtivos e instrumentos de uso e ocupação do solo em toda a zona urbana é demasiadamente extensa. Para viabilizar esta pesquisa, optou-se pela seleção de um recorte espacial da zona urbana. Para isso, definiu-se alguns critérios que assegurem que a área selecionada possua características básicas que representem o problema abordado. A área deve conter um ou mais corredores de transporte público, abarcando tanto a área de abrangência do(s) corredor(es) de transporte público quanto as áreas fora dessa área de abrangência, de modo a permitir analisar se há diferenças entre as áreas abrangidas e não abrangidas pelo corredor de transporte, em relação à distribuição da população residente, e aos parâmetros e instrumentos de uso e ocupação do solo influentes sobre a densidade. Essa área também deve apresentar predominância de área urbanizada ou urbanizável, com o mínimo de áreas de preservação ambiental, onde a infraestrutura urbana permita o adensamento construtivo.

Pode constituir ainda como critério para seleção da área a densidade populacional existente em relação aos corredores de transporte público, levantada na etapa anterior. Pode-se analisar, preferencialmente, as áreas que apresentem valores mais baixos de densidade populacional, com a maior discrepância em relação aos valores estabelecidos como parâmetros, de modo que necessidade de adensamento seria maior, e por conseguinte, uma maior potencialidade para aplicação dos parâmetros e instrumentos analisados.

A partir da seleção de um recorte espacial, serão analisados os parâmetros construtivos e instrumentos do Estatuto da Cidade influentes sobre a densidade. Para isso, foram definidos parâmetros qualitativos e quantitativos a partir da compilação dos conceitos e valores trazidos na fundamentação teórica.

Para a análise do CA resultante (aplicação conjunta do CA, gabarito, taxa de ocupação e área mínima permeável), espera-se uma diferença de pelo menos o dobro entre os CAs da área de abrangência dos corredores de transporte, e as áreas fora dessa área, conforme o estabelecido no plano diretor de São Paulo e em Curitiba. Os CAs mais altos devem ser acima de 4, e os mais baixos, entre 1 e 2.

Dos instrumentos do Estatuto da Cidade, serão analisados o PEUC, IPTU progressivo no tempo, OODIR e TDC. Embora a 'Desapropriação com pagamento em títulos' seja um instrumento do Estatuto da Cidade que atua em conjunto com o PEUC e IPTU progressivo no tempo, e que, portanto, possui influência sobre o adensamento, ele não será analisado, pois conforme mostrado na análise do instrumento, não é legalmente aplicável.

Para o PEUC, espera-se que não seja aplicado em toda a zona urbana, mas sim nas áreas mais centrais, e nas áreas de abrangência dos corredores de transporte público. No entorno dos corredores, espera-se um CA mínimo de 0,7, conforme o plano diretor de São Paulo. Para o IPTU progressivo no tempo, espera-se que o instrumento deve ser aplicado sobre as áreas onde se aplica o PEUC.

Para a OODIR, espera-se que ela estabeleça para toda a zona urbana um CA básico, em conjunto com a permissão da OODIR apenas para áreas centrais e áreas de abrangência dos corredores de transporte público, onde o CA máximo deve ser, de no mínimo, 3. Para a TDC, espera-se que as áreas receptoras da transferência de potencial correspondam preferencialmente às áreas de abrangência dos corredores de transporte público analisados.

Quanto à fonte dos dados, os parâmetros construtivos serão analisados por meio da lei do plano diretor vigente no município analisado e leis municipais derivadas, como zoneamento e código de obras. Os instrumentos do Estatuto da Cidade serão analisados a partir da lei do plano diretor, leis municipais específicas e decretos municipais que regulam os instrumentos e aspectos relacionados ao uso e ocupação do solo em geral.

ESTUDO DE CASO: TERESINA-PI

Este capítulo trata da análise do estudo de caso, desenvolvida de acordo com os procedimentos descritos.

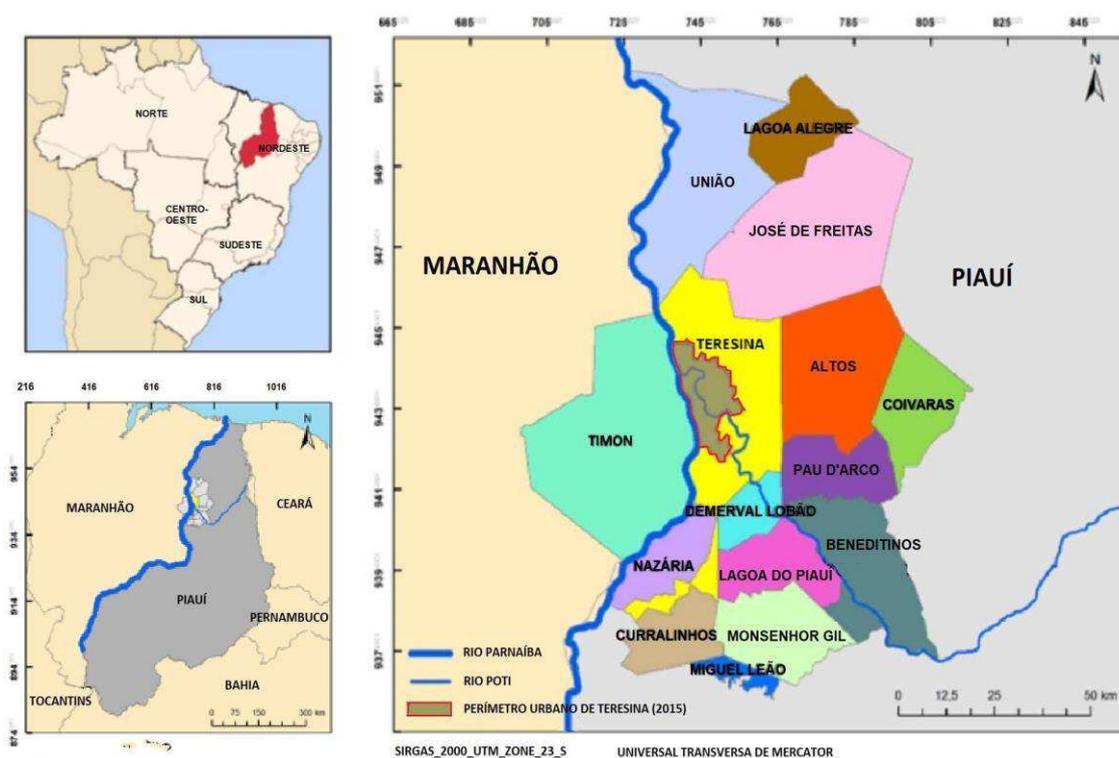
5.1. Caracterização de Teresina

Contexto geral

Teresina é a capital e município mais populoso do estado do Piauí, com cerca de 860 mil habitantes (IBGE, 2018) - 26% da população do estado (3,2 milhões de habitantes), mas concentra 45% do PIB estadual (IBGE, 2010). Localizada no centro norte do estado, a 300 km da costa, é a única capital nordestina não litorânea. Sua mancha urbana situa-se na região de confluência dos rios Parnaíba (que faz a divisa com o estado do Maranhão) e Poti, os dois maiores rios do estado. A cidade constitui o polo da RIDE³¹ Grande Teresina (Figura 7), instituída em função da polarização exercida por Teresina sobre outros municípios do estado do Piauí, e sobre Timon, no estado do Maranhão, com uma população total de 1,2 milhão de habitantes, de acordo com estimativas do IBGE para 2018.

³¹ Região Administrativa Integrada de Desenvolvimento Econômico (RIDE) é um tipo de aglomeração urbana análoga à região metropolitana, em que os municípios componentes situam-se em mais de uma unidade da federação. Essa modalidade de aglomeração urbana foi instituída pela Constituição Federal de 1988, mas apenas em 2001 foram criadas as 3 únicas RIDEs existentes no país: RIDE do Distrito Federal e entorno; a RIDE Grande Teresina; e a RIDE do Polo de Petrolina e Juazeiro.

Figura 7: Contexto geográfico de Teresina: RIDE, município e perímetro urbano



Fonte: Lima et al., 2017 (adaptado pelo autor, 2018).

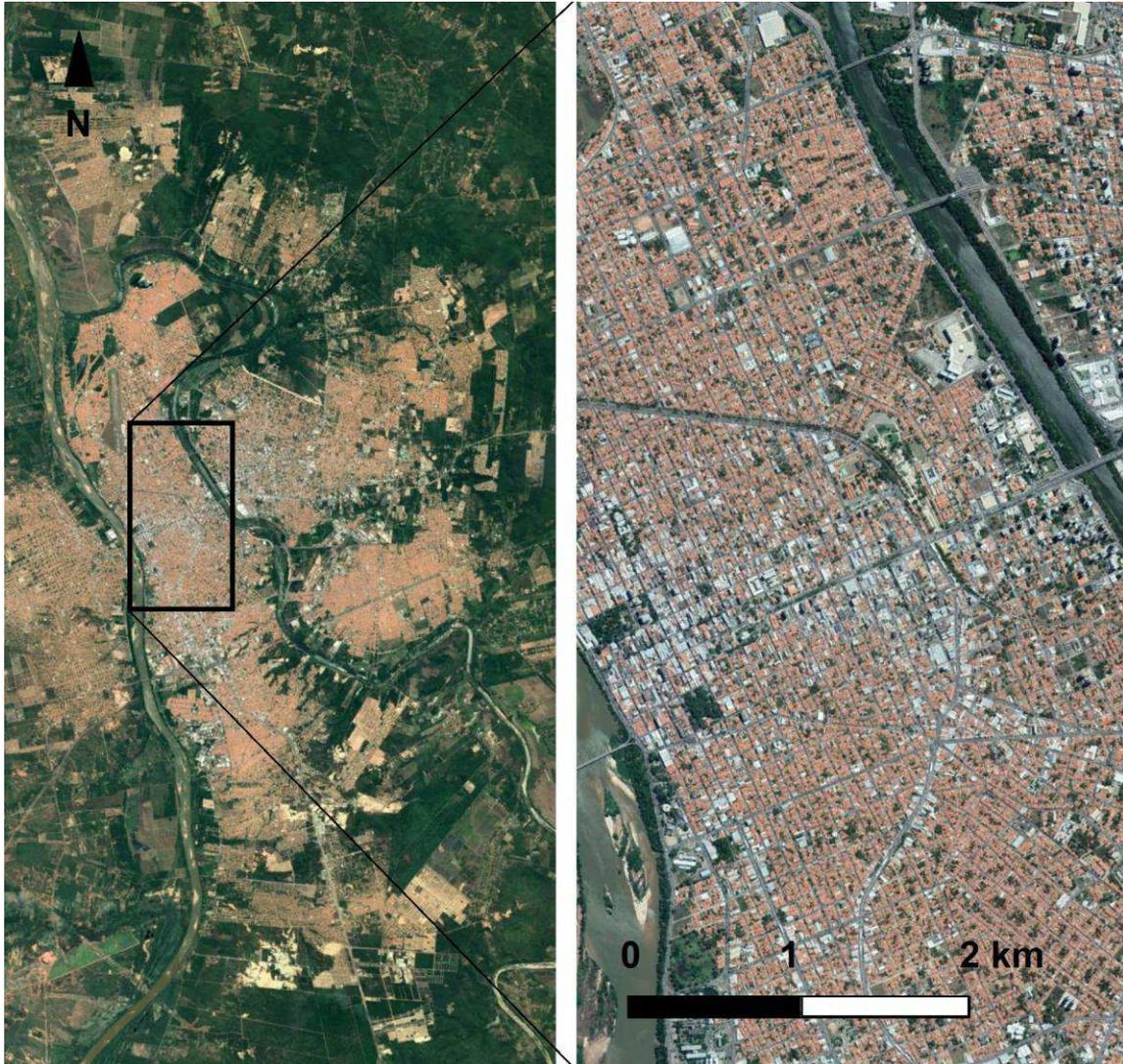
A mancha urbana de Teresina é conurbada apenas com a zona urbana de Timon-MA, que possui 170 mil habitantes; juntos, têm uma população de pouco mais de 1 milhão de habitantes. Já os núcleos dos demais municípios da RIDE situam-se de 30 a 100 km do centro de Teresina, com populações variando de 44 mil a 1,2 mil habitantes, e os seus processos de crescimento populacional e expansão territorial não apontam para uma conurbação física. Ademais, o baixo número de habitantes dessas cidades gera um fluxo de transporte intermunicipal muito pequeno se comparado aos fluxos de transporte municipal dentro da zona urbana de Teresina.

Apesar do caráter metropolitano mais evidente entre Teresina e Timon, não existe um sistema de transporte público de média ou alta capacidade conectando as cidades, e as conexões viárias e ferroviária existentes entre os municípios dificultam ou mesmo inviabilizam a implantação de corredores de transporte público intermunicipais. Dessa forma, pode-se considerar que a zona urbana do município de Teresina possui uma dinâmica própria no campo dos transportes, o que permite analisar o município de forma isolada sem grandes prejuízos.

A zona urbana de Teresina surgiu a partir de um traçado projetado de 1852, ano em que a cidade foi fundada. O traçado é composto por vias estreitas (9 a 15 metros) distando em média 100 x 100 metros, configurando uma malha ortogonal. Esse padrão

orientou a maior parte do processo de expansão urbana, configurando um tecido urbano inteligível e contínuo, com exceção de alguns trechos. Atualmente, a zona urbana de Teresina se estende cerca de 12 km no sentido leste-oeste, e 30 km no sentido norte-sul (figura 8):

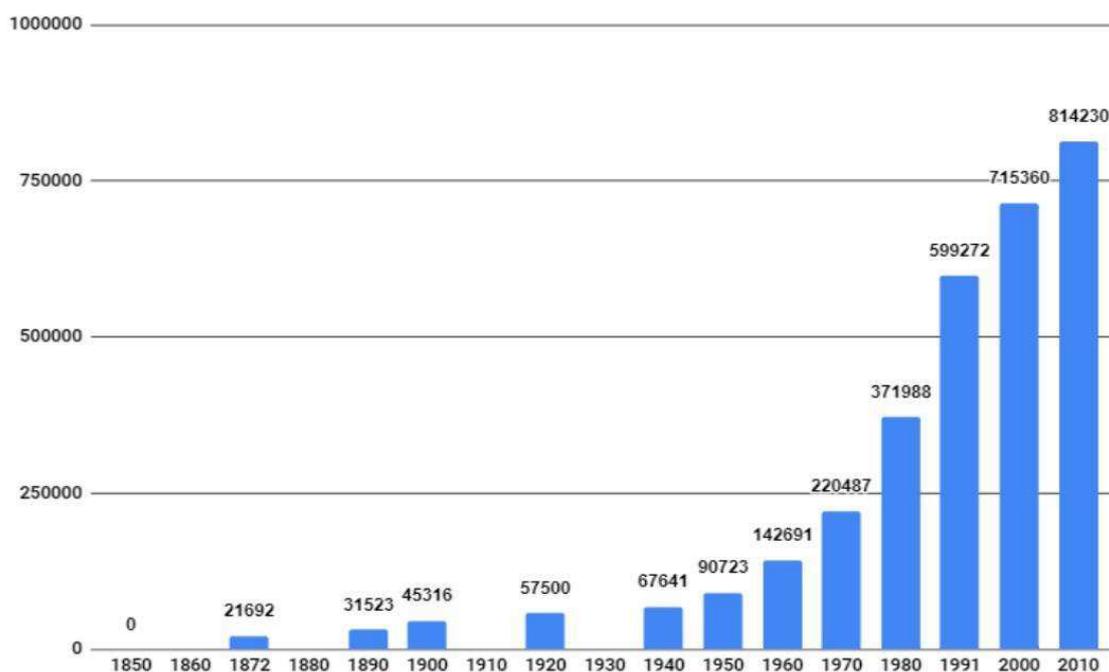
Figura 8: Tecido urbano de Teresina, com destaque da região central



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de imagens do Google Earth (2018)

O centro é o bairro que concentra a maior parte do comércio e serviços, ao passo em que as regiões periféricas apresentam predominância de uso habitacional, em função dos conjuntos habitacionais construídos entre as décadas de 1960 e 1980, período que apresentou as maiores taxas de crescimento populacional, como mostra o gráfico 4:

Gráfico 4: População de Teresina levantada pelos censos realizados entre 1850 e 2010.



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados do IBGE

Atualmente, segundo as estimativas do IBGE, sua população cresce cerca de 10 mil habitantes por ano, mas o ritmo de crescimento vem diminuindo, seguindo a tendência observada no Brasil.

Diretrizes de planejamento da densidade

Teresina possui dois principais documentos que estabelecem diretrizes para o seu planejamento: o Plano diretor municipal, instituído em forma de lei em 2006, e a Agenda 2030, publicada em 2015.

O Plano diretor municipal de Teresina é o instrumento normativo e orientador dos processos de transformação urbana em Teresina, nos seus aspectos político-sociais, físico-ambientais e administrativos (TERESINA, 2006). O documento traz diretrizes que tendem a promover um desenvolvimento mais compacto, visando-se atingir taxa média de densidade urbana acima de 100 hab/ha. É importante observar que esse valor é bem acima do verificado na zona urbana, que possui uma média de pouco mais de 30 hab/ha, quando dividimos os cerca de 800 mil habitantes da zona urbana pela área de cerca de 26.000 ha que ela ocupa.

Para alcançar esse adensamento, o plano prega o desestímulo à ocorrência de vazios urbanos de caráter especulativo por meio da determinação de parâmetros de

adensamento demográfico e de usos do solo, conforme respectivas atividades, para aplicação das prescrições do Estatuto da Cidade, bem como a implementação de instrumentos legais que evitem a expansão descontrolada da zona urbana. O plano também defende o incentivo ao aumento da densidade habitacional nas áreas laterais aos grandes eixos de transporte coletivo, mas não estabelece quais seriam os valores ideais, e nem quais são esses eixos.

A problemática da mobilidade urbana em Teresina

A maior parte dos dados relacionados aos transportes e trânsito em Teresina, bem como projetos de infraestrutura e de mudanças nos serviços de transporte público, são trazidos no Plano Diretor de Transportes e Mobilidade Urbana de Teresina³² (PDTMUT), publicado na forma de relatório em 2008, não tendo sido transformado em lei, e nem tendo recebido revisão desde então. O plano analisa, de forma conjunta, as zonas urbanas de Teresina e Timon, considerando a influência mútua do trânsito entre as cidades; no entanto, não são definidas diretrizes para Timon, e nem para o transporte metropolitano. Vale observar que a zona urbana de Teresina cresceu muito pouco em relação a 2007.

O plano é dividido em 5 etapas:

- 1) **diagnóstico** - faz o levantamento e análise dos padrões de mobilidade (dados socioeconômicos, padrões de viagens, serviços de transporte público, tráfego veicular e frota) e da infraestrutura existente;
- 2) **cenários** - elabora e analisa cenários, a partir de projeções da evolução populacional, de empregos, matrículas em instituições de ensino e da frota, para os anos de 2007, 2017 e 2037;
- 3) **diretrizes** - define objetivos e diretrizes para os modais de transporte analisados, a partir da análise dos cenários de 2007, 2017 e 2037;
- 4) **alternativas propostas** - define mudanças no sistema viário, nos serviços de transporte público, e no modelo de gestão do trânsito e transportes, seguindo as diretrizes propostas e buscando atender aos cenários simulados;

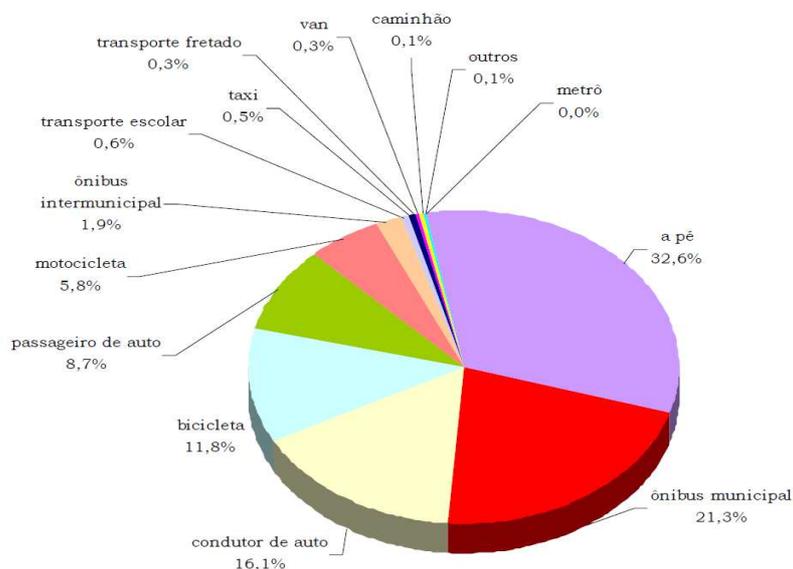
³² Teresina também possui um plano diretor cicloviário, publicado em 2017, que complementa o PDTMUT de 2008.

- 5) **resultados** - apresenta os resultados da simulação da aplicação das mudanças propostas, sobre a fluidez veicular, o tempo médio de viagens, e o preço da passagem de transporte público.

A base de dados utilizada no plano foi elaborada pela Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito - STRANS, e pela equipe responsável pela elaboração do plano, em 2008. Dessa base, a maior parte dos dados e metadados³³ advém da pesquisa origem destino (OD) realizada em 2007, a última pesquisa do tipo realizada em Teresina, segundo a STRANS (2019). Os dados foram georreferenciados para a produção de mapas que permitem realizar uma substancial análise espacial das zonas urbanas das cidades e dos transportes.

A partir do diagnóstico (1ª etapa), tem-se que Teresina possui modais de transporte público coletivo que podem ser agrupados em duas categorias: rodoviários, tais como ônibus municipal, ônibus intermunicipal, vans, transporte escolar etc.; e ferroviários, como o metrô (atual VLT). Segundo o levantamento de viagens por modal em 2007 (gráfico 5), dentro da pesquisa OD realizada em 2007, o ônibus municipal é o modal de transporte público mais utilizado, representando 21% de todas as viagens realizadas na área de análise. As outras modalidades de transporte coletivo somadas não ultrapassavam 3% do total de viagens no município.

Gráfico 5: Viagens realizadas por modo principal em 2007

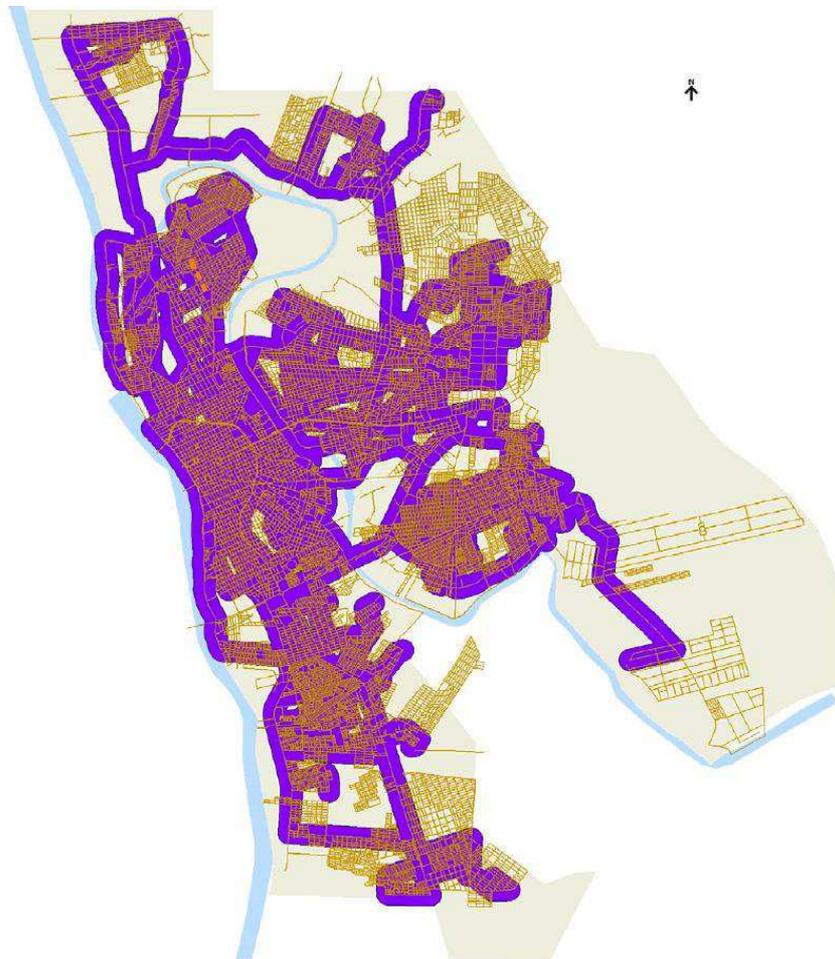


Fonte: Plano Diretor de Transportes e Mobilidade Urbana de Teresina, 2008

³³ Metadados são dados que são extraídos a partir de outros dados, a partir de cálculos matemáticos e inferências lógicas. Por exemplo, a população e a área de um município são dados; como a densidade populacional é calculada a partir desses dados, ela consiste em um metadado.

O sistema de transporte público por ônibus municipal funcionava em 2007 com linhas radiais, circulares e diametrais, havendo predominância de linhas radiais (centro-periferia), que atendiam aos principais fluxos detectados no sistema viário. Essas linhas operavam conforme o modelo tradicional, sem a incorporação de aspectos operacionais e de infraestrutura que conferem maior capacidade de transporte, tais como faixas preferenciais e/ou exclusivas, paradas em nível, veículos de maior capacidade, bilhetagem prévia ao embarque, ou integração física e tarifária. O conjunto dessas linhas gerava, em 2007, uma cobertura de 60% da zona urbana, considerando um raio de 300 metros partir dos eixos viários onde opera pelo menos uma linha (figura 9):

Figura 9: Mapa de abrangência da rede municipal de transporte público por ônibus (2007)



Fonte: Plano Diretor de Transportes e Mobilidade Urbana de Teresina, 2008

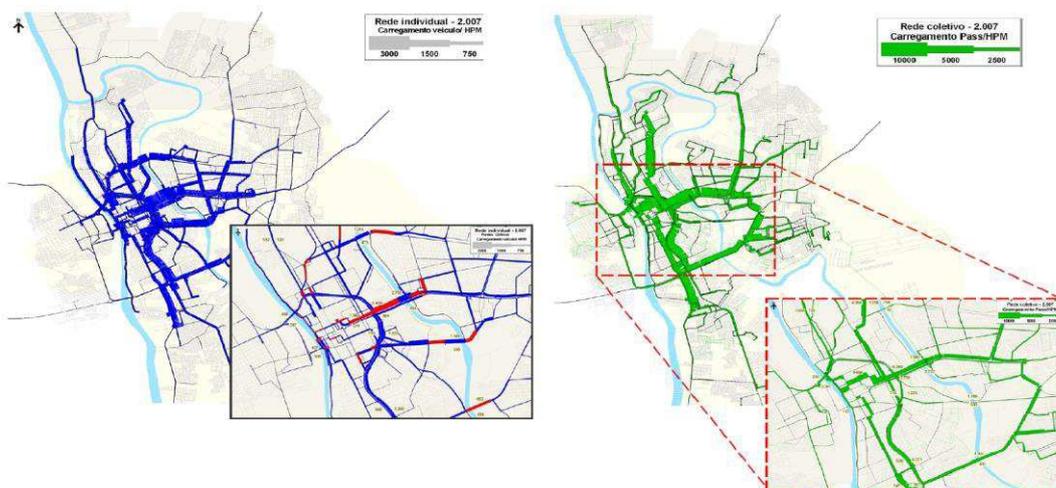
Segundo o PDTMUT (2008), essa cobertura pode ser considerada baixa, no entanto, grande parte da área não atendida correspondia a vazios urbanos e parcelamentos de terra ainda não ocupados, mas que constam nas bases cartográficas. Segundo o plano, o sistema possuía, em 2007, um IPK de frota operacional de 2,12. A comparação dos dados da pesquisa OD de 2007 com os dados da pesquisa OD de 1998 mostra que houve um aumento na quantidade total de viagens no município, no entanto, constatou-se que os modos de transporte coletivos perderam espaço para as motos e para o transporte a pé. Os dados mais antigos sobre a quantidade de passageiros transportados por mês, de 1997, mostram que a quantidade de passageiros reduziu ao longo do tempo, enquanto que em 2007, a quilometragem rodada nas viagens ofertadas aumentou cerca de 500 mil km/mês (15%), e o número de viagens não se elevou. Como consequência, o IPK sofreu uma redução de 26% quando considerando os passageiros totais, e 32% considerando os passageiros equivalentes, isto é, os passageiros que não são beneficiados com a gratuidade.

O tempo de viagem por transporte público em 2007, segundo o PDTMUT, era elevado - 68 minutos, contra 21 minutos do transporte motorizado individual, consequência de uma série de fatores: a baixa e irregular oferta de veículos, em especial nas regiões mais periféricas; o crescimento da malha urbana, que eleva as distâncias totais percorridas; o aumento da dispersão populacional urbana, com um esvaziamento das regiões centrais, e adensamento das regiões periféricas³⁴, o que contribui para aumentar os movimentos pendulares; e sobretudo, os congestionamentos nos horários de pico, cada vez mais longos em tempo de duração e extensão física.

A análise dos fluxos veiculares no PDTMUT (2008) mostra que os maiores carregamentos de veículos de transporte motorizado individual ocorrem nas mesmas vias onde há um maior carregamento de passageiros de transporte público (figura 10), o que demonstrava a necessidade de criação de espaços preferenciais e/ou exclusivos para melhorar a circulação de veículos de transporte público, ampliando a capacidade de transporte de passageiros e reduzindo os tempos de viagens.

³⁴ O PDTMUT (2008) mostra que, no período de 1996 e 2000, as maiores taxas de crescimento populacional se deram nos bairros mais periféricos, enquanto que os bairros em regiões mais centrais estagnaram ou apresentaram decréscimo populacional.

Figura 10: Carregamento das vias com fluxos de veículos de transporte individual e de passageiros de transporte coletivo

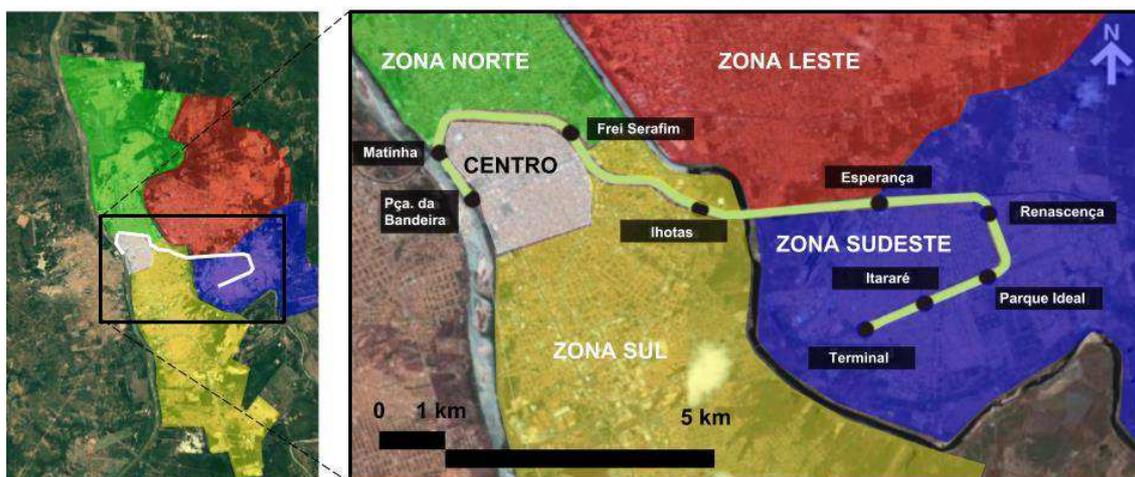


Fonte: Plano Diretor de Transportes e Mobilidade Urbana de Teresina, 2008

O plano também trata do controle semafórico, aspecto que influencia a fluidez e segurança do trânsito - e que, portanto, interfere na capacidade de transporte dos modais rodoviários, como o ônibus. O documento mostra uma maior concentração de acidentes em cruzamentos sem controle semafórico, e que os semáforos existentes eram controlados de forma individual, o que dificulta a coordenação de equipamentos para auxiliar a criação de fluxos mais contínuos nas vias com maior carregamento de veículos, o que poderia beneficiar a circulação dos ônibus.

O único modal ferroviário na cidade, o então pré-metrô (atual VLT), foi implementado em 1991, a partir do uso da calha ferroviária que realiza o transporte interestadual de cargas. O sistema possui apenas 1 linha de 7 km (figura 11), que circunda o bairro Centro, na divisa com a zona norte da cidade, passa por uma parte da zona sul, e atravessa o rio Poti em direção à zona sudeste, a zona da cidade mais atendida pelo sistema, que conta com 5 das 9 estações existentes. Segundo pesquisa de OD de 2007, o modal realizava em 2007 cerca de 1.000 viagens por dia, menos de 1% do total de viagens realizadas no município, cuja receita cobria apenas 35% dos custos do sistema.

Figura 11: Linha do VLT em Teresina em 2019



Fonte: Elaborado pelo autor

Na 2ª etapa, o plano traça cenários, simulando projeções do crescimento da densidade populacional, dos empregos e das matrículas escolares, considerando-se como referência temporal os anos de 2007, 2017 e 2037. Para isso, a simulação divide as zonas urbanas de Teresina e Timon em 64 zonas de tráfego, mas sem seguir rigorosamente a delimitação do perímetro urbano na época e a delimitação dos bairros. Os cenários elaborados mostram um maior crescimento geral da densidade populacional, da quantidade de empregos e matrículas em alguns bairros, mas com valores de densidade populacional abaixo do necessário para constituir uma demanda para transporte público de média e/ou alta capacidades.

Na 3ª etapa, são trazidas diretrizes para os transportes e trânsito para Teresina, que podem ser sintetizadas em três pontos principais:

- diminuir a necessidade de viagens motorizadas, posicionando melhor o uso e ocupação do solo, para aproximar as atividades dos locais de moradia;
- estruturar o sistema viário para ampliar a capacidade de circulação das seções viárias mais saturadas, melhorar a articulação da malha viária, e atender aos polos geradores de viagens, priorizando a segurança, e não apenas a fluidez do tráfego;
- priorizar os meios não motorizados e de transporte coletivo nos planos e projetos, criando infraestrutura adequada, racionalizando os serviços de transporte coletivo, ampliando sua competitividade, e promovendo a integração entre esses modais;

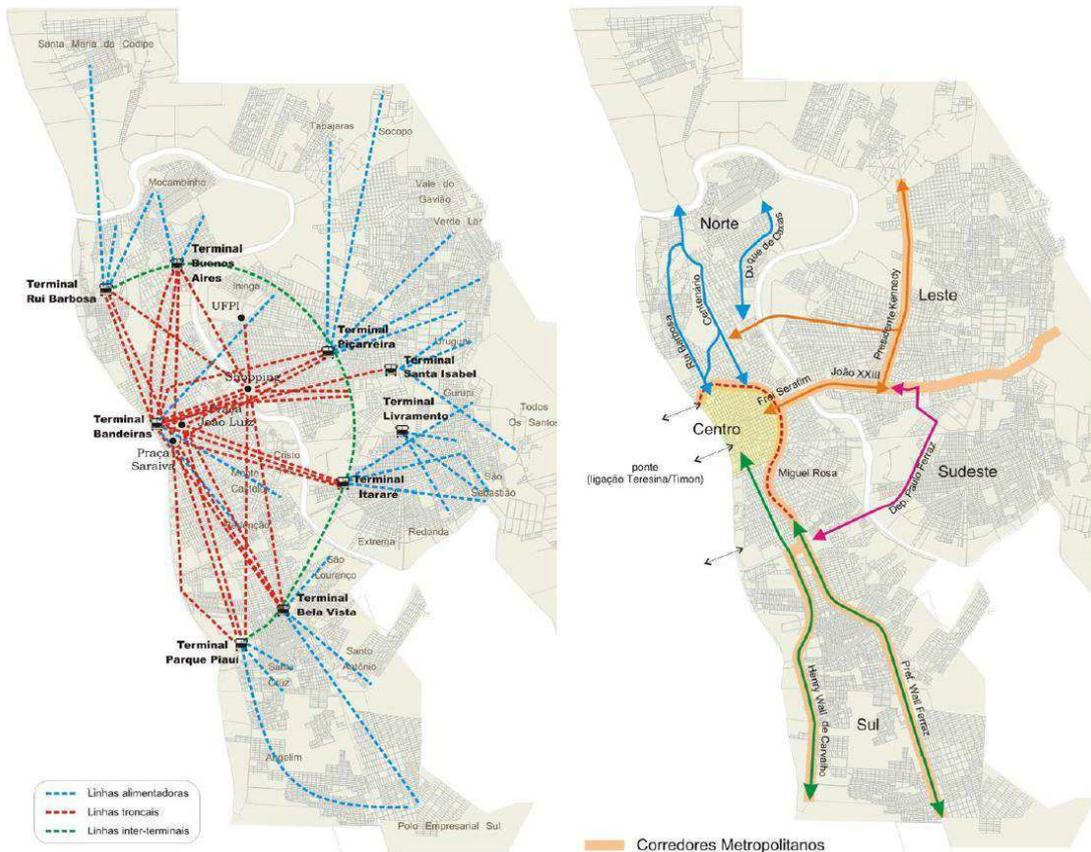
Na 4ª etapa, são trazidas alternativas de intervenção no sistema de transporte de Teresina, divididas para os modais motorizados individuais, transporte coletivo, e transporte não-motorizado, a partir de simulações matemáticas de fluxos de tráfego, custo do transporte público, entre outros aspectos, com o auxílio de instrumentos de modelagem e análise de sistemas de transportes, para cada cenário socioeconômico estabelecido na 2ª etapa.

Para o transporte motorizado individual, a simulação dos fluxos de tráfego para os anos de 2017 e 2037 mostram um aumento considerável na saturação das vias arteriais da cidade, em especial nas pontes sobre o rio Poti. Como alternativa, são definidas obras a serem implantadas no sistema viário, incorporando as conexões propostas no mapa de zoneamento de Teresina, sendo detalhadas 4 delas. A simulação dos fluxos de tráfego com a inserção dessas conexões mostrou que essas obras reduzem o nível de saturação do sistema viário, mas não são suficientes para promover uma fluidez desejável, considerando as projeções de crescimento da frota veicular no município.

Para o transporte coletivo, é proposta uma mudança completa no sistema, alterando o modelo radial das linhas por um sistema tronco-alimentador. Segundo o plano, o excesso de linhas radiais, e a crescente demanda pela criação de novas linhas gera uma grande sobreposição de itinerários nos principais eixos viários da cidade, que já apresentam maior saturação de circulação. Além disso, esse modelo radial pouco atende às demandas por transportes entre outras regiões que não o centro, o que acaba por estimular a concentração de atividades no centro, já que é o bairro com maior oferta de transporte.

Como alternativa, o plano propõe a criação de uma rede integrada no modelo tronco-alimentador (figura 12), em que as linhas radiais são substituídas por linhas alimentadoras, que passam dentro dos bairros, coletando passageiros para terminais, que por sua vez, são conectados entre si por linhas troncais, que operam nos eixos viários com maior carregamento de passageiros (figura 13), concentrando a demanda de diversas linhas em veículos de maior capacidade. Nesses eixos, são criadas faixas preferenciais e/ou exclusivas para garantir maior fluidez, e paradas maiores e com embarque em nível, para comportar a demanda e agilizar os transbordos, reduzindo os tempos de paradas. Também são estabelecidas linhas inter-terminais. Assim, esse modelo atende tanto os fluxos centro-periferia, quanto entre zonas, oferecendo mais opções de deslocamento, mas sem ofertar uma grande quantidade de linhas, tornando o sistema mais simplificado, e mais rentável, pois reduz a distância total percorrida dos veículos.

Figura 12: Configuração das linhas no sistema tronco-alimentador em Teresina proposta pelo PDTMUT (2008) e Figura 13: Principais eixos de circulação em Teresina



Fonte: Plano Diretor de Transportes e Mobilidade Urbana de Teresina, 2008

O modelo proposto compreende 8 terminais, conectados por linhas troncais que passam nos principais eixos de transporte, e 3 terminais localizados no centro da cidade. De modo complementar à rede tronco-alimentada, foram designadas linhas inter-terminais, ligando bairros para o atendimento às viagens que não possuem o centro como destino final. Foram definidos a localização de cada um dos terminais de integração, as respectivas linhas que os servem, e aspectos específicos para seu dimensionamento. Também foram definidos os trajetos das linhas alimentadoras de cada terminal, e os planos tarifários para cada tipo de linha.

Quanto à infraestrutura e o tipo de veículo, o plano propõe corredores exclusivos e segregados para linhas troncais de ônibus, alinhados ao canteiro central das vias, operando com veículos dotados de portas de ambos os lados e com diferentes configurações de capacidade (ônibus convencionais e articulados). Segundo o plano, essa configuração de faixas é mais vantajosa, pois

permite ultrapassagens de ônibus nos pontos de parada para linhas expressas [...] e reduz o número de interferências com os movimentos veiculares que fazem conversões para a direita, assim como as interferências com movimentações na

calçada (estacionamentos, acessos, saídas, cargas e descargas). (PDTMUT, 2008, pg. 163).

O plano não justifica a configuração do veículo, mas pode-se deduzir que ela visa permitir a operação tanto ao longo de corredores quanto ao longo do sistema viário convencional, o que é necessário, já que as vias de Teresina possuem uma descontinuidade das dimensões da caixa viária, o que dificulta a implantação contínua de faixas preferenciais e estações maiores e com embarque em nível ao longo de todo o trajeto dessas linhas.

O plano traça ainda recomendações gerais para o transporte cicloviário, com a definição de novos trechos de ciclovias e paraciclos; para o controle semafórico, incluindo a implantação de uma central de controle; e para a gestão do transporte coletivo, incluindo o aumento do quadro de funcionários, e criação de um sistema de coleta permanente de dados.

Na 5ª e última etapa, são apresentados os resultados das simulações de uma série de indicadores, considerando a manutenção da infraestrutura e do modelo radial de linhas de ônibus, e considerando a implementação das alternativas propostas, para o ano base de 2007, e para os anos-horizonte de 2017 e 2037. A comparação mostra que, para o transporte coletivo, o tempo total de viagem reduziria 1,5%; o valor da tarifa de transporte público reduziria em 14%; a velocidade aumentaria em 12%, e o IPK aumentaria 6%. No entanto, o tempo de transferência aumentaria 99%.

Segundo o PDTMUT (2008),

o cenário desejável sob o enfoque do planejamento urbano seria uma queda gradual e significativa nas taxas de crescimento de posse de automóveis, que poderia frear o aprofundamento dos problemas de circulação dos grandes centros. (TERESINA, 2008, pg. 113).

No entanto, o que se verificou após o plano foi o contrário. Segundo o documento, em 2007, a cidade possuía uma frota total de pouco mais de 200 mil veículos, e projetava-se 260 mil para 2017, e 350 mil para 2037. No entanto, já em 2014, a cidade contava com mais de 400 mil veículos, segundo o Denatran (2014). Por conseguinte, isso altera a validade de grande parte dos dados gerados nas simulações contidas no PDTMUT.

O tempo de viagem, que era de 68 minutos em 2007, aumentou para 96 minutos em 2014, de acordo com o Denatran, consequência tanto do aumento dos congestionamentos quanto do processo de expansão urbana, que vem ocorrendo de forma fragmentada, com grandes glebas vazias, o que dificulta o estabelecimento de uma oferta de transporte público com rentabilidade. De 2007 para o momento atual, a

rede de ônibus municipal foi ampliada para atender aos novos loteamentos em áreas periféricas, e ao crescimento da população nessas áreas, mas ainda sem abranger toda a zona urbana. Segundo Denilson Guerra, diretor de planejamento da STRANS, em entrevista realizada pelo autor em março de 2019, o IPK do sistema (com número de passageiros equivalente) no ano de 2018 foi de 1,36, 56% menor em relação ao IPK global do ano de 2007. Para efeito de comparação, esse valor é cerca de metade do valor calculado para as cidades que possuem os maiores IPKs do Brasil, como Santo André (2,86), Curitiba (2,72) e Guarulhos-SP (2,70), segundo dados da ANTP (2014).

A rede tronco-alimentadora, denominada Inthebra (figura 14), começou a ser implantada em 2015, com previsão de conclusão até o fim de 2019, quando serão extintas as últimas linhas do modelo radial. O sistema sofreu algumas alterações em relação à proposta original, tais como localização e posicionamento de alguns terminais, revisão de algumas linhas, detalhamento da implantação dos corredores e das estações, e reestruturação da ciclovia existente³⁵. Segundo Guerra, a implantação das estações considerou um raio de abrangência médio de 400 m, com espaçamentos entre estações variando de 400 a 1000 metros. O único corredor que ainda não foi estruturado conforme o previsto é o da avenida Frei Serafim, principal via da cidade, que liga o Centro à zona leste da cidade. Essa via dispõe apenas de faixas preferenciais de ônibus no lado direito do sentido de circulação, não tendo sido feita a inversão para o canteiro central e construção de estações com embarque em nível proposta e detalhada no PDTMUT.

³⁵ A implantação dos corredores de ônibus no canteiro central das vias selecionadas levou à extinção da configuração original de grande parte das ciclovias da cidade. O padrão bidirecional no canteiro central de vias arteriais foi modificado para uma única faixa mão-dupla, contendo árvores de pequeno porte e postes no meio, configuração fora dos padrões recomendados por Gondim (2001). Essa decisão priorizou a circulação de um modal que transporta mais pessoas, mas também considera que as vias paralelas às vias onde as ciclovias foram transformadas em faixas exclusivas de ônibus podem constituir como ciclo-rotas alternativas às ciclovias extintas.

Figura 14: Mapa de linhas troncais, estações e terminais do sistema Inthegra



Fonte: Inthegra

Atualmente, o modelo tronco-alimentador só está integralmente implantado nos terminais das zonas sul e sudeste, cujas linhas radiais já foram extintas. Embora não existam estatísticas atuais que permitam comparar os modelos antigo e atual, tem-se observado um aumento significativo na fluidez dos ônibus nos corredores propostos, mas, por outro lado, um significativo aumento no tempo de espera nos terminais de integração para a conexão entre linhas troncais e alimentadoras. Isso demonstra que a oferta de transporte, e por conseguinte, a mobilidade por transporte público, é significativamente maior quando os pontos de origem e destino das viagens se situam,

simultaneamente, dentro da área de abrangência das linhas troncais do que nas linhas alimentadoras.

Segundo Guerra, não existe qualquer dado estimando a capacidade de fluxo de ônibus por hora e/ou de passageiros por sentido nos corredores criados, no entanto, considera-se que os corredores de transporte público implementados possuem capacidade de aumento da oferta de transporte, em termos de capacidade de veículos, maior do que a que está sendo programada para a demanda atual, em especial com a implantação da central de controle de tráfego, que tende a aumentar a fluidez nos corredores³⁶.

Quanto ao metrô, o número de viagens subiu de 1 mil para 7 mil viagens por dia em 2015, após a construção da estação Praça da Bandeira, no núcleo do Centro, em 2009. No entanto, o sistema continuou a apresentar diversos problemas operacionais: continua com apenas um trem, que oferta apenas uma viagem por hora, em função da baixa demanda de passageiros, e já registrou descarrilamentos, e até mesmo uma colisão com o trem de carga que opera nesta ferrovia. Em 2018, o Governo do Estado do Piauí, operador do sistema, substituiu o trem existente por um modelo VLT, mais seguro e com maior capacidade de transporte - 600 passageiros, e pretende adquirir mais dois trens, ampliando a capacidade total de transporte para 1.800 passageiros, além da criação de outras estações ao longo da linha, e extensão da malha ferroviária em direção ao município de Altos. No entanto, essas medidas não compensam o fato de que a linha não atende aos principais fluxos de tráfego na cidade, que se dão nos sentido radiais, entre o centro e as demais zonas da cidade - norte, leste, e sul - o que limita a quantidade potencial de usuários do sistema.

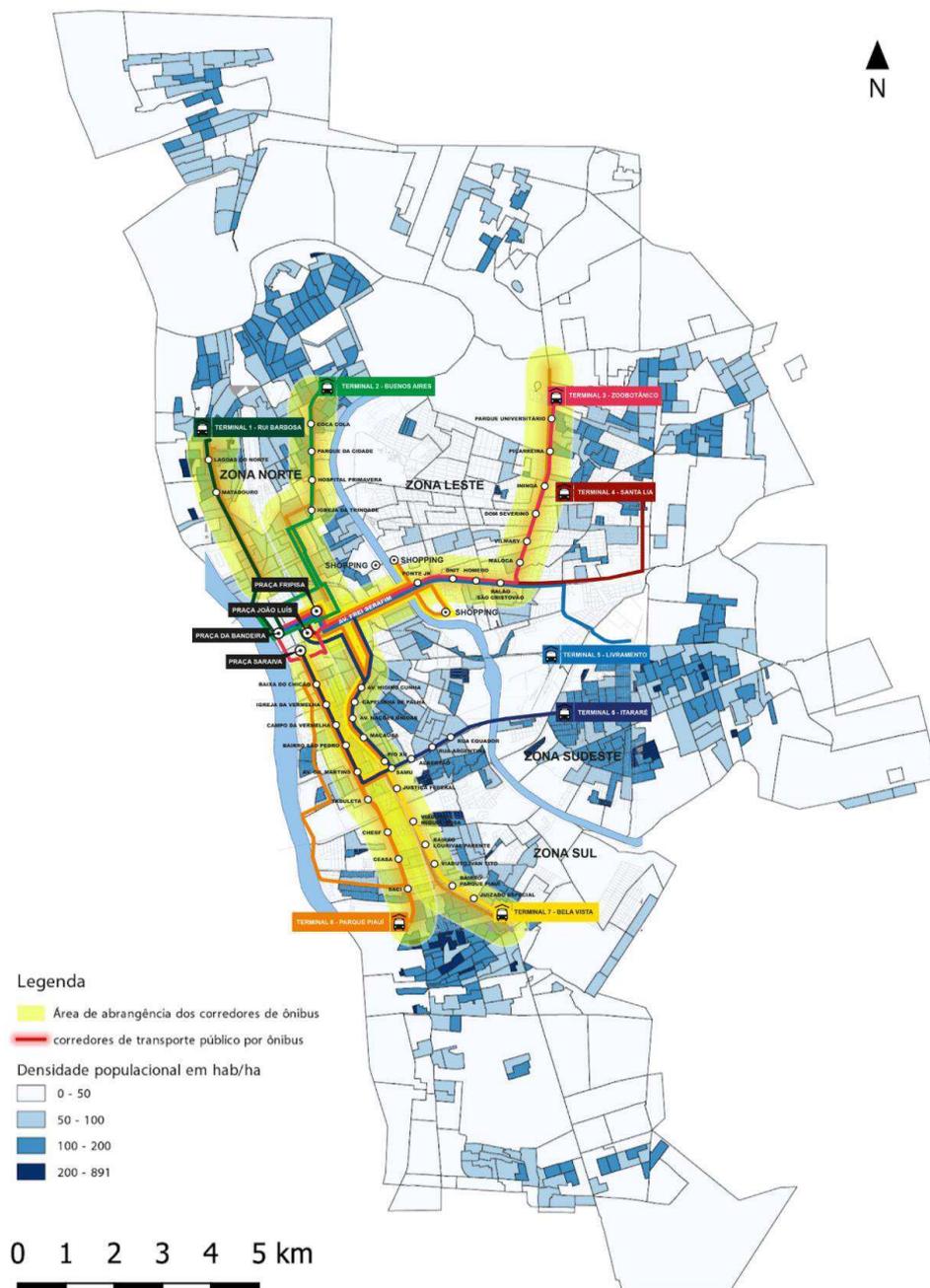
A partir desse contexto, considera-se que os eixos de transporte público de média/alta capacidade em Teresina são apenas as linhas troncais do sistema Inthebra que dispõem de faixas preferenciais e/ou exclusivas na maior parte dos seus trajetos. De um modo geral, pode-se considerar que há uma maior capacidade e oferta de transporte na área de abrangência dessas linhas do que em relação às demais áreas servidas por linhas alimentadoras, principalmente em função da existência de faixas preferenciais e exclusivas na maior parte do trajeto dessas linhas, da sua abrangência espacial, e do potencial de usuários a partir da estrutura de integração física e tarifária do sistema. A partir desse critério, foram excluídas da análise as linhas troncais que ligam o centro à zona sudeste da cidade, já que essa zona não possui faixas de preferenciais e/ou exclusivas de ônibus.

³⁶ Um centro de controle semafórico está sendo implementado, conforme o previsto no PDTMUT, e permitirá um controle semafórico em rede, permitindo uma melhor sincronização de semáforos, priorizando as vias com maior fluxo, em especial, as vias onde há maior carregamento por ônibus, o que tende a ampliar a capacidade de transporte desses eixos.

5.2. Análise da densidade populacional em relação à área de abrangência dos corredores de transporte público selecionados

A partir dos critérios estabelecidos nos procedimentos de análise, utilizando-se os dados do último censo demográfico do IBGE, realizado em 2010, elaborou-se o mapa da zona urbana de Teresina, contendo a densidade populacional (2010) e os corredores considerados (Figura 15):

Figura 15: Mapa de densidade populacional com corredores de ônibus e suas áreas e abrangência na zona urbana de Teresina-PI



Fonte: elaborado pelo autor

A espacialização da densidade populacional mostra que a zona urbana de Teresina possui uma distribuição bastante heterogênea da população, apresentando porções com maior concentração populacional correspondente a conjuntos habitacionais em cada uma das 4 regiões ao redor do centro: Mocambinho (zona norte), Samapi e Vale Quem Tem (zona leste), Itararé (zona sudeste) e Parque Piauí e Promorar (zona sul), todos construídos nas décadas 1970 e 1980, período que a cidade passou pelo maior período de crescimento populacional, de acordo com dados do IBGE. No entanto, em geral, a cidade possui muitos setores censitários com densidades abaixo tanto do que os autores analisados preconizam, quanto do projetado pelo Plano Diretor.

A modelagem dos corredores de transporte público e suas áreas de abrangência sobre o mapa de densidade populacional revela que a maior parte do entorno dos corredores de transporte público não possui densidade populacional suficiente para a viabilização de um transporte público de média/alta capacidade, conforme os valores levantados na bibliografia. Observa-se ainda que os quatro grandes núcleos de maior densidade populacional (acima de 100 hab/ha) situam-se em regiões periféricas, nas quais os corredores não adentram. Como o centro é o principal polo atrator de viagens, isso indica que a maior parte dos usuários não faz um trajeto único, utilizando apenas a linha troncal, mas sim as duas linhas - uma troncal e uma alimentadora, realizando no total uma grande quantidade de transbordos nos terminais, que elevam significativamente a média dos tempos de viagem. Considerando os cenários elaborados no plano de transportes de 2008, que mostram uma quantidade significativa de tempo de viagem gasto com a realização das integrações nos terminais, esse não seria o cenário ideal para a redução do tempo médio de viagem.

A partir desse contexto, infere-se que, tanto as linhas troncais, idealmente, deveriam ser estendidas, passando pelos setores censitários de maior densidade populacional, de modo a reduzir a quantidade de transbordos nas estações de integração, como o entorno das linhas troncais existentes deveria ser adensado, para ampliar a quantidade potencial de usuários do sistema onde este possui maior capacidade de transporte.

5.3. Análise da regulamentação dos dispositivos legais de uso e ocupação do solo em um recorte espacial da cidade

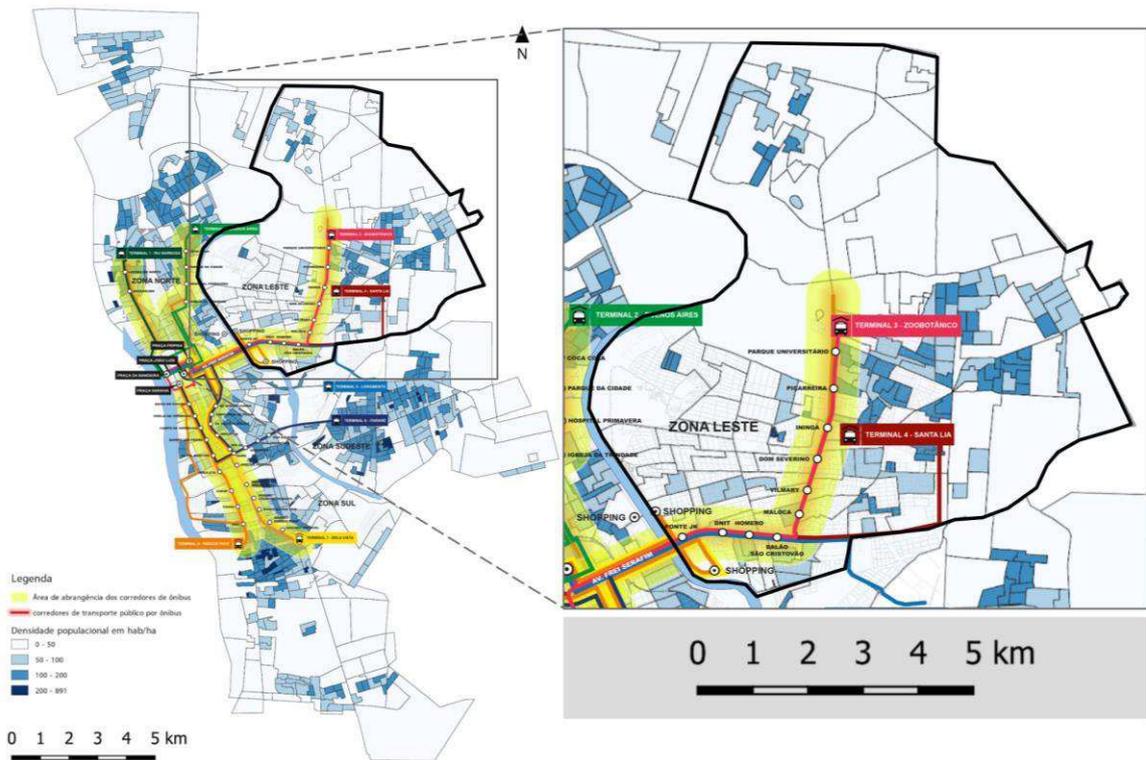
5.3.1. Delimitação de um recorte espacial de análise

A partir da análise da distribuição populacional em relação aos corredores de transporte público do modal ônibus, escolheu-se analisar a zona leste da zona urbana de Teresina (figura 16). Essa área atende aos critérios estabelecidos, pois contém, integralmente, um corredor de transporte público de capacidade média, presente nas avenidas João XXIII e Presidente Kennedy, e ainda, uma grande porção não abrangida pelo corredor, o que permite analisar, tanto ao longo da sua área de abrangência como fora dessa área, as discrepâncias na distribuição da população e nos parâmetros construtivos e instrumentos de uso e ocupação do solo que permitem ou restringem o adensamento.

A zona leste é a região da cidade onde há maior discrepância na distribuição da população em relação aos corredores de transporte público. Ademais, a área de abrangência do corredor analisado é insuficiente para atender grande parte dessa zona, tanto em termos de população quanto em termos de área de cobertura. Isso sugere que o sistema foi implantado apenas para atender a uma demanda existente a partir dos eixos viários com maior carregamento de passageiros, e não como elemento de estruturação do espaço urbano como um todo, fornecendo maior oferta de transporte público aos bairros de média e alta renda, como forma de reduzir a dependência do uso do veículo individual.

A zona também apresenta predominância de área urbanizada, com poucas áreas de preservação ambiental, localizadas apenas na margem do rio Poti. Em grande parte da zona leste, a infraestrutura urbana existente permite o adensamento construtivo; inclusive, é a região que possui maior nível de cobertura de tratamento de esgoto, que apresenta uma média urbana de 17%, segundo Teresina (2015).

Figura 16: Zona leste de Teresina



Fonte: Elaborado pelo autor

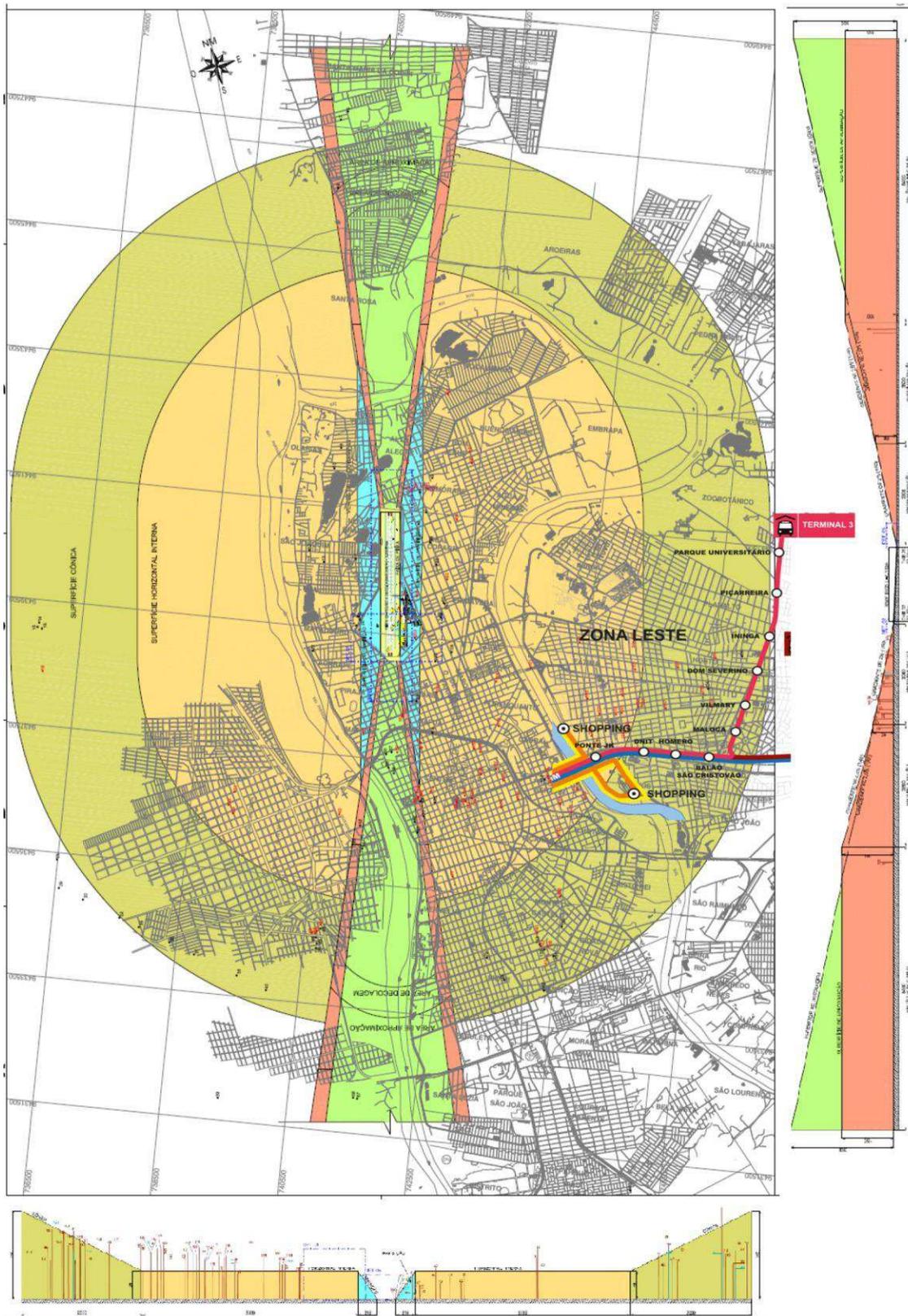
5.3.2. Análise dos parâmetros construtivos e instrumentos vigentes na área selecionada

I) Análise do CA resultante a partir da aplicação conjunta dos parâmetros construtivos

Os parâmetros e instrumentos de uso e ocupação do solo em Teresina são estabelecidos por um conjunto de leis que compõem o Plano Diretor de Teresina, de 2006. Nele, os parâmetros e instrumentos são estabelecidos por zonas, delimitadas em um mapa, atualizado em 2015. A lei define para cada zona o coeficiente de aproveitamento (CA), denominado na lei de 'índice de aproveitamento' (IA), que varia de 1 a 4, com exceção das áreas de preservação ambiental, que não são edificáveis; a taxa de ocupação (TO), que é de 60% na maioria das zonas; e os recuos mínimos, laterais, de fundo, e frontais, que variam de 0 a 5 metros no térreo, e nos demais pavimentos, varia conforme a altura total do edifício, seguindo fórmulas que variam conforme a quantidade de pavimentos. Já o gabarito não é especificado, no entanto, este é condicionado ao Zoneamento de Proteção Aérea (ZPA) do aeroporto de Teresina (figura 17). O ZPA consiste em uma superfície tridimensional fictícia, que estabelece limites máximos para a construção de edificações em uma área até 6 km a partir do eixo da pista de pouso e decolagem do aeroporto. Como o aeroporto está localizado em uma porção central da cidade, essa superfície incide em grande parte da zona urbana, incluindo parte da zona leste, área de análise.

Essa superfície é complexa, e se assemelha, de forma genérica, a uma pirâmide escalonada invertida. A partir da menor cota altimétrica da pista de pouso e decolagem - denominada cota eixo, partem duas rampas em cada extremidade da pista, (em verde, na figura 17), que correspondem ao espaço de aproximação da aeronave para pouso, e subida durante a decolagem; e duas rampas mais inclinadas nas laterais da pista (em ciano, na figura 17), com projeção linear de 315 metros, e altura máxima de 45 metros a partir da cota eixo. A partir dessa distância, na altura de 45 metros a partir da cota eixo, se inicia uma superfície horizontal plana (em laranja claro, na figura 17), que se estende por um raio de 4 km a partir do eixo da pista de pouso e decolagem. No limite dessa superfície, a 4 km do eixo da pista e ainda a 45 metros a partir da cota eixo, se inicia o último trecho, uma rampa radial (em amarelo queimado), que se estende em um raio de 4 a 6 km do eixo da pista, variando de 45 a 145 metros de altura em relação à cota eixo.

Figura 17: Zoneamento de Proteção Aérea do aeroporto de Teresina (2011) e corredor do Inthegra analisado



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de Brasil (2011) e Teresina (2017)

Como os limites são fornecidos em em cota altimétrica, a altura máxima de edificação em um lote varia conforme a sua altitude em relação à cota altimétrica da superfície estabelecida no ZPA incidente no referido lote. A maior restrição incidente na zona leste se dá na área da superfície horizontal interna (em laranja claro, na figura 21), que estabelece o limite de 45 metros acima da cota eixo do aeroporto, que é de 59,21 metros de altitude. Dessa forma, a cota máxima que as edificações podem atingir nesta área é de 104,21 metros de altitude. Já no trecho da superfície cônica (em amarelo queimado, na figura 21), a cota máxima varia conforme a distância em relação ao eixo da pista do aeroporto, variando de 104,21 metros a 204,21 metros de altitude.

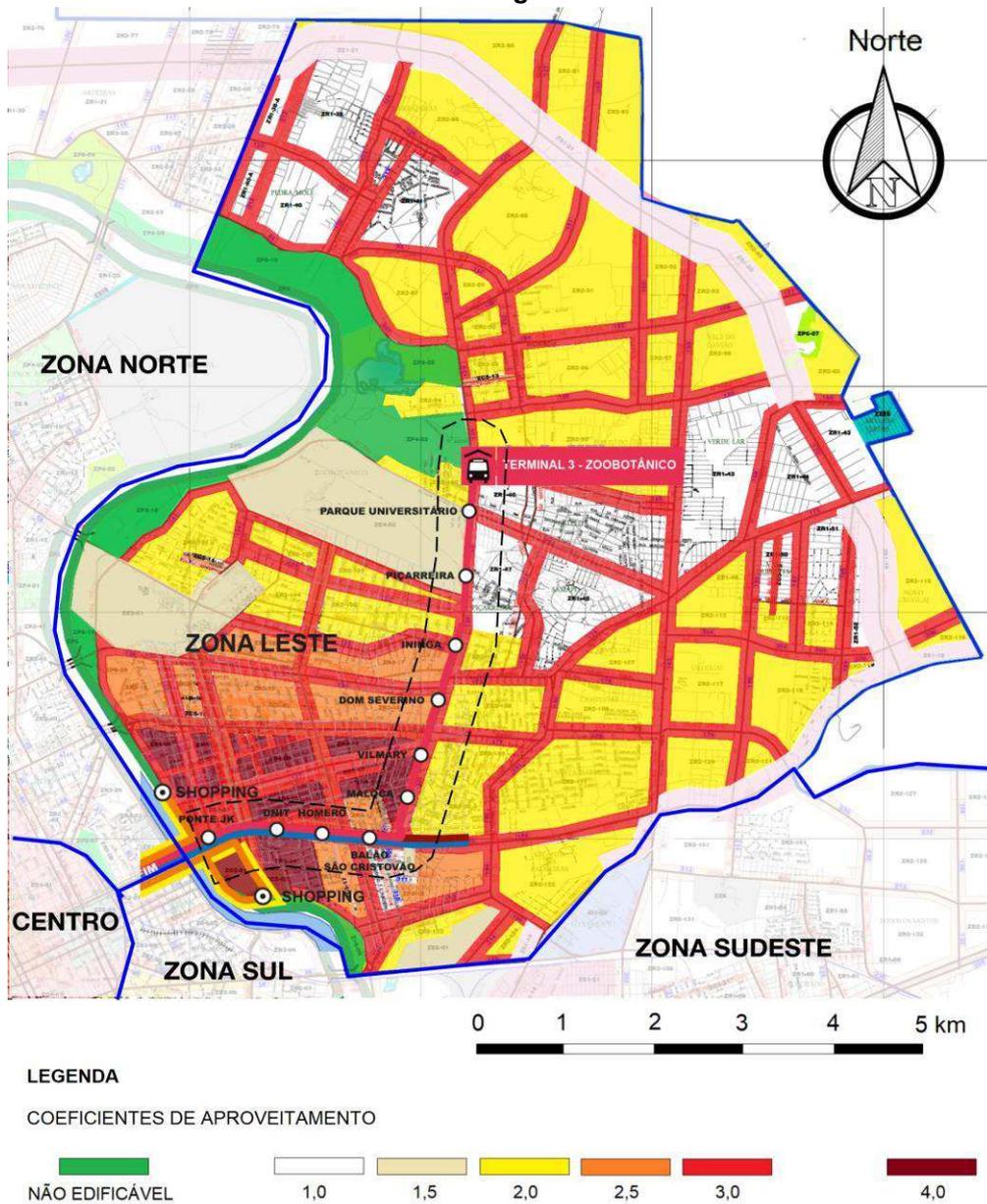
Na zona leste, a partir de medições no software Google Earth Pro, as cotas altimétricas na área onde incide a superfície horizontal plana variam de 65 a 90 metros de altitude, o que resulta em cotas totais de lotes que variam de 39 a 14 metros de altura, o que permite edificações de, aproximadamente de 12 a 4 pavimentos. Embora esse limite restrinja o CA resultante desses lotes, é possível atingir densidades elevadas sem um elevado gabarito. Em Teresina, os bairros que possuem densidades acima de 200 hab/ha são compostos em sua maioria por casas unifamiliares que pouco excedem dois pavimentos. Ademais, a superfície horizontal plana do ZPA incide sobre uma porção relativamente pequena da zona leste, e quase não engloba as áreas no entorno dos corredores de transporte público considerados.

Uma outra questão é que, na prática, o limite de altura de edificações não vigora apenas conforme o ZPA, pois antes da sua revisão, em 2011, que instituiu uma maior restrição de gabarito, a região central de Teresina, incluindo a porção da zona leste mais próxima ao rio Poti, já contava com diversos edifícios de múltiplos pavimentos, com uma média de 12 a 20 pavimentos, chegando-se a 28 pavimentos. Esses edifícios constituem uma quebra do limite da superfície do ZPA de 2011, de modo que os lotes situados após esses edifícios em relação ao aeroporto adquirem o mesmo limite de altura dos edifícios existentes, o que reduz consideravelmente a restrição de gabarito imposta pelo ZPA.

A partir desse panorama, considera-se irrelevante as limitações que o ZPA gera sobre o IA resultante dos lotes na zona leste de Teresina, em especial no entorno dos corredores de transporte público analisados. Sendo pequenas as restrições de gabarito, as limitações impostas pelos recuos e pela taxa de ocupação no CA resultante teoricamente podem ser compensadas aumentando-se a quantidade de pavimentos. Dessa forma, o CA pode ser considerado o principal parâmetro condicionante do adensamento construtivo na maior parte da zona leste, por isso, será o único parâmetro construtivo analisado espacialmente.

O CA não é espacializado de forma direta; sua leitura pode se dar de forma indireta no mapa de zoneamento, que delimita as zonas às quais os CA estão vinculados. No entanto, nesse mapa, as zonas possuem uma gradação de cores aleatórias, o que dificulta a leitura espacial desse índice. Assim, optou-se por espacializar os CA na zona leste com uma gradação própria de cores, estabelecidas de forma hierárquica, incluindo-se o corredor analisado e sua respectiva área de abrangência (figura 18):

Figura 18: Zona leste de Teresina: Coeficientes de Aproveitamento e corredor do Inthegra



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir do Mapa de zoneamento (2015), e de dados do Plano Diretor de Teresina (2006).

A partir do mapa, observa-se que, de uma forma geral, os CAs foram estabelecidos seguindo uma hierarquia conforme o sistema viário como um todo, havendo CA 3,0 (em vermelho) no entorno de vias coletoras e arteriais, mais destacadas em relação às ruas locais. Já no interior dos bairros, observa-se que foram aplicados CAs maiores na porção oeste da zona leste, mais próxima do centro da cidade, variando entre 4,0 (em vermelho escuro) e 2,5 (em laranja); e CAs menores nos bairros mais periféricos, variando entre 2,0 (em amarelo) e 1,0 (em branco). Assim, pode-se concluir que, de uma forma geral, a legislação permite um maior adensamento construtivo em áreas residenciais mais próximas ao centro da cidade, e menor nas porções mais distantes do centro.

Em relação à área de abrangência do corredor analisado, considerando um raio de 500 metros a partir do eixo do corredor, há uma grande variância nos CAs. No entorno imediato de todo o corredor, há CA 3,0 (em vermelho), seguindo o padrão adotado nas demais vias de porte arterial e coletora. No entanto, a área de abrangência do corredor se estende além dessa faixa considerada no zoneamento, abrangendo zonas residenciais situadas no interior dos bairros, cujos CAs variam de 4,0 (em vermelho escuro) a 1,0 (em branco). Essa variância nos CAs também se repete fora da área de abrangência do corredor analisado.

Dessa forma, pode-se concluir que os CAs na zona leste permitem o adensamento em grande parte da área de abrangência do corredor analisado; no entanto, como essa permissividade também se aplica na maior parte do entorno das demais vias arteriais e coletoras, e nas zonas residenciais mais próximas ao centro da cidade, não há uma hierarquia que priorize o adensamento no entorno do corredor analisado em relação às demais áreas da zona leste.

II) Análise da regulamentação do PEUC e IPTU progressivo no tempo

O PEUC e o IPTU progressivo no tempo são instrumentos aplicáveis em Teresina, e regulamentados por meio da lei complementar nº 4.781, de 19 de agosto de 2015, que traz as seguintes definições (quadro 21):

Quadro 21: Regulamentação do PEUC em Teresina

Definição de não-edificação, não-utilização e subutilização	I – solo urbano não edificado: aquele que, situado na zona urbanizada, com área igual ou superior a 500 m ² , apresente índice de aproveitamento igual a zero, conforme Lei Complementar nº 3.562/2006; II – solo urbano não utilizado: aquele edificado, mas, comprovadamente desocupado há mais de dois anos, ressalvado os casos dos imóveis integrantes de massa falida; III – solo urbano subutilizado: aquele que, situado na zona urbanizada, com área igual ou superior a 500 m ² (quinhentos metros quadrados), apresente área construída inferior a 10% (dez por cento) da área do terreno. São consideradas passíveis de parcelamento compulsório, as glebas e terrenos ainda não parcelados, com área igual ou superior a 1 ha (um hectare), localizados em área urbanizada do Município, excetuando-se aqueles: I - utilizados por atividades institucionais ou atividades econômicas privadas que, comprovadamente, necessitem daquele espaço; II - integrantes de zonas de preservação ambiental; III - integrantes do sistema de áreas verdes do município.
--	---

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir da lei complementar nº 4.781, de 19 de agosto de 2015

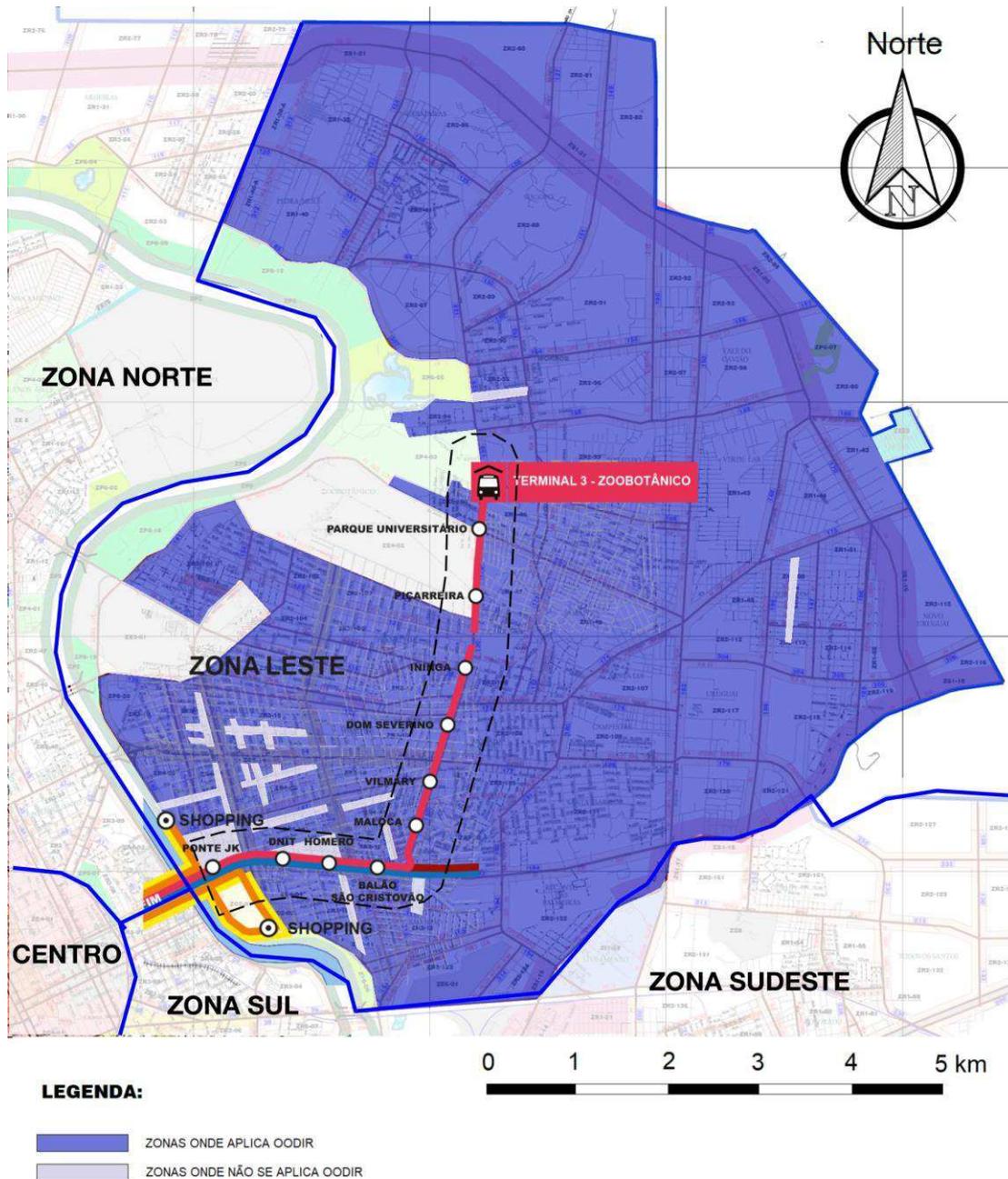
A partir da definição dessas regras e prazos para o cumprimento do PEUC, a lei estabelece a aplicação do IPTU progressivo no tempo em caso de descumprimento do PEUC. Para isso, a lei define a majoração da alíquota, por valor da faixa venal, pelo prazo de 5 anos, até o limite máximo de 15%, conforme as definições estabelecidas no Estatuto da Cidade.

Observa-se que não são estabelecidas categorias de subutilização conforme a área da cidade, e sem estabelecer uma priorização da aplicação dos instrumentos em áreas mais adequadas para o adensamento, como as áreas de abrangências dos corredores de transporte público de maior capacidade, conforme defende Brasil (2015). Dessa forma, a aplicação desses instrumentos não necessariamente promoveria um adensamento que otimize o uso da infraestrutura da cidade, bem como o uso do transporte público.

III) Análise da regulamentação da OODIR e TDC

O município de Teresina regulamenta a OODIR e a TDC nos capítulos V e VI da lei complementar nº 3.562, de 20 de outubro de 2006. No capítulo V, que trata da OODIR, permite-se a aplicação de IA superior em até 20% em relação ao valor máximo estabelecido para o imóvel, nas zonas residenciais, de serviços e nas zonas comerciais 3 e 6, configurando a seguinte área de atuação (figura 19):

Figura 19: Área de aplicação da OODIR na zona leste de Teresina e corredor analisado



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir do Mapa de Zoneamento de Teresina (2015) e de dados do Plano Diretor de Teresina (2006).

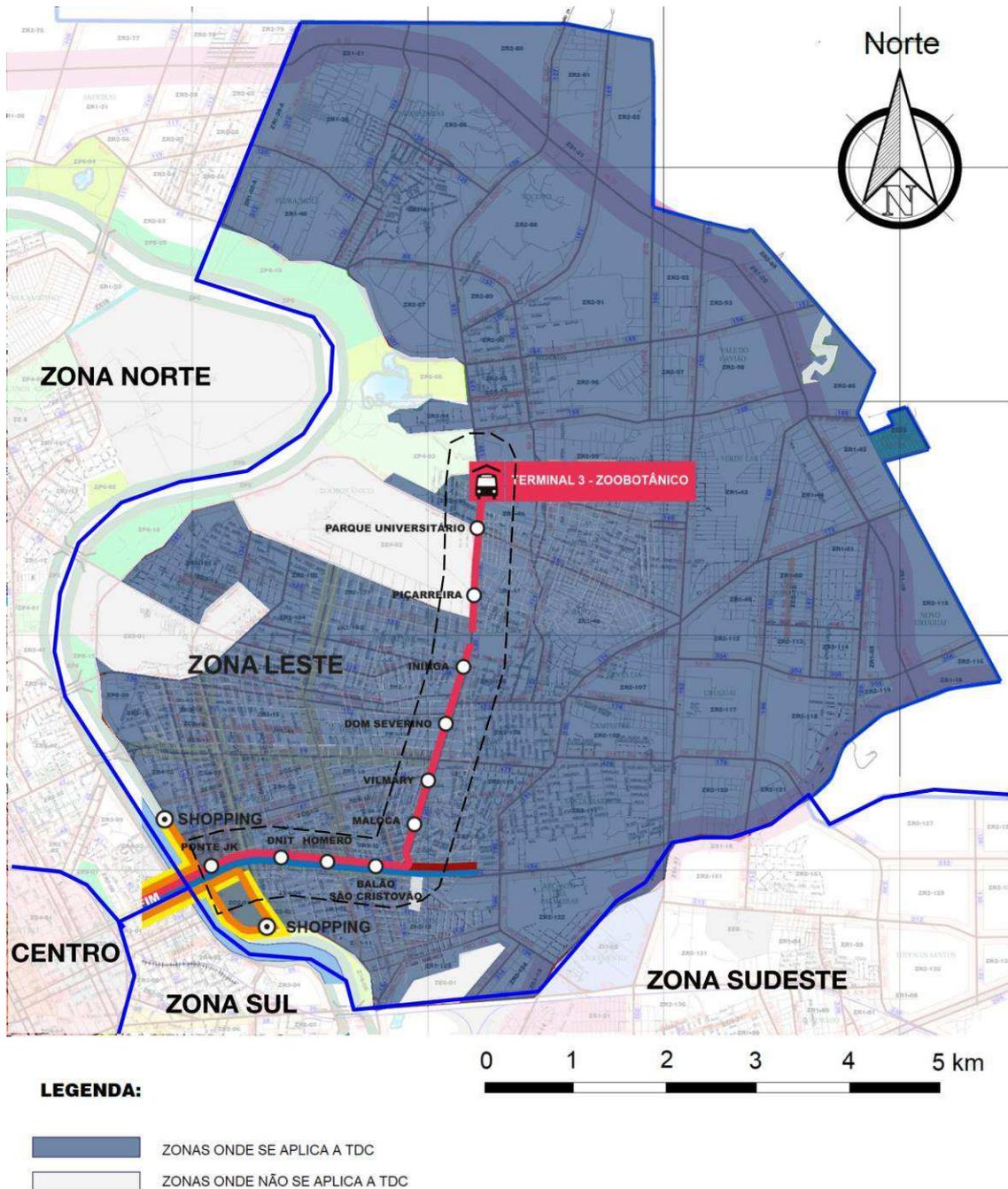
A partir do mapa, observa-se que a área de aplicação da OODIR na zona leste é bastante ampla, se estendendo por boa parte da zona, incluindo a maior parte da área de abrangência do corredor analisado. No entanto, nessa área há zonas onde o instrumento não se aplica. Dessa forma, a aplicação da OODIR não necessariamente promove um adensamento que otimize o uso da infraestrutura da cidade, bem como o uso do transporte público.

Nos demais aspectos, a lei define grande parte dos quesitos necessários para a regulamentação do instrumento, tais como a fórmula de cálculo da contrapartida, as condições de pagamento, procedimentos de notificação, e as finalidades da aplicação dos recursos aferidos com a aplicação do instrumento.

No capítulo VI, que trata da transferência do direito de construir, a lei define a aplicação do instrumento conforme o Estatuto da Cidade. A lei ressalta que a TDC acrescenta potencial construtivo ao terreno receptor, sem pagamento da OODIR, mas limitada aos indicadores de ocupação dos imóveis receptores, e sendo vinculado ao imóvel receptor, não sendo admitida nova transferência.

A lei especifica que os imóveis destinados à preservação ambiental e/ou preservação do patrimônio histórico e arquitetônico podem transferir até 100 % do potencial construtivo não utilizado; já os imóveis destinados à implantação de equipamentos urbanos e comunitários; e ao atendimento à programas de regularização fundiária, de urbanização de áreas ocupadas por população de baixa renda e de implantação de habitações de interesse social podem transferir até 50 % do potencial construtivo não utilizado. A lei veda a aplicação da TDC para zonas de preservação, zonas especiais, nas zonas industriais, e nas zonas de comércio ZC1 e ZC4. O conjunto das demais zonas aptas para a recepção da TDC na zona leste abrangem a seguinte área em relação ao corredor analisado (figura 20):

Figura 20: Área de recepção da TDC na zona leste de Teresina e corredor analisado



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir do Mapa de Zoneamento de Teresina (2015) e de dados do Plano Diretor de Teresina (2006).

A partir do mapa, observa-se que as áreas de recepção da TDC apresentam um padrão genérico na zona urbana, sem estabelecer prioridade para as áreas de abrangência dos corredores de transporte público analisados, portanto, não necessariamente o instrumento promove um adensamento que otimize o uso do transporte público.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1. Sobre os desafios para a integração entre estrutura urbana e transporte público

Muitos estudos que exploram as dinâmicas entre uso e ocupação do solo e transportes abordam diversos conceitos e diretrizes para uma melhor integração entre esses campos, de modo a melhorar a mobilidade urbana e a eficiência no uso da infraestrutura. No entanto, são poucos os estudos que se aprofundam em entender como os mecanismos legais de planejamento urbano podem ser trabalhados para construir a realidade idealizada na teoria e nos paradigmas.

Esse complexo exercício de análise demanda, primariamente, uma compreensão mais holística dos conceitos e do quadro normativo relacionado tanto à estrutura urbana quanto aos transportes e mobilidade. Nesse sentido, esperamos que esta pesquisa tenha auxiliado a esclarecer, compilar e complementar conceitos, e estabelecer parâmetros para analisar a realidade, como exercício crítico do processo de planejamento urbano.

A análise histórica da evolução dos paradigmas de planejamento urbano foi fundamental para contextualizar o momento em que vivemos, justificando, além da Política Nacional de Mobilidade Urbana, porque o transporte público deve ser priorizado, tanto na circulação quanto no processo de estruturação do espaço urbano. A análise mostra que o surgimento do transporte público no final do século XIX levou a um processo natural de adensamento no seu entorno. Esse processo que perdeu força com a desestruturação dos sistemas de transporte sobre trilhos ao longo do século XX, quando as políticas voltadas para a construção de infraestruturas passaram a privilegiar os veículos de transporte individual. Enquanto isso, o transporte público passou a ser tratado como um sistema anexo e ineficiente, gerando um efeito retroalimentador de dependência do veículo individual, aumento da taxa de motorização, e efeitos perversos dos acidentes de trânsito e congestionamentos sobre a mobilidade e a qualidade de vida. No final do século XX, a busca por um desenvolvimento mais sustentável tem promovido o transporte público em função da sua maior eficiência, em termos de capacidade de transporte, custo da infraestrutura, e impacto ambiental; e da sua importância como elemento estruturador do espaço, aliado ao paradigma da cidade compacta, que, conforme identifica Gentil (2015), com sua densidade, diversidade de

usos, continuidade e conectividade, promove a mobilidade sustentável, onde o transporte público possui um papel de destaque.

Assim, o desafio para a integração entre estrutura urbana e o transporte público reside na compreensão dessas características, e sobretudo, dos mecanismos legais que as promovem.

6.2. Sobre os procedimentos de análise espacial e suas limitações

A partir da análise realizada, considera-se que os procedimentos utilizados foram adequados para os propósitos. A escolha da densidade populacional - enquanto característica da estrutura urbana que facilita a mobilidade sustentável, e por conseguinte, a mobilidade por transporte público - para análise, se mostrou relevante a partir da bibliografia explorada. No entanto, a análise se mostra parcial quando se considera a importância das demais características da estrutura urbana para a mobilidade, em especial, o uso do solo. Nesse sentido, recomenda-se que futuros estudos insiram essas variáveis para análise de um espaço urbano.

Também fazem-se necessários mais estudos que aprofundem e atualizem as relações de custo-benefício da densidade populacional sobre o desempenho do transporte público, levando em consideração a capacidade dos corredores de transporte público em quantidade de passageiros transportados em um determinado período de tempo (seja por hora ou por dia), e a influência da configuração do sistema viário, incluindo os espaços de circulação e de parada, e dos aspectos operacionais ponderados na bibliografia, sobre essa capacidade de transporte. Assim, poderiam ser criados mais intervalos de densidade populacional conforme as características operacionais e de infraestrutura do sistema de transporte público, tornando a análise mais acurada quanto à relação capacidade e demanda.

A intenção de inserir uma análise da realidade previamente à uma análise da legislação se mostrou coerente, pois forneceu subsídios para a delimitação de uma área de recorte, e permitiu ainda uma análise mais crítica da legislação urbanística em questão. Nesse sentido, alguns quesitos relacionados à análise da realidade urbana poderiam ser aprimorados:

- a análise de como os parâmetros construtivos vem permitindo o adensamento urbano em cidades no Brasil e ao redor do mundo;
- a análise do potencial da malha viária para implantação dos corredores de transporte público, verificando se foi explorado em sua totalidade, ou se a configuração do sistema de transporte público se deu apenas em

função do atendimento da demanda existente, e não como um elemento estruturador do espaço urbano, como prescreve a Política Nacional de Mobilidade Urbana de 2012.

6.3. Sobre a análise na zona urbana de Teresina

A análise em Teresina revelou logo de início uma fragilidade em sua estrutura metropolitana, o que levou a limitar a análise apenas na zona urbana de Teresina. Dentro dessa área, a seleção do modal de transporte público 'ônibus', especificamente as linhas troncais do sistema Inthebra que operam em vias com faixas preferenciais e/ou exclusivas se mostrou coerente com a capacidade do sistema, conforme apontado na bibliografia analisada, que sugere que faixas preferenciais e/ou exclusivas para circulação são elementos essenciais para garantir uma maior capacidade de transporte de passageiros em cidades de médio a grande porte, como Teresina. As linhas troncais que operam em eixos onde não há essas faixas, em ambos os sentidos de circulação, não têm como garantir uma maior capacidade de transporte de passageiros, pois os veículos dessas linhas ficam sujeitos ao congestionamento do trânsito, o que tende a reduzir os tempos de viagem, e por conseguinte, a mobilidade por transporte público.

Na análise da legislação de uso e ocupação do solo na zona leste, houve dificuldade de criação de um mapa que mostrasse de forma mais precisa o coeficiente de aproveitamento resultante em cada zona, incluindo todos os parâmetros postulados (gabarito, taxa de ocupação, recuos e área mínima permeável). Isso, porque esse índice varia consideravelmente conforme o lote, em função das suas próprias dimensões, da distância em relação ao zoneamento de proteção aérea, e da possível existência de edifícios que fazem uma 'sombra' no zoneamento de proteção aérea para o referido lote. Também não foi possível a correlação precisa dos índices de aproveitamento com os setores censitários os quais se apresentou os valores de densidade populacional porque dentro destes a aplicação dos índices é muito variada, tornando complexo o cálculo de uma IA médio para o setor censitário.

Analisando-se os parâmetros em cada zona, observou-se em geral uma grande variância na permissividade ao adensamento construtivo. No entanto, a definição das zonas seguiu uma hierarquia conforme a maior parte do sistema viário existente, onde não há corredores de transporte público, e ainda, desconsiderando a maior importância hierárquica do único corredor de transporte público existente na zona. O mesmo se aplica aos instrumentos do Estatuto da Cidade analisados, cujas áreas de aplicação são relativamente genéricas, sem priorizar o adensamento na área de abrangência do corredor analisado.

Dessa forma, observa-se que tanto os valores de densidade populacional não contribuem para um bom desempenho do sistema de transporte público (o que se reflete nos indicadores do sistema apresentados), quanto os dispositivos legais de uso e ocupação do solo não estão configurados para favorecer uma densidade escalonada em relação à oferta de transporte público, falhando em induzir a construção de uma estrutura urbana que promova a mobilidade por transporte público.

6.4. Indicações para o planejamento urbano em Teresina

A partir da análise da correlação entre a realidade e a legislação de ocupação do solo em Teresina quanto à promoção de uma estrutura que facilite a mobilidade por transporte público, apresenta-se como indicações mudanças e/ou complementações na legislação de uso e ocupação do solo, tanto nos parâmetros construtivos quanto na regulamentação dos instrumentos jurídico-políticos instituídos pelo Estatuto da Cidade, para uma efetiva priorização do adensamento na área de abrangência dos eixos onde operam as linhas troncais do sistema de transporte público por ônibus, onde há faixas preferenciais e/ou exclusivas, por se considerar que nesses eixos é onde há maior mobilidade por transporte público na cidade.

A priorização do adensamento dessas áreas se mostra coerente especialmente quando se considera a diferença entre a densidade média existente na cidade, de cerca de 30 hab/ha, e a densidade almejada pelo plano diretor, de 100 hab/ha, valor que só seria atingido se a população da cidade triplicar, sem haver qualquer expansão de perímetro urbano. Considerando a tendência de crescimento populacional do município, esse cenário é altamente improvável, o que reforça a necessidade de se estimular um adensamento mais seletivo – na área de abrangência dos corredores de transporte público, como forma de potencializar a mobilidade por esse meio.

Para isso, recomenda-se que os coeficientes de aproveitamento sejam redefinidos de forma hierárquica em relação à área de abrangência do corredor analisado, e de possíveis corredores a serem criados. Quanto aos instrumentos do Estatuto da Cidade, recomenda-se que seja criada lei ou decreto municipal que complemente a regulamentação do PEUC e IPTU progressivo no tempo, para o estabelecimento de categorias de subutilização conforme a área da cidade, e priorização da aplicação desses instrumentos nas áreas de abrangências dos corredores de transporte público de maior capacidade. Também é fundamental que os instrumentos sejam efetivamente aplicados. Lotes há anos vazios em regiões centrais (figura 21) demonstram a ausência da aplicação desses instrumentos desde a regulamentação dos instrumentos na lei do Plano Diretor de 2006.

Figura 21 - Lotes vazios em área nobre da zona leste de Teresina em 2018



Fonte: Arquivo do autor

Quanto aos instrumentos OODIR e TDC, não se endossa ou rejeita a sua aplicação no município. Antes de mais nada, é preciso considerar que, embora esses instrumentos promovam a captura da mais-valia, ajudando a direcionar investimentos para o desenvolvimento urbano, eles geram um encargo a mais para a construção civil, que encontra dificuldades para se desenvolver, pois a maior parte dos lotes possui alguma edificação, e os valores venais são elevados, de modo que a compra de imóveis para a demolição e construção de edificações maiores apresenta pouca margem de lucro na maior parte da porção central da zona urbana, tornando a construção em áreas mais periféricas mais atrativa. Assim, é necessário medir se o ganho com o pagamento de contrapartida para a outorga do direito de construir acima de um coeficiente de aproveitamento básico compensa a tendência à dispersão urbana com os preços mais atrativos nas regiões mais periféricas, onde se proliferam condomínios horizontais de baixa densidade.

Como pontuado nas observações sobre os procedimentos, faz-se necessária também uma análise aprofundada da configuração do sistema viário, para investigar se este foi utilizado em todo o seu potencial para a criação de corredores de transporte público de maior capacidade, em especial, onde há maior demanda. A análise da distribuição da população, por exemplo, sugere que o sistema Inthebra tenderia a funcionar de forma mais eficiente se as linhas troncais adentrassem no núcleo dos bairros de maior densidade, reduzindo a quantidade de passageiros que necessitam realizar integração entre linhas troncais e alimentadoras.

É fundamental também que a atualização do debate sobre a relação entre estrutura urbana e transportes tenha continuidade, com a atualização de dados sobre o desempenho dos sistemas de transporte público, como uma nova pesquisa OD, e com o censo demográfico de 2020, que atualizará grande parte da base de dados utilizada para a análise aqui trazida, fornecendo novos dados e conferindo um panorama mais preciso da realidade sobre a qual o planejamento urbano e de transportes trabalham.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIOLY, Cláudio; DAVIDSON, Forbes. **Densidade Urbana - Um instrumento de planejamento e gestão**. Rio de Janeiro – RJ. Editora Mauad. 104p. Disponível online em: <https://issuu.com/joseflamarqueg/docs/densidade_urbana_acioly> Acesso em: 08 mar. 2019.

ANDRADE, Patrícia Alonso de. **Densidade e forma urbana: caminhos para uma urbanidade**. In: IV Enanparq: Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Porto Alegre, 2016. Disponível online em: <<https://www.anparq.org.br/dvd-enanparq-4/SESSAO%2023/S23-02-ANDRADE,%20P.pdf>> Acesso em: 08 mar. 2019.

ANTP. Associação Nacional dos Transportes públicos. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público - Simob/ANTP. Relatório geral 2014**. Disponível online em: <<http://files.antp.org.br/simob/simob-2014-v10.pdf>> Acesso em: 08 mar. 2019.

ARRUDA, Fabiana Serra de. **Aplicação de um modelo baseado em atividades para análise da relação uso do solo transportes no contexto brasileiro**. 2005. 199p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil - Transportes) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 2005. Disponível online em: <<file:///C:/Users/andre/Downloads/FinalFSA.pdf>> Acesso em: 08 mar. 2019.

BENÉVOLO, Leonardo. **História da Cidade**. 3. ed. Perspectiva: São Paulo, 2001.

BEZERRA, Maria do Carmo de Lima. **O planejamento de transportes urbanos como instrumento de controle da poluição do ar e sonora**. 1988. 165 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Programa de pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, UnB, Brasília.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal. 1988.

_____. **O Estatuto da Cidade**. Lei federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 11. jul. 2001. Disponível online em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS_2001/L10257.htm> Acesso em: 08 mar. 2019.

_____. Estatuto da Cidade. **Guia para implementação pelos municípios e cidadãos**. 2ª ed. Brasília, DF: Câmara Federal. 2002. 274p. Disponível online em: <http://www.agenda21local.com.br/download/estatuto_cidade_2002.pdf> Acesso em: 08 mar. 2019.

_____. **Política Nacional de Mobilidade Urbana**. Lei federal nº 12.587, de 03 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana.

Disponível online em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm> Acesso em: 08 mar. 2019.

CALTHORPE, P. **The Next American Metropolis: Ecology, Community and the American Dream**. Nova York: Princeton Architectural Press, 1993.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. Disponível online em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>> Acesso em: 08 mar. 2019.

CAMPOS, Vânia Barcellos Gouvêa; RAMOS, Rui António Rodrigues. **Proposta de indicadores de mobilidade urbana sustentável relacionando transporte e uso do solo**. PLURIS 2005. 1º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. São Carlos, SP, Brasil, 2005. Disponível online em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4871/1/Ramos_CI_2_2005.pdf> Acesso em: 08 mar. 2019.

_____. **Planejamento de transportes: conceitos e modelos de análises**. 2016. Disponível online em: <<http://www.marcusquintella.com.br/sig/lib/uploaded/Planejamento%20de%20Transportes%20-%20V%C3%83%C2%A2nia%20Campos.pdf>> Acesso em: 08 mar. 2019.

CERDÀ, Don Ildefons. **Teoría General de la Urbanización y aplicación de sus principios y doctrinas à la reforma y ensanche de Barcelona**. Madrid: Imprenta Española, 1867. Disponível online em: <<http://www.anycerda.org/web/es/arxiu-cerda/fitxa/teoria-general-de-la-urbanizacion/115>> Acesso em: 08 mar. 2019.

CERVERO, R. **Linking Urban Transport and Land Use in Developing Countries**. Journal of Transport and Land Use (JTLU), vol 6, p. 7-24, 2013.

DENATRAN. Departamento Nacional de Trânsito. **Relatórios estatísticos - Frota de Veículos**. Disponível online em: <<https://www.denatran.gov.br/estatistica/237-frota-veiculos>> Acesso em: 08 mar. 2019.

DEVECCHI, Alejandra Maria. **Políticas de compactação urbana**. In: Revista arq.urb, nº 12. São Paulo, 2014. Disponível online em: <<http://www.usjt.br/arq.urb/numero-12/5-alejandra-devecchi.pdf>> Acesso em: 08 mar. 2019.

FARR, D. **Urbanismo Sustentável: Desenho urbano com a natureza**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

FERRARI, Celson. **Curso de Planejamento Municipal integrado**. Coleção Mackenzie. São Paulo: Livraria Pioneira, 1979.

FIRJAN. **Os custos da (i)mobilidade nas regiões metropolitanas do Rio de Janeiro e São Paulo**. Nota técnica. 2014. Disponível online em:

<<http://www.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8F4EBC426A014EC051E736421F>> Acesso em: 08 mar. 2019.

GENTIL, C. **A contribuição dos elementos da forma urbana na construção da mobilidade sustentável**. 2015. 172 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, UnB, Brasília. Disponível online em:

<<http://repositorio.unb.br/handle/10482/18931>>. Acesso em: 08 mar. 2019.

GONDIM, Mônica Fiuza. **Transporte não motorizado na legislação urbana no Brasil**. 2001. 201 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001. Disponível online em:

<<http://docplayer.com.br/6761347-Transporte-nao-motorizado-na-legislacao-urbana-no-brasil-monica-fiuza-gondim.html>> Acesso em: 08 mar. 2019.

_____. **A travessia no tempo: homens e veículos, da mitologia aos tempos modernos**. 2014. 343 f., il. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2014. Disponível online em:

<<http://repositorio.unb.br/handle/10482/16791>> Acesso em: 08 mar. 2019.

GOVERNO DO ESTADO DO PIAUÍ. **Primeiro VLT marca modernização do transporte ferroviário de Teresina**. Reportagem disponível online em:

<<http://www.pi.gov.br/materia/ccom/primeiro-vlt-chega-em-teresina-e-marca-modernizacao-do-transporte-ferroviario-5706.html>> Acesso em: 08 mar. 2019.

HAROUEL, Jean-Louis. **História do Urbanismo**. Tradução: Ivone Salgado. Campinas: Ed. Papirus, 1990. 150p.

INSTITUT ILDEFONS CERDÀ. **Cerdà - Ciudad y Territorio - una visión de futuro**. Libro catálogo de la exposición "Mostra Cerdà. Urbs i Territori". Barcelona: Electa, 1994. 381p.

KALLAS, Luana Miranda Esper. **Equidade do valor da terra como política pública promotora de justiça social na cidade: coeficiente de aproveitamento básico único e igual a um para todo território do DF e justo pagamento da Outorga Onerosa do Direito de Construir - ODIR**. 2015. 366 f., il. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo)—Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Disponível online em:

<<http://repositorio.unb.br/handle/10482/19829?mode=full>> Acesso em: 08 mar. 2019.

KRAFTA, Rômulo. **Notas de aula de Morfologia Urbana**. Disponível online em:

<<https://pt.scribd.com/document/345715325/Krafta-2014-Notas-de-Aula-de-Morfologia-Urbana>> Acesso em: 08 mar. 2019.

MANHEIM, Marvin L. **Fundamentals of Transportation Systems Analysis**. 3a ed. Cambridge: 1980. The MIT Press, 655p.

MASCARÓ, Juan Luis. **Custos de infraestrutura: um ponto de partida para o desenho econômico urbano**. Tese (Livre Docência) Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Departamento de Tecnologia. São Paulo, 1979. 281p.

_____. **Desenho urbano e custos de urbanização**. 1 ed. Porto Alegre: 1989. Ed. D. C Luzzza, 158p.

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

MITCHELL, Robert; RAPKIN, Chester. **Urban traffic: a function of land use**. Nova York: Columbia University Press, 1954.

MUMFORD, L. **A cidade na história**. 5a. Ed. São Paulo: Martins Fontes, 2001. 742p.

NUCCI, João Carlos. **Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano: Um estudo de Ecologia e Planejamento da Paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP)**. 2ª ed. Curitiba: O Autor, 2008. 150 p. Disponível online em: <<https://tgpusp.files.wordpress.com/2018/05/qualidade-ambiental-e-adensamento-urbano-nucci-2008.pdf>> Acesso em: 08 mar. 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum**. 2ed. Editora da Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 1991. Disponível online em: <<https://pt.scribd.com/doc/12906958/Relatorio-Brundtland-Nosso-Futuro-Comum-Em-Portugues>> Acesso em: 08 mar. 2019.

_____. Habitat III Conference. **The new urban agenda**. In: United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development 2016, Quito – Equador: United Nations, 2016. 30p. 08 mar. 2019.

PANERAI, Philippe. **Análise Urbana**. Tradução de Francisco Leitão; revisão técnica de Sylvia Ficher. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006, 198 p.

PAIVA, Carlos. **Modelos tradicionais de transporte e tráfego**. São Paulo, Sinal de trânsito, 2011. Disponível online em: <https://www.sinaldetransito.com.br/artigos/modelos_tradicionais.pdf> Acesso em: 08 mar. 2019.

PORTO ALEGRE. **Relatório das atividades de densidade urbana - economias por hectare**. Porto Alegre, Secretaria de Planejamento Urbano de Porto Alegre, 1995.

RECK, Garrone. **Apostila de Transporte público**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014, 108 p. Disponível online em: <> Acesso em: 08 mar. 2019.

SANTOS, José Lázaro de Carvalho. **A Integração entre o Planejamento dos Transportes e os Instrumentos de Planejamento e Gestão Urbanos para uma Cidade Sustentável.** Revista VeraCidade, Salvador, Ano 3, No 3. 2008. Disponível online em:
<<http://www.veracidade.salvador.ba.gov.br/v3/images/veracidade/pdf/artigo4.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2019.

SANTOS JÚNIOR, Orlando Alves dos; MONTANDON, Daniel Todtmann (orgs.). **Os planos diretores municipais pós-estatuto das cidades: balanço crítico e perspectivas.** 1 ed. Rio de Janeiro: Letra Capital. Observatório das Cidades. IPPUR/UFRJ, 2011.

SILVA, Geovany Jessé Alexandre da; SILVA, Samira Elias; NOME, Carlos Alejandro. **Densidade, dispersão e forma urbana. Dimensões e limites da sustentabilidade habitacional.** In: Revista Vitruvius. Arqutextos, São Paulo, v. ano 16, n. 189.07, fev. 2016. 37p. Disponível online em:
<<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqutextos/16.189/5957>> Acesso em: 08 mar. 2019.

RODRIGUES DA SILVA, Antônio Nélon. **Densidades urbanas econômicas: a influência do transporte público.** Dissertação (Mestrado em Transportes). Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. Departamento de Engenharia de Transportes (Estradas e Aeroportos). São Paulo, 1990. 281p.

TAYLOR, Ian; SLOMAN, Lynn. **Masterplanning Checklist for Sustainable Transporte in New Developments.** Transport for quality of life: London, 2008. 7pg.

TEIXEIRA, E. H. S .B et al. **Guia da mobilidade e desenvolvimento inteligente.** 1 ed. Rio de Janeiro: Federação das Empresas de Transporte de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro, 2016. 156 p. Disponível online em:
<<http://www.fetranspordocs.com.br/downloads/GuiadaMobilidade2017.pdf>> Acesso em: 08 mar. 2019.

TERESINA. **Agenda 2030.** Teresina: Prefeitura Municipal de Teresina, 2015. Disponível online em:
<<http://semplan.35.193.186.134.xip.io/wp-content/uploads/sites/39/2015/10/Teresina-Agenda-2030.pdf>> Acesso em: 08 mar. 2019.

_____. **Lei 3558-2006, Plano Diretor Municipal.** Teresina: Prefeitura Municipal de Teresina, 2006. Disponível online em:
<<http://semplan.35.193.186.134.xip.io/wp-content/uploads/sites/39/2017/03/Lei-n%C2%BA-3.558-de-20.10.2006-PLANO-DIRETOR.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2019.

_____. **Plano Diretor de Mobilidade Urbana e Transportes de Teresina.** Teresina: Prefeitura Municipal de Teresina, 2008. Disponível online em:
<<http://semplan.35.193.186.134.xip.io/wp-content/uploads/sites/39/2017/03/PLANO-DIRETOR-DE-TRANSPORTE-E-MOBILIDADE-URBANA-DE-TERESINA.pdf>> Acesso em: 08 mar. 2019.

_____. **Lei Complementar nº 4.781, de 19 de agosto de 2015.** Institui, nos termos dos arts. 5º a 8º, da Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001 – denominada Estatuto da Cidade –, instrumentos para cumprimento da Função Social da Propriedade no Município de Teresina, e dá outras providências. Teresina: Prefeitura Municipal de Teresina, 2015.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara. O que é trânsito. 3a ed. São Paulo: Brasiliense, 1998, 120 p.

_____. **Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas.** São Paulo, Annablume, 2000, 284 p.

VILLAÇA, Flávio. **As ilusões do Plano Diretor.** São Paulo, 2005, 95 p. Disponível online em: <<http://www.planosdiretores.com.br/downloads/ilusaopd.pdf>> Acesso em: 08 mar. 2019.

WINGO, Lowdon Jr.; PERLOFF, Harvey S. **The Washington transportation plan: technics or politics?** Proceedings and papers of the Regional Science Association, 1961.