



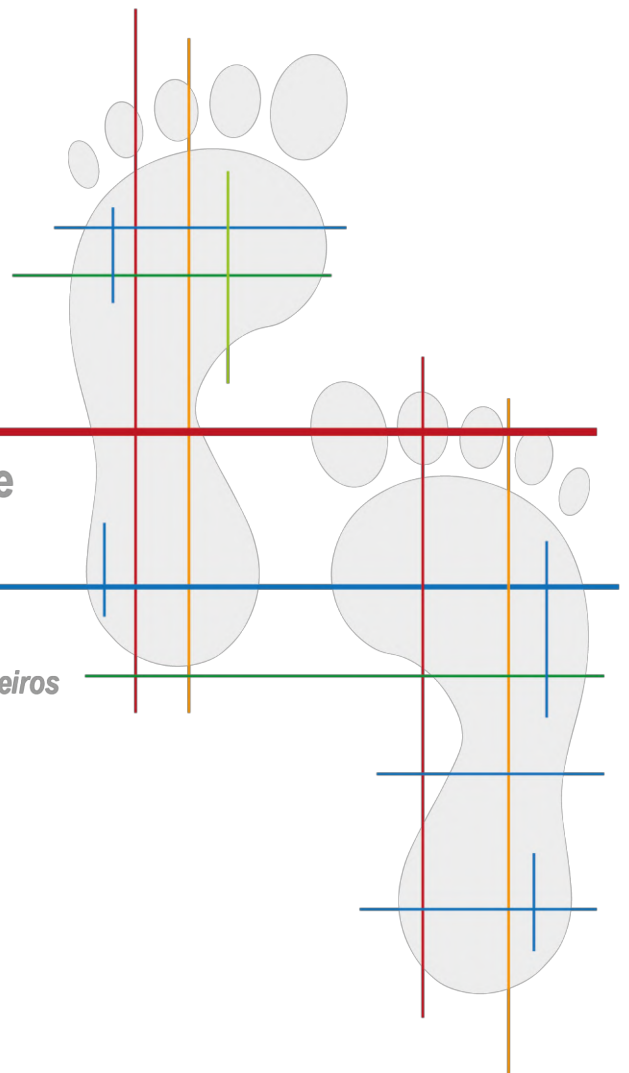
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - PPG-FAU
MESTRADO EM PLANEJAMENTO URBANO E PROJETO

METABOLISMO E CONFIGURAÇÃO URBANA:

Díálogos entre Pegada Ecológica e
Sintaxe Espacial em Teresina - PI

MARIANA ALVES ADÃO

Orientador: Prof. Dr. Valério Augusto Soares de Medeiros



MARIANA ALVES ADÃO

**Metabolismo e Configuração Urbana: Diálogos entre Pegada
Ecológica e Sintaxe Espacial em Teresina – PI**

*Metabolism and Urban Configuration: Dialogues between Ecological Footprint and
Space Syntax in Teresina – PI*

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, na Área de Concentração Projeto e Planejamento Urbano.

Orientador: Prof. Dr. Valério Augusto Soares de Medeiros.

Brasília, 2022

Aos Alves Adão e ramificações.

AGRADECIMENTOS

À Espiritualidade, que sempre me colocou no lugar certo e na hora certa, mesmo que eu só tenha compreendido depois... Sempre grata!

Aos meus pais, Aurelio e Graça, por estarem sempre comigo, não importa como e quando. Obrigada por serem os melhores que eu poderia ter!

Aos meus irmãos, Marco Aurelio e Marília, e à minha cunhada, Rosália, por todo o apoio e cumplicidade ao longo de todos esses anos.

Aos meus sobrinhos queridos, Miguel e Maria Rosa, por serem meus xodós, meus amores, minhas pedrinhas preciosas.

Às queridas Tia Ceicinha e Juliana, que sempre estiveram na torcida e acreditaram em mim.

À Família Costa Bento, Tio Jô, Tia Dalva e Igor, que são minha família também.

À Família Câmara Terto, Carlos, Lady, Lucas, João, Clarice e Ester, que me adotaram como parte deles.

Aos amigos do IFPI para a vida, Ailton Freire, Helder Pontes e Mauro César, por toda a força que me deram durante toda essa jornada, me incentivando, protegendo e acolhendo.

Às minhas divas, Cintia Bartz, Flávia Maia e Gabriela Uchôa, fundamentais para que o primeiro passo dessa jornada fosse dado – e para que ela fosse, também, concluída.

À Família que fiz em Brasília, Paulinha, Telmo e Vânia, que me acolheram e fizeram daquela cidade a minha segunda casa, meu lugar de carinho, amizade e compreensão – há amor em BSB!

Ao MP Farias, que segurou minha mão com tanto amor e dedicação quando eu mais precisei e não soltou mais – e até hoje seguimos de mãos dadas pelas estradas da vida.

Aos membros da banca, Profa. Dra. Wilza Lopes e Prof. Dr. Rômulo Ribeiro, pela disponibilidade, pela paciência, pela leitura cuidadosa e pelas excelentes contribuições.

Por fim, e não menos importante ao prof. Dr. Valério de Medeiros, uma das pessoas mais inteligentes e humanas que conheci nesta jornada. Obrigada, Professor, por não ter desistido de mim, mesmo quando eu já havia desistido!

RESUMO

A pesquisa explora a experimentação de ferramentas metodológicas do metabolismo urbano para ações de desenho e planejamento da cidade, tendo por estudo de caso Teresina, capital do Piauí. Ao assumir que a forma da cidade é uma maneira de interpretar a sociedade, entende-se que aspectos da dinâmica urbana podem ser compreendidos por uma leitura morfológica. O objetivo, com base nestas premissas, é investigar a associação entre técnicas configuracionais, analisadas por meio da Sintaxe Espacial (Teoria da Lógica Social do Espaço), e metabólicas, investigadas segundo a leitura da Pegada Ecológica, de modo a fornecer subsídios para uma melhor compreensão das relações de interdependência que existem nos assentamentos humanos. As abordagens são contrapostas no espaço urbano em forma de camadas, com o intuito de entender suas intersecções. Para tanto, executa-se uma análise sintática diacrônica da expansão urbana do assentamento, amparada por mapas axiais e de segmentos, em variáveis topológicas e geométricas. Na sequência, em setores consolidados dentro do tecido urbano, calcula-se a Pegada Ecológica a partir de quatro eixos: energia elétrica, água, geração de resíduos sólidos e combustíveis fósseis. O confronto entre as medidas, realizado segundo técnicas estatísticas selecionadas, apresenta resultados significativos entre variáveis da Pegada Ecológica e geométricas da Sintaxe Espacial. Os resultados obtidos a partir do confronto entre todas as medidas e do diálogo com as abordagens permitem compreender as articulações entre as camadas morfológica/configuracional e metabólica, reforçando o papel da escala e das relações entre partes entre os elementos constituintes da cidade para o desempenho. Em certa medida, os recursos consumidos e os resíduos gerados por uma determinada população que ocupa setor com características espaciais próprias podem, até certo grau, ser compreendidos consoante as características espaciais.

Palavras-chave: Metabolismo Urbano, Pegada Ecológica, Configuração Urbana, Sintaxe Espacial, Teresina.

ABSTRACT

The research explores the experimentation of methodological tools of urban metabolism for design and city planning, having Teresina, the capital of Piauí, as the case study. Assuming that the city's shape is a way of interpreting society, aspects of urban dynamics can be understood through a morphological reading. The objective, based on this premise, is to investigate the association between configurational techniques, analyzed using Space Syntax (Theory of the Social Logic of Space), and metabolic techniques, investigated according to the Ecological Footprint reading, to provide subsidies for a better understanding of the relationships of interdependence that exist in human settlements. The approaches are interposed in the urban space as layers, in order to understand their intersections. For that, a diachronic syntactic analysis of the urban expansion of the settlement is carried out, through axial and segment maps, in topological and geometric variables. Then, in consolidated sectors within the urban fabric, the ecological footprint is calculated based on four axes: electricity, water consumption, generation of solid waste, and fossil fuels. The confrontation between the measures was realized by selected statistical techniques and presented significant results between variables of the Ecological Footprint and geometric variables of the Spatial Syntax. The results obtained from the confrontation between all the measures and the dialogue with the approaches allow an understanding of the articulations between the morphological/configurational and metabolic layers, reinforcing the role of the scale and the relations between parts of the constituent elements of the city for its performance. To a certain extent, the resources consumed and the waste generated by a given population occupying a sector with its own spatial characteristics can be deduced according to these spatial characteristics.

Keywords: Urban Metabolism, Ecological Footprint, Urban Configuration, Space Syntax, Teresina.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Imagem aérea da cidade de Teresina (PI). Fonte: Acervo Setur-PI, <https://viagemeturismo.abril.com.br/cidades/teresina/>
- Figura 2:** Sistemas aberto, fechado e isolado, de acordo com as Leis da Termodinâmica. Fonte: Elaborado pela Autora.
- Figura 3:** Avanço do tecido urbano sobre o meio ambiente. Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/exodo-rural.htm>
- Figura 4:** Vista da cidade de Manchester (Inglaterra) em 1870, quando a fumaça densa das chaminés industriais domina a paisagem. Fontes: Alamy Stock Photo; <https://www.scienceandindustrymuseum.org.uk/objects-and-stories/air-pollution>
- Figura 5:** Foto do engenheiro sanitarista Abel Wolman, criador do conceito ocidental de "metabolismo urbano". Fonte: <https://retrospective.jhu.edu/our-collection/abel-wolman>
- Figura 6:** Imagem aérea de East Los Angeles, na Califórnia (Estados Unidos) em 1961.
- Figura 7:** Vista do centro (*downtown*) da cidade de St. Louis, no Missouri (Estados Unidos), em 1967.
- Figura 8:** Vista de Ancoats, Manchester (Inglaterra), nos anos 1870.
- Figura 9:** Vista das condições de vida da população industrial.
- Figura 10:** Linha temporal sobre o conceito de cidades. Fonte: elaborado pela autora.
- Figura 11:** Paris antiga - *Rue des Marmousets* a partir da *Rue Saint-Landry*. Fotografia de Charles Marville.
- Figura 12:** Vista da cidade de Paris, com a Torre Eiffel ao fundo. Fotografia de James Farley.
- Figura 13:** Mapa da cidade de Barcelona no século XVI, com destaque para as muralhas que delimitam a cidade. Fonte: Narciso (2008, p. 75).
- Figura 14:** Mapa da proposta de Cerdá para Barcelona, com novas vias de ligação entre o centro antigo medieval e os novos bairros. Fonte: Narciso (2008, p. 77).
- Figura 15:** Cidade de Barcelona, planejada por Cerdá, vista de cima. Foto de Nord Arquitetura.
- Figura 16:** A cidade de Chicago (no estado norte-americano de Illinois) em 1871, antes do grande incêndio que a atingiu em outubro daquele ano (e durou 3 dias seguidos). Autor da Imagem: W. Flint (c.1872). Fonte: Site da Biblioteca do Congresso Norte-Americano, <https://www.loc.gov/resource/g4104c>
- Figura 17:** Vista aérea do centro (*Central Downtown*) de Chicago em 1926.
- Figura 18:** Mapa colorido da área central da cidade de Danzig, produzido por Geisler no ano de 1918.
- Figura 19:** Gráfico comparativo entre uma cidade norte americana de 1 milhão de habitantes e um lago de fertilidade moderada. Os padrões de densidade e de uso do solo urbano foram baseados em média estatística de 7 grandes cidades (Nova Iorque, Chicago, Filadélfia, Los Angeles, Detroit, Cleveland e Pittsburg), tabuladas por Charles Abrams em 1965. Fonte: Odum (1975, p. 40).
- Figura 20:** Uma cidade definiria caso fosse coberta de um material impenetrável, cessando todos os fluxos.
- Figura 21:** Esquema sobre como a natureza fornece suprimentos para a manutenção da vida humana ao mesmo tempo em que absorve os detritos gerados pela atividade humana. Fonte: Wackernagel e Rees (1996, p. 8).
- Figura 22:** Fórmula do fator de equivalência (*equivalence factor*) para a Pegada Ecológica. Fonte: Andrade (2006, p. 39).
- Figura 23:** Fatores de equivalência referentes a cada um dos tipos de áreas bioprodutivas.

Figura 24: Pegada Ecológica nacional e biocapacidade *per capita* do Brasil no ano de 2018. É possível ver que a biocapacidade *per capita* nacional caiu consideravelmente nos últimos 60 anos.

Figura 25: Mapa mundial de déficit e superávit ecológicos. O Brasil é um dos países com maior superávit ecológico, apesar dos números estarem em vertiginosa queda desde os anos 1960. Disponível em: Site GFN (2022) <https://data.footprintnetwork.org/>. Acesso em agosto/2022.

Figura 26: Exemplo de decomposição do espaço urbano em linhas (representação linear), para trecho da cidade de Teresina (PI). Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 27: Exemplo de marcação de linhas axiais em vias curvas em trecho da cidade de Teresina (PI). As linhas devem ser interrompidas quando encontrarem uma barreira física que impeça o movimento. Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 28: Bairro São Cristóvão (Teresina - PI), em imagem de satélite (esquerda) e sua representação linear.

Figura 29: Representação linear da Zona Sudeste da cidade de Teresina (PI) sobre imagem de satélite. As linhas da modelagem estão marcadas em vermelho e os bairros delimitados em linha branca. Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 30: Representação linear da cidade de Teresina (PI), marcado sobre imagem de satélite. A delimitação da área se deu por continuidade do tecido urbano. Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 31: Representação linear do sistema urbano Teresina-Timon. As duas cidades pertencem a dois estados diferentes, Piauí e Maranhão, e são separadas pelo Rio Parnaíba, apesar dos tecidos urbanos contínuos. Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 32: Representação linear dos 15 municípios que compõem a RIDE Grande Teresina sobre imagem de satélite. Acima e à direita, a demarcação da localização da RIDE na divisa entre Piauí e Maranhão; acima e à esquerda, a demarcação dos municípios e as respectivas manchas urbanas; abaixo, as linhas amarelas indicando os eixos da representação linear, que estão pouco visíveis devido à escala. Em azul, a demarcação do Rio Parnaíba, dividindo o PI do MA. Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 33: Mapa axial com representação das variáveis integração global (INT_{th} – à esquerda) e integração local (INT_{hr3} – à direita) do mesmo espaço urbano (Zona Leste da cidade de Teresina). O mapa é apresentado em escala de cores, onde quanto mais quente a cor, maior é o valor da acessibilidade daquela linha. É possível perceber as diferenças de cores nos dois mapas, indicando que linhas mais integradas globalmente (em relação a todo o sistema) podem ser menos integradas quando analisadas em nível local (raio 3), e vice-versa. Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 34: Exemplo de marcação de linhas axiais para a confecção de mapa axial a partir dos eixos viários.

Figura 35: Esquema de linhas axiais marcadas, mostrando os cruzamentos dos eixos, que resultarão no fracionamento em segmentos. Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 36: Exemplo de mapa de segmentos gerado a partir de um mapa axial: cada cruzamento de linha gera um segmento. Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 37: Mapa axial (esquerda) e mapa de segmentos (direita) do bairro São Cristóvão (Teresina - PI), na variável conectividade: é possível observar a diferença entre eixos (linhas completas) e segmentos (porções das linhas).

Figura 38: Mapa de integração global (INT_{th}) de Teresina. O Centro (marcado) aparece como região mais integrada, o que atesta sua importância configuracional diante do sistema urbano completo – este é um claro exemplo de como o potencial obtido pelas modelagens configuracionais corresponde à realidade. Fonte: (ADÃO, MEDEIROS e HOLANDA, 2019).

Figura 39: Mapa de conectividade (CONN) da cidade de Teresina (PI) no ano de 2018.

Figura 40: Localização da cidade de Teresina no mapa do Estado do Piauí. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 41: Divisão atual de bairros de Teresina por Superintendências de Ações Administrativas Descentralizadas – SAADs. Fonte: Site da SEMPLAN (TERESINA, 2022).

Figura 42: Vista aérea de Teresina, com destaque para o Rio Poti, ao Centro da imagem.

Figura 43: Mapa de localização da Nova Vila do Poti (1852 – em vermelho) em relação à antiga Vila do Poti (em amarelo). Fonte: Silva (2017, p. 40).

Figura 44: Plano original da cidade de Teresina, com a demarcação de praças e do Estádio Lindolfo Monteiro. Fonte: Braz e Silva (2012, p. 224).

Figura 45: Mapa comparativo entre o tecido urbano de Teresina em 1852 e hoje. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 46: Marcação do núcleo original de Teresina (1852) e das principais avenidas que permitiram a expansão da malha urbana da cidade. É possível observar o aspecto reticulado da malha urbana original. Fonte: Elaborado pela autora a partir de Braz e Silva (2012) e Silva (2017).

Figura 47: Mapa comparativo do tecido urbano de Teresina em 1922 e nos dias atuais. Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 48: Núcleo urbano de Teresina no ano de 1922, limitado a norte e a leste pela Avenida Miguel Rosa, que acompanha a linha férrea. Fonte: Elaborado pela autora com base no estudo de Brito e Medeiros (2014).

Figura 49: Mapa comparativo entre o tecido urbano de Teresina em 1952 e atualmente.

Figura 50: Mancha urbana no início da década de 1950, com base nos estudos de Brito e Medeiros (2014) e Silva (2017). Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 51: Mapa com marcações axiais das vias de Teresina no início dos anos 1960, baseado nas informações de Silva (2017) e Castelo Branco (2012). Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 52: Conjuntos habitacionais construídos na década de 1960 (60-69), conforme registro de Silva (2017). Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 53: Conjuntos habitacionais construídos na década de 1970 (70-79), conforme registro de Silva (2017). Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 54: Conjuntos habitacionais construídos na década de 1980 (80-89), conforme registro de Silva (2017). Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 55: Conjuntos habitacionais construídos na década de 1990 (90-99), conforme registro de Silva (2017). Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 56: Mapa comparativo do tecido urbano no ano de 1992 e nos dias de hoje. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 57: Tecido urbano consolidado da cidade de Teresina no ano de 2006, e a comparação com os dias atuais. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 58: Tecido urbano dos dias atuais da cidade de Teresina (ano de referência: 2018).

Figura 59: Setores selecionados para cálculo da Pegada Ecológica em Teresina. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 60: Setores urbanos analisados em Teresina, com distinção em relação à classe socioeconômica.

Figura 61: Setor Parque Brasil - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 62: Setor Buenos Aires - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 63: Setor Poti Velho - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 64: Setor urbano Satélite - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 65: Setor Uruguai - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 66: Setor urbano Morada do Sol - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 67: Setor Jóquei - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 68: Setor Noivos - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 69: Setor urbano Recanto das Palmeiras - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 70: Setor urbano São Cristóvão - Vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 71: Setor urbano Gurupi - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 72: Setor urbano Parque Poti - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: elaborado pela autora.

Figura 73: Setor urbano Extrema - vista aérea, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora

Figura 74: Setor urbano Itararé - vista aérea, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 75: Setor urbano Centro 1 - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 76: Setor urbano Centro 3 - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 77: Setor urbano Porenquanto - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 78: Setor urbano Ilhotas - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 79: Setor urbano Redenção - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 80: Setor urbano Angelim - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 81: Expansão diacrônica do tecido urbano da cidade de Teresina, desde a fundação até os dias atuais (ano de referência: 2018). Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 82: Mapa de Integração Global (INT – à esquerda) e de Conectividade (CONN – à direita) do tecido urbano de Teresina referente ao ano de 1852. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 83: Mapa de Integração Global (INT – à esquerda) e de Conectividade (CONN – à direita) do tecido urbano de Teresina no ano de 1922. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 84: Mapa de Integração Global (INT – acima) e de Conectividade (CONN – abaixo) de Teresina no ano de 1952. Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 85: Mapa de Integração Global (INT) da cidade de Teresina no ano de 1992.

Figura 86: Mapa de Conectividade (CONN) das vias de Teresina no ano de 1992.

Figura 87: Vista aérea da cidade de Teresina no ano de 2006 - esta imagem foi utilizada como base para análise configuracional do tecido urbano para o ano de 2006. Fonte: Google Earth.

Figura 88: Mapa de Integração Global (INT) da cidade de Teresina no ano de 2006.

Figura 89: Mapa de Conectividade (CONN) das vias de Teresina no ano de 2006.

Figura 90: Mapa de Integração Global (INT) da cidade de Teresina no ano de 2018.

Figura 91: Mapa de Conectividade das vias (CONN) de Teresina no ano de 2018.

Figura 92: Mapa axial para a variável integração global (INT) de Teresina (INT), com demarcação dos setores analisados. Fonte: Elaborado pela autora.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados dos setores urbanos de Teresina selecionados para análise. Fonte: Elaborada pela autora com base em Sousa (2018).

Tabela 2: Cálculo e conferência das áreas dos setores demarcadas em frações urbanas de Teresina. Fonte: Elaborada pela autora, com base em Sousa (2018).

Tabela 3: Setores urbanos que permanecem na pesquisa (20), após verificação das áreas. Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 4: Setores com suas respectivas informações socioeconômicas. Fonte: Elaborado pela autora, com base nas informações de Sousa (2018).

Tabela 5: Variáveis configuracionais geométricas da expansão urbana de Teresina, por marco temporal.

Tabela 6: Variáveis configuracionais topológicas da expansão urbana de Teresina, por marco temporal.

Tabela 7: Análise sintática dos setores urbanos. Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 8: Quantidade de veículos licenciados em Teresina em dezembro de 2017 e seus respectivos combustíveis.

Tabela 9: Volume de combustível vendido na cidade de Teresina no ano de 2017.

Tabela 10: Cálculo do consumo de energia em Tera-Joule a partir do volume de combustível consumido em Teresina em 2017. Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 11: Quantidade de carbono emitida pelo consumo de combustíveis em Teresina em 2017.

Tabela 12: Total de dióxido de carbono emitido pelo consumo de combustíveis em Teresina em 2017.

Tabela 13: Pegada Ecológica Total e per capita do município de Teresina, com a contribuição de cada item calculado. Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 14: Pegada Ecológica de cada setor, calculada a partir da população. Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 15: Pegada Ecológica do consumo de energia elétrica por setor urbano em Teresina.

Tabela 16: Pegada Ecológica da água por urbano em Teresina. Fonte: Elaborado pela autora, com base em dados de Sousa (2018).

Tabela 17: Pegada Ecológica da produção de resíduos sólidos urbanos por setor urbano de Teresina.

Tabela 18: Cálculo do peso para a média ponderada dos eixos axiais de Teresina, quando processados em mapa axial, para a variável integração global (INT). Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 19: Pegada Ecológica de combustíveis fósseis de cada setor urbano de Teresina. Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 20: Cálculo da Pegada Ecológica Total de cada um dos setores estudados. Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 21: Tabela comparativa a respeito da Pegada Ecológica total de cada um dos setores bom base na população e com base no consumo. Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 22: Correlação linear (r) entre as variáveis de Sintaxe Espacial e de Pegada Ecológica.

Tabela 23: Coeficiente de regressão linear (R^2) entre as variáveis de Sintaxe Espacial e de Pegada Ecológica.

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1:** Crescimento da área do sistema por marco temporal de Teresina.
- Gráfico 2:** Quantidade de linhas por marco temporal. Fonte: Elaborado pela autora.
- Gráfico 3:** Evolução da compacidade na cidade de Teresina. Fonte: Elaborado pela autora.
- Gráfico 4:** Evolução do comprimento médio dos eixos em Teresina. Fonte: Elaborado pela autora.
- Gráfico 5:** Quantidade de segmentos por marco temporal de Teresina.
- Gráfico 6:** Evolução do comprimento médio dos segmentos nos marcos temporais em Teresina. Fonte: Elaborado pela autora.
- Gráfico 7:** Quantidade de segmentos por km² em Teresina nos respectivos marcos temporais. Fonte: Elaborado pela autora.
- Gráfico 8:** Evolução da integração global (INT) e da integração local de raio 3 (INTr3) em Teresina.
- Gráfico 9:** Evolução da Integração global (INT) e da conectividade (CONN) em Teresina.
- Gráfico 10:** NACH e NAIN por marco temporal. Fonte: Elaborado pela autora.
- Gráfico 11:** Quantidades de linhas e de segmentos por setor. Fonte: Elaborado pela autora.
- Gráfico 12:** Tamanho médio de eixos e segmentos. Fonte: Elaborado pela autora.
- Gráfico 13:** Integração Global e Conectividade dos setores urbanos. Fonte: Elaborado pela autora.
- Gráfico 14:** NACH e NAIN dos setores. Fonte: Elaborado pela autora.
- Gráfico 15:** Pegada Ecológica de Energia Elétrica dos setores. Fonte: Elaborado pela autora.
- Gráfico 16:** Pegada Ecológica do consumo de água dos setores. Fonte: Elaborado pela autora.
- Gráfico 17:** Pegada Ecológica dos Resíduos Sólidos Urbanos dos setores. Fonte: Elaborado pela autora.
- Gráfico 18:** Pegada Ecológica de Combustíveis Fósseis dos setores. Fonte: Elaborado pela autora.
- Gráfico 19:** Composição da Pegada Ecológica Total dos setores. Fonte: elaborado pela autora.
- Gráfico 20:** Diferença entre a PE baseada no consumo de recursos e a PE baseada apenas na população residente. Fonte: Elaborado pela autora.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| RESUMO | 04 |
| ABSTRACT | 05 |
| LISTA DE FIGURAS | 06 |
| LISTA DE TABELAS | 10 |
| LISTA DE GRÁFICOS | 11 |
| 1. INTRODUÇÃO | 15 |
| 1.1. METABOLISMO URBANO | 20 |
| 1.2. METABOLISMO URBANO, FORMA DA CIDADE E SINTAXE ESPACIAL: UM CAMPO A INVESTIGAR | 26 |
| 1.3. QUESTÃO DE PESQUISA E OBJETIVOS | 30 |
| 1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO | 31 |
| 2. CONTEXTO HISTÓRICO | 32 |
| 2.1. O PROBLEMA DA CIDADE INDUSTRIAL | 32 |
| 2.2. O ESTUDO DAS CIDADES | 35 |
| 2.2.1. PERÍODO PRÉ-ACADÊMICO (1810 – 1869)..... | 36 |
| 2.2.1.1. PLANO HAUSSMANN PARA PARIS..... | 37 |
| 2.2.1.2. PLANO CERDÁ PARA BARCELONA | 39 |
| 2.2.1.3. URBANISMO | 43 |
| 2.2.1.4. NASCE A ECOLOGIA..... | 44 |
| 2.2.1.5. ARTUR TANSLEY E OS ECOSISTEMAS | 47 |
| 2.2.2. PERÍODO DA INSTITUCIONALIZAÇÃO DAS CIÊNCIAS SOCIAIS: CONSOLIDAÇÃO DA GEOGRAFIA URBANA ALEMÃ (1870 – 1913) . | 48 |
| 2.2.3. PERÍODO ENTRE-GUERRAS (1914 – 1944)..... | 51 |
| 2.2.3.1. ESCOLA DE CHICAGO | 52 |
| 2.2.3.2. MRG CONZEN (1907 – 2000) E A MORFOLOGIA URBANA..... | 54 |
| 2.2.4. OS 30 GLORIOSOS: PERÍODO PÓS-GUERRA (1945 – 1972)..... | 56 |
| 2.2.4.1. ABEL WOLMAN E O METABOLISMO URBANO | 58 |
| 2.2.5. PERÍODO DO INÍCIO DA CRISE ATUAL (1973 – 1995)..... | 60 |
| 2.2.6. PERÍODO ATUAL (1995 – dias atuais) | 64 |
| 2.3. CONCLUSÃO DO CAPÍTULO | 65 |

| | |
|--|-----|
| 3. PEGADA ECOLÓGICA: CONCEITOS E PROCEDIMENTOS | 67 |
| 3.1. PEGADA ECOLÓGICA | 67 |
| 3.2. CAPACIDADE DE CARGA E BIOCAPACIDADE..... | 71 |
| 3.2.1. FATORES DE CONVERSÃO | 72 |
| 3.2.2. SALDO ECOLÓGICO..... | 74 |
| 3.3. PESQUISAS RELEVANTES SOBRE PEGADA ECOLÓGICA PARA ESTA DISSERTAÇÃO | 77 |
| 3.4. METODOLOGIA: USO DA PEGADA ECOLÓGICA NA DISSERTAÇÃO | 80 |
| 3.4.1. PEGADA ECOLÓGICA DE ENERGIA ELÉTRICA (PE _{EE}) | 81 |
| 3.4.2. PEGADA ECOLÓGICA DO CONSUMO DE ÁGUA (PE _A) | 82 |
| 3.4.3. PEGADA ECOLÓGICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (PE _{RSU}) .. | 82 |
| 3.4.4. PEGADA ECOLÓGICA DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS (PE _{CF}) | 84 |
| 3.4.5. PEGADA ECOLÓGICA TOTAL E <i>PER CAPITA</i> | 85 |
| 4. MORFOLOGIA (URBANA) E SINTAXE (ESPACIAL): CONCEITOS E PROCEDIMENTOS..... | 86 |
| 4.1. A CIDADE É UMA LINGUAGEM? | 86 |
| 4.1.1. MORFOLOGIA E SINTAXE | 88 |
| 4.1.2. MORFOLOGIA E CONFIGURAÇÃO URBANA | 91 |
| 4.2. SINTAXE ESPACIAL | 92 |
| 4.2.1. SINTAXE ESPACIAL NO BRASIL – TRABALHOS RELEVANTES PARA ESTA PESQUISA..... | 93 |
| 4.3. METODOLOGIA: USO DA SINTAXE ESPACIAL NA DISSERTAÇÃO | 97 |
| 4.3.1. VARIÁVEIS DA SINTAXE ESPACIAL | 107 |
| 4.4. CONCLUSÃO DO CAPÍTULO | 109 |
| 5. TERESINA, UMA LEITURA GLOBAL E LOCAL | 112 |
| 5.1. LEITURA GLOBAL: A CIDADE..... | 113 |
| 5.2. LEITURA GLOBAL: HISTÓRICO DA EXPANSÃO URBANA..... | 117 |
| 5.3. LEITURA LOCAL: OS SETORES | 139 |
| 5.3.1. ESCOLHA DOS SETORES PARA ANÁLISE | 141 |
| 5.3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS SETORES | 147 |
| 5.4. CONCLUSÃO DO CAPÍTULO | 157 |
| 6. TERESINA: UMA LEITURA MORFOLÓGICA..... | 158 |

| | |
|--|-----|
| 6.1. EXPANSÃO URBANA CONFIGURACIONAL..... | 158 |
| 6.1.1. 1852: O ANO DA FUNDAÇÃO..... | 161 |
| 6.1.2. 1922: A PRIMEIRA GRANDE EXPANSÃO | 162 |
| 6.1.3. DÉCADA DE 1950: OCUPAÇÃO ENTRE RIOS..... | 163 |
| 6.1.4. 1992: DEPOIS DE UMA FORTE EXPANSÃO..... | 165 |
| 6.1.5. 2006: SOB EFEITO DA AGENDA 2015 | 170 |
| 6.1.6. 2018: DIAS ATUAIS | 175 |
| 6.1.7. SÍNTESE DA HISTÓRIA URBANA E CONFIGURACIONAL DE TERESINA | 178 |
| 6.2. UMA LEITURA LOCAL: OS SETORES | 186 |
| 6.3. CONCLUSÃO DO CAPÍTULO | 193 |
| 7. TERESINA: UMA LEITURA METABÓLICA..... | 198 |
| 7.1. UMA LEITURA GLOBAL: A CIDADE | 198 |
| 7.1.1. PEGADA ECOLÓGICA DE ENERGIA ELÉTRICA..... | 198 |
| 7.1.2. PEGADA ECOLÓGICA DO CONSUMO DE ÁGUA | 200 |
| 7.1.3. PEGADA ECOLÓGICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS | 202 |
| 7.1.4. PEGADA ECOLÓGICA DE COMBUSTÍVEL..... | 204 |
| 7.1.5. PEGADA ECOLÓGICA TOTAL E <i>PER CAPITA</i> DE TERESINA..... | 209 |
| 7.2. UMA LEITURA LOCAL: OS SETORES | 210 |
| 7.2.1.1. PEGADA ECOLÓGICA DA ENERGIA ELÉTRICA (PE_{EE})..... | 212 |
| 7.2.1.2. PEGADA ECOLÓGICA DO CONSUMO DE ÁGUA (PE_A)..... | 214 |
| 7.2.1.3. PEGADA ECOLÓGICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS (PE_{RSU}) | 216 |
| 7.2.1.4. PEGADA ECOLÓGICA DOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS (PE_{CF}) | 218 |
| 7.2.1.5. PEGADA ECOLÓGICA TOTAL (PE_{TOTAL}) DE CADA SETOR..... | 222 |
| 7.3. CONCLUSÃO..... | 226 |
| 8. MORFOLOGIA E METABOLISMO: UM VÍNCULO URBANO | 228 |
| 9. CONCLUSÕES A RESPEITO DA PESQUISA | 236 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 240 |

1. INTRODUÇÃO

Quando uma definição pode significar muita coisa, corre o risco de não significar nada. Este é o caso de “cidade”, de acordo com Sudjic (2019). Para o autor, uma cidade, além de uma mera aglomeração de prédios cujo conjunto constrói uma identidade singular, é formada, também, por pessoas, dentro dos limites das possibilidades que o espaço pode oferecer (Figura 1). Rolnik (2009) considera a cidade, antes tudo, até mesmo de se tornar um local de permanência, um imã, um campo magnético de atração humana. Lynch (2011) a assume como uma construção em larga escala do espaço, que só pode ser percebida no decorrer de longos períodos, já que além de ser um objeto percebido por milhões de pessoas de origens e estratos diversos, é produto de construtores que nunca deixam de modificar sua estrutura.

O conceito de cidade é um produto construído ao longo do tempo, sendo afetado por pressões de reformulações dos momentos de grandes transformações que estruturam cada época. O que se sabe é são os mais complexos artefatos produzidos pelo ser humano, pois envolvem uma profunda rede de relações que nascem a partir de processos culturais e sociais que interseccionam a interação entre indivíduos e grupos humanos com o ambiente construído. Essas interações levam à modificação do espaço, gerando padrões regulares e relativamente constantes (repetitivos) de arranjos espaciais, reconhecidos como formas típicas nas quais o ambiente construído é organizado. Envolvidos em relação hierárquica, há aqui ruas, quarteirões, lotes e edificações – esses quatro elementos são a fundamentação do que chamamos “tecido urbano” (MEDEIROS, 2013; OLIVEIRA, 2016; KROPF, 2017; ALMEIDA, 2019).



Figura 1: Imagem aérea da cidade de Teresina (PI). Fonte: Acervo Setur-PI, <https://viagemeturismo.abril.com.br/cidades/teresina/>

Para um mais coerente entendimento do que vem a ser a cidade, assume-se como necessário incluir no debate as visões oferecidas pelo pensamento complexo e pela leitura sistêmica. Segundo Morin (1997), somos desarmados ao falar da complexidade, o tecido que junta o todo formado por constituintes heterogêneas inseparavelmente associadas¹, devido a um modelo educacional que ensina a separar e compartimentar disciplinas, enquanto a realidade é formada de laços e interações. Para o autor, “a sociedade é um conjunto de panes, que produz qualidades e propriedades como a linguagem, a cultura, as regras, as leis”, sendo que “um todo organizado produz qualidades e propriedades que não existem nas partes tomadas isoladamente” (MORIN, 1997); (MORIN, 2005). Essa é a premissa da Teoria Geral dos Sistemas, originalmente formulada pelo biólogo Ludwig von Bertalanffy (1901-1972).

Bertalanffy (2010) verifica, na década de 1920, lacunas dentro dos estudos biológicos, cujo enfoque mecanicista despreza “aquilo que é essencial nos fenômenos da vida” (p. 31). Buscando

¹ *Complexus*, de acordo com Morin (2005, p. 13), significa “o que é tecido junto”.

uma forma de concretizar a visão “organísmica”², propõe a visão de que o organismo seria um sistema aberto³ e, para tanto, procede ensaios sobre metabolismo e crescimento (p. 33). O autor apresenta a teoria pela primeira vez no ano de 1937, num seminário de filosofia na Universidade de Chicago⁴, sendo primeiramente mal-recebida no meio acadêmico até retornar com a tendência do pensamento moderno em construir modelos e fazer generalizações abstratas.

A Teoria Geral dos Sistemas postula que um conjunto de elementos, quando organizados entre si, podem apresentar novas características que não seriam encontradas nos elementos quando observados isoladamente. Portanto, em um sistema, além das partes que compõem um todo, devem ser observadas, também, as **relações** entre os elementos. “O todo é mais do que a soma das partes⁵”. Definido o conceito de sistema, seria possível a existência de modelos, princípios e leis que seriam aplicados a eles de maneira geral (BERTALANFFY, 2010).

A palavra “sistema” vem do grego *synhistanai*, que significa "colocar junto". De acordo com a Termodinâmica, os sistemas podem ser abertos ou fechados (Figura 2), sendo que a existência de um pressupõe a existência de outro. Um sistema termodinâmico, segundo Moran *et al.* (2013, p. 2), é tudo aquilo que se deseja estudar, ou mais especificamente, para Borgnakke e Sonntag (2018, p. 23), é um dispositivo que contém a quantidade de matéria que será estudada. Young e Freedman (2015, p. 279-280) explicam que o sistema termodinâmico pode ser qualquer coleção de objetos que tem potencial de trocar energia com o ambiente, podendo ser um organismo biológico, um dispositivo mecânico ou mesmo uma dada quantidade de material, sendo que o essencial é a definição exata, desde o início do estudo, daquilo que faz parte do sistema.

² Organismos seriam “coisas” organizadas e caberia aos biólogos descobrir no que consistiam (BERTALANFFY, 2010, p. 125). Seria necessário estudar não só os processos e as partes isoladas, mas também resolver os problemas encontrados na organização que os unificavam (p. 55).

³ Um sistema é aberto quando há importação e exportação de matéria para dentro dos seus limites; quando nenhum material entra ou sai, é chamado de sistema fechado (BERTALANFFY, 2010, p. 162).

⁴ Bertalanffy (2010, p. 126).

⁵ Bertalanffy (2010, p. 83).

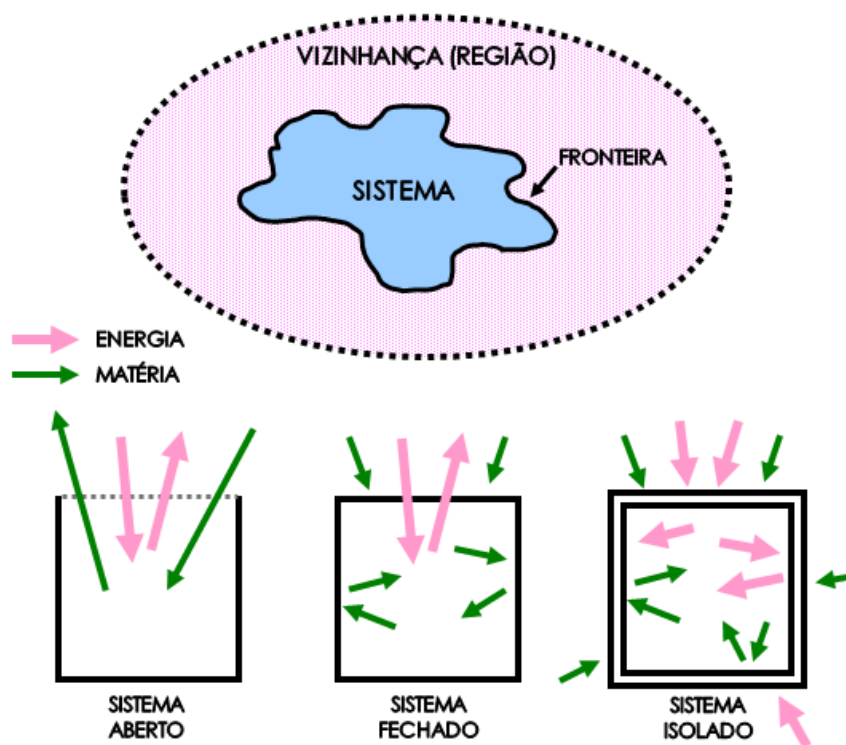


Figura 2: Sistemas aberto, fechado e isolado, de acordo com as Leis da Termodinâmica. Fonte: Elaborado pela Autora.

Morin (2005) explica que o “paradigma da simplificação”⁶, formulado por René Descartes (1596-1650), formado pela disjunção, redução e abstração, onde se separa o sujeito pensante (*ego cogitans*) da coisa entendida (*res extensa*), ou seja filosofia e ciência, permite os avanços e progressos ao pensamento científico e à reflexão filosófica desde o século XVII, no entanto, revela suas consequências nocivas a partir do século XX. Para o autor, a disjunção isola três dos grandes campos do conhecimento científico: física, biologia e ciência do homem, obrigando a remediação a partir da simplificação, ou seja, redução do complexo ao simples, gerando uma hiperespecialização que fragmenta e despedaça o tecido complexo das realidades e faz crer que o corte arbitrário operado no real se trata do próprio real.

⁶ Termo cunhado por Morin (2005, p. 11).



Figura 3: Avanço do tecido urbano sobre o meio ambiente. Fonte: <https://brasile scola.uol.com.br/geografia/exodo-rural.htm>

Nessa perspectiva, como diz Holanda (2007), “é característica do conhecimento científico decompor para aprofundar o saber”. O resultado para os dias atuais, conforme aponta Medeiros (2013, p. 101), é de que “quanto mais nos dedicarmos à compreensão de uma dada realidade, maior a certeza de que esta não pode ser entendida isoladamente ou deceptada de seu contexto e elementos de estruturação”. Quando nos referimos à cidade, tendemos a interpretá-la sob óticas de diversas áreas, tais como geografia, antropologia, matemática, física, economia, sociologia... no entanto, a cidade é o resultado coletivo de decisões individuais, onde as relações humanas, cultura, comércio, política e diversas outras forças multidimensionais e interligadas atuam na formação do espaço e através do tempo, gerando conflitos relacionados ao modelo de ocupação do solo e a forma com a qual o tecido urbano cresce sobre o meio ambiente (MEDEIROS, 2013; OLIVEIRA, 2018; ALMEIDA, 2019). Portanto, a compreensão desses assentamentos precisa pautar-se por uma estratégia que assuma a visão das relações de interdependência que integram o todo urbano, enquanto um sistema de conexões.

1.1. METABOLISMO URBANO

A partir do século XVIII, a humanidade se vê diante de um acontecimento jamais presenciado antes na história e que até hoje repercute na sociedade: a superurbanização⁷. A Revolução Industrial transforma todos os aspectos da vida urbana, alterando a forma-espço da cidade e prejudicando a qualidade do ambiente (Figura 4). As indústrias tendem a se localizar em centros comerciais já consolidados devido à facilidade de acesso das redes de distribuição existentes, transformando as antigas cidades em centros de produção em série, cujo crescimento se dá em escala geométrica. Os trabalhadores fabris se amontoam em moradias tal qual um formigueiro ao redor das fábricas, em ruas imundas onde o esgoto corre a céu aberto e as epidemias proliferam (BENEVOLO, 2001; MEDEIROS, 2013; CLOSSIK, 2016; GONÇALVES JR. *et al.*, 2017). Essa nova formatação urbana se inicia na Inglaterra, berço da Revolução Industrial, e rapidamente se alastra por toda a Europa⁸ e, posteriormente, pelo mundo inteiro.

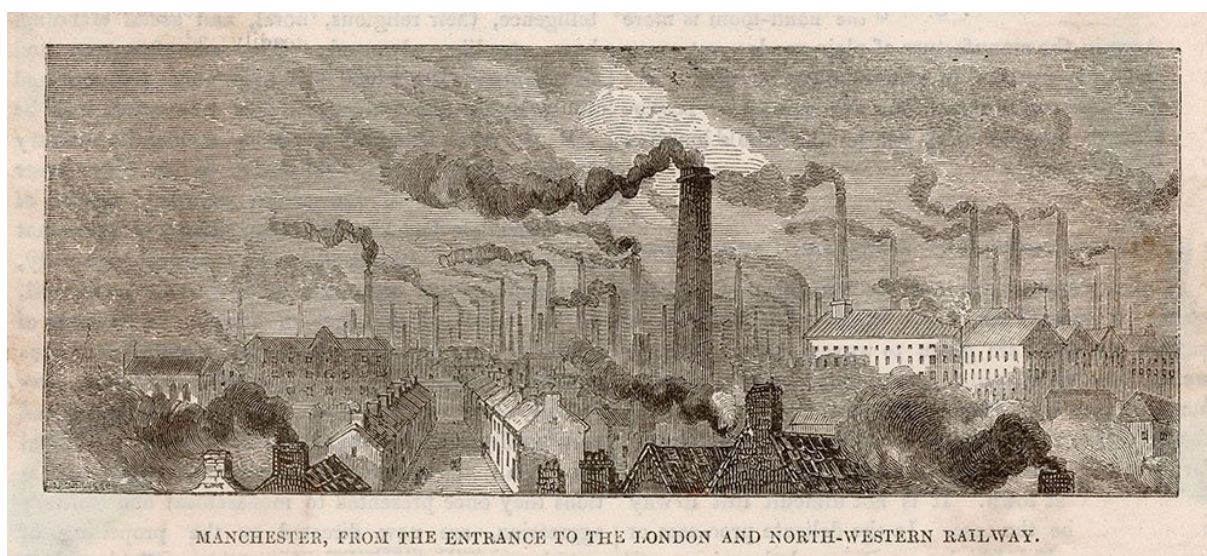


Figura 4: Vista da cidade de Manchester (Inglaterra) em 1870, quando a fumaça densa das chaminés industriais domina a paisagem. Fontes: Alamy Stock Photo; <https://www.scienceandindustrymuseum.org.uk/objects-and-stories/air-pollution>

Ao mesmo tempo, o conhecimento científico desenvolve-se nos mais diversos campos, produto da Revolução Científica iniciada no Renascimento e, também, sujeito à crítica, diante da dependência e/ou justificativa de ideologias dominantes e excludentes, a começar pelo

⁷ Importante lembrar que, neste caso, estamos falando da cidade europeia, uma vez que esse modelo urbano pautou a matriz das cidades ocidentais como as conhecemos hoje em dia. Essa lógica urbana se iniciou na Europa e foi disseminada a partir da conquista e da invasão de territórios segundo o mecanismo colonial estabelecido com a "Era das Navegações", do século XV em diante.

⁸ A Grã-Bretanha tem sua explosão urbana a partir de 1801, seguida por França e Alemanha, que iniciam suas superurbanizações em 1830 (CHOAY, 2015, p. 3). O modelo urbano europeu será futuramente replicado mundialmente, especialmente no ocidente, nas colônias europeias, porém, com diferentes consequências.

Imperialismo Europeu novecentista. Aparte o problema do viés, de acordo com Rosa (2012), a ciência dos séculos XVIII e XIX passa a se orientar em bases racionais, experimentais, quantificadas e positivas, buscando leis gerais e universais que regulariam os fenômenos naturais e sociais, cumprindo função social e recebendo apoio político e econômico, o que impulsiona seu desenvolvimento. Grandes campos do conhecimento, como matemática, física, biologia e química se desdobram com o acréscimo de novas teorias revolucionárias. Importantes instituições de ensino e pesquisa são criadas e ampliadas e iniciam-se acordos de colaboração internacional num esforço coletivo de divulgação e cooperação em prol da ciência (ROSA, 2012). De acordo com Aranha (2006), o panorama socioeconômico se modifica permanentemente pela mecanização da indústria, iniciada com entrada da máquina a vapor nas fábricas no ano de 1750.

Enquanto isso, a sociedade enfrenta problemas decorrentes da explosão demográfica, urbanização descontrolada, êxodo rural e desemprego, trazendo à luz problemas de uma profundidade social nunca vivenciada e desafiando doutrinas sociais, políticas e econômicas a encontrar respostas pertinentes. A questão social se torna objeto de estudos e debates por estudiosos e pesquisadores que buscam soluções para alinhar seus interesses e ideais, adotando o tratamento científico com suas análises metodológicas, e rejeitando qualquer justificativa teológica e metafísica. Para Rosa (2012), este é o tempo do triunfo do pensamento científico no trato de questões terrenas – estudos dos fenômenos físicos, humanos e sociais, enquanto para Barnett (2006) trata-se de um momento em que debates sobre moralidade, morbidade e perversão são extraídos de seus contextos típicos (político, religioso e filosófico) pelos praticantes das novas ciências, para reescrevê-los sob a ótica dos novos conhecimentos biológicos, fundindo teorias científicas e críticas sociais.

Com os olhos dos pesquisadores voltados para o caos das cidades, diversas formulações são propostas. A sociedade industrial emergente requer tanto entendimento (campo de conhecimento) quanto soluções (práticas propositivas) para o fenômeno urbano (CHOAY, 2015; KOHLSDORF e KOHLSDORF, 2017). Especialmente após a Segunda Grande Guerra, já na segunda metade do século XX, quando surgem as preocupações a respeito do futuro da humanidade, muitas abordagens de estudos urbanos evoluem na tentativa de entender o fenômeno urbano pós-industrial e suas consequências, dentre eles, o **Metabolismo Urbano**.

O conceito de metabolismo é fruto do desenvolvimento das ciências, especialmente da biologia e da física no século XIX, tendo sido utilizado pela primeira vez nas ciências sociais por Karl Marx (1818-1893) em 1850 para criticar o processo e as consequências naturais e sociais da agricultura intensiva praticada pelos ingleses (FOSTER, 2015). Sua aplicação no meio urbano⁹ é uma herança do pensamento vigente no início do século XX na Escola de Chicago, que considera a cidade um organismo vivo, cuja influência vem do darwinismo social do filósofo inglês Herbert Spencer

⁹ Aqui consideramos o momento em que o termo “metabolismo” foi utilizado oficialmente em conjunto com “urbano” para designar os processos ditos metabólicos que ocorrem em uma cidade.

(1820-1903). No entanto, diferente do que o termo possa intuitivamente remeter, a cidade, no metabolismo urbano, é vista como um ecossistema¹⁰, termo cunhado pelo ecólogo Arthur Tansley em 1935 para designar a inseparabilidade dos meios orgânicos e inorgânicos em um sistema (TANSLEY, 1935). Esses aspectos estabelecem, em certa medida, um claro diálogo com o pensamento sistêmico e a perspectiva relacional e complexa apontada na seção anterior.

O termo “metabolismo urbano” foi cunhado no ano de 1965 no artigo do engenheiro norte-americano Abel Wolman (Figura 5) intitulado *The Metabolism of Cities*, baseando-se em um modelo matemático simples para contabilizar o consumo de recursos e demanda por energia (*inputs*) e geração de resíduos (*outputs*) de uma cidade hipotética de um milhão de habitantes (WOLMAN, 1965). O

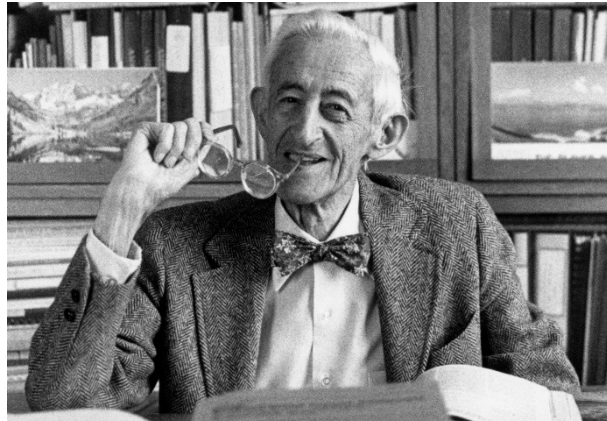


Figura 5: Foto do engenheiro sanitarista Abel Wolman, criador do conceito ocidental de "metabolismo urbano". Fonte: <https://retrospective.jhu.edu/our-collection/abel-wolman>

contexto norte-americano do momento, meados do século XX, é de grande expansão urbana, principalmente dos subúrbios¹¹ das grandes cidades¹², que se encontravam em franco crescimento desde as décadas de 1920 e 1930 e tiveram sua explosão¹³ com o financiamento barato e a longo prazo de habitações e com o crescimento populacional causado pelo aumento da taxa de natalidade pós Segunda Guerra mundial (Figura 6 e Figura 7). Além disso, o automóvel, e conseqüentemente o tráfego intenso das grandes cidades, era parte do cotidiano norte-americano desde os anos 1920¹⁴, permitindo que o trabalhador morasse mais longe do emprego, o que contribuía para o inchaço dos subúrbios (HALL, 2016).

¹⁰ Entre os autores que seguem a linha de pensamento na qual a cidade é considerada um ecossistema podem ser citados: Wolman (1965); Odum (1988); Newman (1999); Kennedy, Pincetl e Bunje (2011); Broto, Allen e Rapoport (2012); Golubiewski (2012); Pincetl, Bunje e Holmes (2012); Chrysoulakis *et al.* (2013); Kuhn (2014); Eboli (2018).

¹¹ Por conta da assinatura da Lei de Ajuda Federal à Autoestrada em 1956, assinalando a construção de 65.600 quilômetros de novas estradas no país que deveriam servir como corredores de acesso dos centros urbanos para os potenciais subúrbios, e pela Lei da Habitação de 1949/1954, que desencorajava a moradia de baixo aluguel para a população pobre e incentivava a reurbanização comercial de áreas centrais de grandes cidades, derrubando cortiços e empurrando a população pobre, especialmente negros e hispânicos, para as periferias (HALL, 2016).

¹² Nova Iorque, New Haven, Pittsburg, São Francisco e Boston são citadas por Hall (2016, p. 332-338).

¹³ A década de 1950 havia sido a de maior crescimento dos subúrbios norte-americanos, numa proporção de 10 vezes mais que as cidades centrais, de acordo com o censo nacional de 1960 (HALL, 2016, p. 422).

¹⁴ Durante a Grande Depressão de 1929 e a Segunda Guerra a aquisição de veículos particulares nos Estados Unidos estagnou, voltando a crescer apenas em 1949 (HALL, 2016).



Figura 6: Imagem aérea de East Los Angeles, na Califórnia (Estados Unidos) em 1961.
Fonte: <https://www.vintag.es/2018/07/1960s-american-street-scenes.html>



Figura 7: Vista do centro (*downtown*) da cidade de St. Louis, no Missouri (Estados Unidos), em 1967.
Fonte: <https://www.vintag.es/2018/07/1960s-american-street-scenes.html>

Em paralelo ao trabalho pioneiro de Wolman (1965), merece destaque, nos estudos sobre metabolismo urbano, o ecólogo norte-americano Eugene Odum (1913-2002) que, para Ferrão e Fernandez (2013, p. 46), é inovador ao ultrapassar os limites do organismo com o conceito de metabolismo e utilizá-lo para descrever um sistema que abrange diversas espécies, enfatizando as relações entre os elementos. Duas obras de Odum merecem destaque neste trabalho: “Fundamentos da Ecologia”, de 1953, e *Ecology: The Link between the Natural and the Social Science*, cuja primeira edição data de 1963 e a segunda, de 1975. Em “Fundamentos...”, Odum (1988)¹⁵ compara cidades a parasitas a partir de analogia com líquens¹⁶; já em *Ecology*, especialmente na 2ª edição¹⁷, que foi lançada uma década após o artigo de Wolman, Odum (1975) apresenta, no segundo capítulo, o tópico *The City as an Ecosystem*, onde afirma que a cidade é um ecossistema heterotrófico que depende de um grande fluxo de energia de outras fontes. Nessa segunda obra de Odum estão descritas as bases para 3 das grandes vertentes metodológicas do metabolismo urbano: **Análise de Fluxo de Materiais (AFM), Análise do Ciclo de Vida (ACV) e Pegada Ecológica (PE)**.

A Análise de Fluxo de Materiais¹⁸ (AFM) indica a quantidade de materiais e energia que entram, circulam/acumulam e saem de um determinado sistema, possibilitando mostrar tanto a demanda por recursos desse sistema quanto as perdas, que resultam em poluição. A Análise do Ciclo de Vida¹⁹ (ACV) permite o acompanhamento do ciclo de vida de um determinado material desde a sua extração, manufatura, distribuição, até sua disposição final, servindo para a tomada de decisões sobre o uso de determinados produtos. A Pegada Ecológica²⁰ (PE) quantifica a área produtiva que seria necessária para prover tanto os recursos consumidos quanto para dispor dos resíduos gerados por uma população, possibilitando ver o quanto de extensão territorial um determinado sistema ocupa baseado em seus hábitos de consumo. Cada uma dessas ferramentas pode ser utilizada individualmente ou combinada com outras para resultados mais direcionados à pergunta de pesquisa (FERRÃO e FERNANDEZ, 2013).

O Metabolismo Urbano, portanto, possibilita a quantificação do consumo e a gestão eficaz dos recursos de uma cidade, englobando estratégias em direção a resultados satisfatórios, o que justifica sua ampla utilização em discursos sobre sustentabilidade urbana²¹. Farnimoghdam (2016, p. 15), a respeito do termo, explica que metabolismo urbano é uma estrutura metafórica

¹⁵ A versão consultada para esta pesquisa foi 6ª edição, lançada no Brasil em 1988.

¹⁶ Líquens são resultado de uma associação simbiótica interdependente, funcional e morfológicamente integrada entre fungos e algas (ODUM, 1988).

¹⁷ Essa foi a edição (2ª, de 1975) utilizada para pesquisa neste trabalho.

¹⁸ Do inglês: *Material Flow Analysis* (MFA).

¹⁹ Do inglês: *Life-Cycle Assessment* (LCA).

²⁰ Do inglês: *Ecological Footprint* (EF).

²¹ Exemplos de trabalhos que associam diretamente o metabolismo urbano à sustentabilidade: Kennedy, Cuddihy e Engel-Yan (2007); Codoban e Kennedy (2008); Newman e Jennings (2008); Baccini e Brunner (2012); Pincetti, Bunje e Holmes (2012); Chrysoulakis *et al.* (2013); Ferrão e Fernandez (2013); Van Timmeren (2013); Kuhn (2014); Conke e Ferreira (2015); Farzinmoghdam (2016); Eboli (2018).

para estudos sobre as interações que ocorrem entre humanos e natureza dentro de um sistema urbano, cujas análises são uma maneira de observar fluxos de material, energia, água e resíduos sólidos.

A sustentabilidade é uma palavra em moda no século XXI, avançando de várias maneiras sobre a compreensão das cidades. Lacerda e Cândido (2013) conferem ao documento de 1987, Relatório Brundtland²² *Our Common Future*, elaborado a pedido da Assembleia Geral das Nações Unidas, a definição do conceito de “desenvolvimento sustentável”. Kohlsdorf e Kohlsdorf (2017, p. 65), entretanto, indicam que as primeiras aplicações do termo remetem à engenharia, economia florestal e áreas afins do século XVIII, referindo-se ao regramento da exploração econômica dos bosques de onde a madeira não deveria ser extraída além da capacidade de regeneração do meio ambiente.

No Relatório Brundtland, o desenvolvimento sustentável é proposto como um novo modelo cujo mote seria o de respeito às limitações de disponibilidade de recursos ambientais e de capacidade da biosfera de absorver os efeitos das atividades humanas; de combate à pobreza²³, dando oportunidades de uma vida melhor a todos; de adoção de estilos de vida mais ecológicos, com destaque para o uso de energia; e de tamanho e taxa de crescimento populacional em harmonia com o potencial produtivo do ecossistema. O desenvolvimento sustentável não se trata de um estado de harmonia, mas um processo de mudança sobre as explorações de recursos, direcionamento de investimentos, orientação do desenvolvimento tecnológico e transformações de instituições, tudo pautado em vontade política (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987).

Segundo Lacerda e Cândido (2013), o conceito de sustentabilidade se disseminou por diversos campos de conhecimento, trazendo à sociedade tanto uma maior atenção para a questão ambiental quanto consciência da necessidade de mudança no modelo de desenvolvimento atual, requerendo posicionamentos dos campos político, científico e de gestão. Sua consolidação exige da sociedade uma visão holística²⁴, sistêmica²⁵ e interdisciplinar²⁶ do meio ambiente, seja ele natural ou

²² Nome da então presidente (*chairman*) da comissão, a norueguesa Gro Harlem Brundtland.

²³ A pobreza endêmica aumentaria a propensão às catástrofes, inclusive ecológicas (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987, p. 8).

²⁴ O pensamento holístico surgiu no livro *Holism and Evolution*, escrito pelo estadista, militar e filósofo sul-africano Jan Smut (1870-1950) no ano de 1926, como a tendência à evolução do universo a partir do todo (*whole* em inglês) (REDCLIFT e WOODGATE, 2010; LIMA, 2008). Medeiros (2013, p. 105) explica que “o paradigma holístico compreende o mundo ou a realidade como um todo integrado, e não como um conjunto de partes dissociadas”, cujas características não se resumem à soma das partes, mas leva em conta o aspecto relacional que há entre elas – a visão holística, portanto, é uma visão sistêmica.

²⁵ Para Bertalanffy (2010), que apresentou ao mundo a “Teoria Geral dos Sistemas” em 1937, um sistema é um conjunto de elementos em modo de interação, ou seja, o comportamento de um elemento do conjunto difere de acordo com a relação que se estabelece entre os componentes. Alexander (2015) aponta que conjunto (*set*) é uma coleção de elementos que pertencem uns aos outros e quando os elementos desse conjunto cooperam e trabalham juntos de alguma forma, é dada a alcunha de “sistema”. A visão sistêmica, portanto, é aquela que leva em conta a relação entre as partes de um conjunto.

²⁶ Nicolescu (1999, *apud* ANDRADE, 2014) define interdisciplinaridade como a transferência de métodos entre disciplinas distintas.

construído. A sustentabilidade²⁷ é um princípio bastante importante e que permeia boa parte não só do pensamento científico na atualidade, mas do momento social como um todo (LACERDA e CÂNDIDO, 2013).

Dentro do escopo ferramental do metabolismo urbano, a **Pegada Ecológica** é a metodologia que mais se associa à sustentabilidade. Concebida em meados da década de 1990²⁸ pelo engenheiro Mathis Wackernagel (1956-) e pelo professor Willian Rees (1943-), a pegada consiste no cálculo da área ecológica necessária para a manutenção de um determinado sistema, independentemente de sua natureza, fornecendo os recursos necessários para assegurar seu perfeito funcionamento e sendo capaz de absorver os resíduos gerados pelas suas atividades de manutenção. O indicador permite uma leitura do sistema em função da densidade populacional, do consumo médio *per capita* e da eficiência na utilização dos recursos. A Pegada Ecológica é de um indicador simples, o que o torna vantajoso, já que permite, de maneira objetiva, medir a performance ecológica e reconhecer os desafios para garantir a manutenção de um determinado estilo de vida, mas também traz a desvantagem de partir de premissas facilitadoras do cálculo, não envolvendo todas as variáveis existentes em um sistema complexo como, por exemplo, o espaço urbano (SANTOS, XAVIER e PEIXOTO, 2008; MADURO-ABREU *et al.*, 2009).

Dentro da Pegada Ecológica, o princípio fundamental é o conceito de **capacidade de suporte** ou **capacidade de carga**, que corresponde ao tamanho máximo estável de uma determinada população que pode ser imposta ao meio ambiente pelo sistema em estudo, a partir da quantidade de recursos disponíveis. Esse conceito também pode ser utilizado às avessas, sob o nome de biocapacidade, que corresponde à área de terra necessária para a manutenção de uma dada economia (MADURO-ABREU *et al.*, 2009). O conceito de biocapacidade, expresso área, nos permite uma associação do metabolismo urbano com nosso objeto de estudo principal: a área urbana.

1.2. METABOLISMO URBANO, FORMA DA CIDADE E SINTAXE ESPACIAL: UM CAMPO A INVESTIGAR

A inquietação desta pesquisa está na discussão e experimentação de ferramentas metodológicas do metabolismo urbano para ações de desenho e planejamento na cidade. Alguns estudos exploram essa intenção, como a proposta de Kennedy, Pincetl e Bunje (2011) para a reconstrução

²⁷ Entende-se que por estar fortemente atrelado ao metabolismo urbano, especialmente à Pegada Ecológica, a sustentabilidade aparecerá eventualmente neste trabalho em tangência aos tópicos e procedimentos abordados. Reforçamos que a discussão sobre sustentabilidade não é o foco da presente dissertação.

²⁸ O livro, baseado na tese de Wackernagel, sob orientação de Rees, é o *Our Ecological Footprint: reducing human impact on the Earth*, de 1996.

da cidade de Nova Orleans²⁹, em 2007, após o furacão Katrina. Também ilustra a pesquisa de Eboli (2018), que propõe intervenções urbanas na Região Metropolitana Belo Horizonte, no estado de Minas Gerais, a partir de estudos sobre o metabolismo do sistema urbano.

Segundo van Timmeren (2013), o metabolismo urbano tem sido utilizado como ferramenta de análise dos fluxos de energia e materiais dentro de uma cidade, regiões e do planeta. Para o autor, o crescimento urbano é um processo que precisa ser observado com atenção pois está diretamente ligado ao aumento da rede de infraestrutura urbana e à mobilidade urbana, pela necessidade de manter constante os fluxos de energia, o que causa mais dependência quanto aos recursos externos. Van Timmeren (2013) destaca a importância do papel dos arquitetos, designers urbanos e engenheiros na realização no metabolismo urbano sustentável nas cidades, no sentido de minimizar os impactos ambientais causados pela urbanização, e aponta 3 elementos importantes para a sustentabilidade das cidades: **uso do solo misto, sistema de transporte urbano e densidade residencial**.

Karvounis (2015), por sua vez, aponta a importância do trânsito dentre os fluxos que criam o metabolismo de uma cidade³⁰. Para o autor, o tecido urbano e o ambiente construído são fundamentais na melhoria da sustentabilidade urbana, buscando uma cidade cujas funções e infraestrutura ampliem a prosperidade, a equidade econômica e o equilíbrio ambiental, incentivando a caminhabilidade, habitabilidade, conservação e segurança para que os cidadãos se sintam seguros e estimulados a vivenciar a cidade através da pedestração. O autor aponta ainda que para atingir tais metas é necessário parar o espraiamento (*sprawl*³¹) urbano e encorajar o modelo compacto com uso misto do solo, criando oportunidades de emprego e lazer na vizinhança e diminuindo o uso do carro – conseqüentemente, menos necessidade de energia, barulho e poluição do ar.

Os elementos citados por Karvounis (2015), tecido urbano, ambiente construído e vias de circulação, são aqueles que, segundo Oliveira³² (2016), compõem a **forma** urbana, que é o objeto de estudo principal da ciência chamada morfologia urbana. Mourdon (1997) menciona edifícios, jardins, ruas, parques e monumentos como elementos principais de uma análise morfológica, enquanto Oliveira (2016) explica que a cidade é composta por diferentes partes estruturadas de

²⁹ Na tese de 2007 do estudante do MIT David Quinn, orientado pelo prof. John Fernandez. Para o projeto, foi utilizado o método de Análise de Fluxo de Materiais (*Material Flow Analysis – MFA*) (KENNEDY, PINCETL e BUNJE, 2011).

³⁰ Essa proposição já havia sido apontada por Burgess, um dos fundadores da Escola de Chicago, em 1925 (BURGESS, 2008).

³¹ *Sprawl* é um termo advindo do inglês que corresponde ao fenômeno de rápido crescimento urbano que acarreta periurbanização, multiplicação de condomínios fechados e segregação socioespacial que penaliza a camada mais pobre da população, gerando grandes vazios urbanos e dificuldades de controle do preço da terra (POLIDORO, 2012). As características principais de uma área urbana afetada pelo *sprawl* são: projetos de baixa densidade; falta de padrões de desenvolvimento multi-uso, afetando a caminhabilidade; dependência do automóvel; engarrafamento e trânsito público inadequado (MORRIS, 2005, *apud* POLIDORO, 2012).

³² A forma urbana é composta por: tecido urbano, espaços de circulação, lotes e edifícios (OLIVEIRA, 2016).

acordo com um conjunto de elementos físicos fundamentais, ruas, quarteirões, lotes e edifícios, que se combinam de diferentes maneiras para formar o tecido urbano.

Segundo Rosaneli (2001), a morfologia urbana é um campo de estudo que se estabeleceu em meados do século XX a partir de construções metodológicas que ajudassem na investigação da estrutura espacial da cidade. O campo foi definido como o estudo do tecido físico/construído da forma urbana e das pessoas e processos que o transformam (LAKHAM e JONES, 1991, *apud* ROSANELI, 2001). De acordo com Oliveira (2018, p. 1-2), embora inicialmente proposta dentro da biologia, a natureza abstrata da morfologia permitiu sua aplicação em diversos campos do conhecimento, até sua migração para os estudos urbanos. A morfologia urbana, hoje, possui 3 grandes “escolas”³³: a italiana, a francesa e a inglesa ou conzeniana.

A escola italiana de morfologia urbana tem como inspiração as ideias e conceitos do arquiteto Saverio Muratori³⁴ (1910-1973) de análise morfológica a partir de estudos tipológicos, cuja percepção de materiais e formas edilícias se relacionam diretamente com a forma urbana. A escola francesa remonta à fundação da Escola de Arquitetura de Versalhes na década de 1960 pelos arquitetos Philippe Panerai (1940-) e Jean Castex (1942-) e do sociólogo Jean-Charles DePaule (1945-), em oposição ao Movimento Moderno³⁵ e com influências da escola italiana³⁶. A metodologia francesa propõe a análise urbana em etapas sucessivas de definição da área, classificação dos objetos, divisão dos tipos respectivos e cruzamento das informações em busca de variações. A escola inglesa tem como fundador teórico o geógrafo alemão Michael R. G. Conzen³⁷ (1907-2000), que desenvolve o conceito de paisagem cultural³⁸ e defende a análise urbana a partir de planos urbanísticos, tipologia, parcelamento do solo e evolução histórica, representando os estudos através de mapas (REGO e MENEGUETTI, 2011; XIMENES, 2016).

Para Moudon (1997), os morfologistas urbanos estudam nos resultados tangíveis de forças sociais e econômicas sobre a cidade, ou seja, como ideias e intenções tomam forma e moldam o espaço urbano. Pereira, Costa e Netto (2015) afirmam que a forma urbana é o produto físico das ações sociais sobre o meio ao longo do tempo enquanto a pesquisa de Barros (2014) sobre caminhabilidade mostra que a forma urbana é um aspecto importante a ser considerado entre os pedestres, influenciando na geração de viagens a pé. Ferrão e Fernandez (2013, p. 49) colocam a morfologia urbana como uma disciplina que, em tópicos específicos, têm contribuído para o

³³ Rosaneli (2001) explica que a palavra “escola”, embora não seja incondicionalmente aceita para definir essas 3 linhas de pensamento, é o termo consolidado na bibliografia sobre morfologia urbana.

³⁴ Por essa influência também é reconhecida como escola muratoriana.

³⁵ Panerai e Castex têm formação de influência de sociólogos e geógrafos franceses, dentre eles Henri Lefebvre, forte crítico das intervenções urbanas modernísticas, de quem foram alunos (XIMENES, 2016, p. 45).

³⁶ Os autores tinham interesse no trabalho de Muratori, o qual conheceram quando encontraram um livro de sua autoria sobre Veneza em um sebo (MOUDON, 2009, *apud* XIMENES, 2016, p. 45).

³⁷ Pela influência, também é chamada de escola conzeniana.

³⁸ Produto de transformações urbanas influenciadas por fatores climáticos, geográficos e históricos/humanos no decorrer do tempo (XIMENES, 2016, p. 47).

desenvolvimento do metabolismo urbano, porém sem total clareza de seu papel dentro do conceito.

Kohlsdorf e Kohlsdorf (2017) defendem que é na arquitetura, no sentido de todo e qualquer espaço socialmente utilizado³⁹, onde seres humanos se reconhecem socialmente, o que lhe confere um aspecto *relacional*. A ideia é semelhante ao posicionamento de Holanda (2002, p. 71) ao colocar arquitetura⁴⁰ como “uma família de *relações* com as coisas mais precisamente, de certas relações do homem com o espaço”. Medeiros (2013) defende a abordagem relacional ao definir a cidade como um “sistema”, ou seja, um conjunto de elementos não apenas justapostos, mas em situação de interação⁴¹. Para o autor, o sistema urbano é um conjunto formado por cheios e vazios (calçadas, passeios, ruas, vias e avenidas) que geram o movimento, o qual se torna a significação do aspecto relacional do espaço ao refletir como a forma urbana interfere nos fluxos de uma cidade e, ao mesmo tempo, sofre interferência dela. A visão de Medeiros (2013) da cidade como um **sistema** vai ao encontro da visão metabólica da cidade como um **ecossistema**.

Hillier e Hanson (2005) explicam que as sociedades humanas são um fenômeno espacial cuja ordem permite o reconhecimento das diferenças culturais entre as formações sociais. Para os autores, as sociedades não simplesmente existem no espaço, mas o definem ao: 1) locar pessoas no espaço em relação umas às outras, seja em maior ou menor grau de agregação ou separação, e 2) rearranjam o próprio espaço através de edifícios, caminhos, fronteiras, zonas etc., assumindo um determinado padrão. As mais profundas mudanças que ocorreram na história da sociedade levaram a uma profunda modificação do meio espacial, que ao mesmo tempo se mostram partes intrínsecas dessas mudanças e, de certa forma, causadoras delas (HILLIER e HANSON, 2005). Portanto, entender o espaço é entender a sociedade, assim como a contrapartida.

Hillier e Hanson são os criadores da Teoria da Lógica Social do Espaço, também conhecida como a **Teoria da Sintaxe Espacial**, que, como explicado por Holanda (2002, p. 92),

objetiva o estabelecimento de relações entre a estrutura espacial de cidades e edifícios, a dimensão espacial das estruturas sociais, e variáveis sociais mais amplas, procurando revelar tanto a lógica do espaço arquitetônico em qualquer escala como a lógica espacial das sociedades.

A Sintaxe Espacial fornece ferramentas de análise do espaço de acordo com suas propriedades configuracionais, isto é, das relações entre os elementos componentes da forma urbana. Na estratégia trabalha-se com a representação linear do espaço e geoprocessamento, traduzindo o potencial de atração de fluxo e movimento dos eixos em relação ao seu contexto e fornecendo variáveis geométricas e topológicas que permitem a leitura da cidade (MEDEIROS, 2013). A

³⁹ E, portanto, não se limitando a espaços fechados, expandindo sua abrangência para o paisagismo, urbanismo e planejamento urbano – a arquitetura, na fala dos autores, abrange também a cidade (KOHLSDORF e KOHLSDORF, 2017).

⁴⁰ Holanda (2002) defende a expansão da noção de arquitetura para além do espaço artificial, abrangendo a paisagem natural.

⁴¹ Bertalanffy (2010).

abordagem, portanto, fornece estratégias para a compreensão da forma, o que a legitima como estratégia pertinente para esta pesquisa.

A partir das informações apresentadas, compreendemos o **Metabolismo Urbano** como um conceito que possibilita a interpretação urbana por meio da investigação de dados sobre o fluxo de recursos de uma cidade, em sentido amplo. Em sentido estrito, escolhemos a **Pegada Ecológica** como escopo ferramental, devido ao seu caráter espacial. Observamos ainda que pouco se sabe sobre a influência da forma (morfologia e/ou configuração, a partir do reforço do caráter relacional entre os elementos componentes da forma) no Metabolismo Urbano, apesar de pesquisas apontarem claros indícios. Autores que exploram o tema, como Kennedy, Pincetl e Bunje (2011), van Timmeren (2013) e Karvounis (2015), comentam sobre a influência da Morfologia Urbana no seu respectivo Metabolismo porém, sem especificidades. Ferrão e Fernandez (2013) apontam a contribuição tangencial da Morfologia Urbana no Metabolismo, mas igualmente de maneira pouco aprofundada.

Parece, portanto, haver uma associação entre **Morfologia Urbana** e **Metabolismo Urbano** que precisa ser melhor explorada, apontando um campo a investigar. Uma pesquisa nesse percurso permitiria a descoberta das possíveis implicações físicas, legíveis por meio da Morfologia Urbana, nas relações de fluxo e consumo, que são o objeto do Metabolismo Urbano.

1.3. QUESTÃO DE PESQUISA E OBJETIVOS

Com base nos temas discutidos nas seções anteriores, a dissertação ampara-se em duas abordagens exemplificativas das grandes áreas estudadas: no Metabolismo Urbano, investiga-se a **Pegada Ecológica**, por se tratar de um indicador simplificado de medição de área ecológica necessária para a manutenção de um determinado sistema; na Morfologia Urbana, a **Sintaxe Espacial** é a estratégia selecionada para análise do espaço urbano, especialmente em razão de seu caráter sistêmico e relacional, segundo o princípio de configuração.

De modo sintético, a articulação entre as duas dimensões se dá a partir da seguinte questão de pesquisa que orienta o estudo: **como ocorre o vínculo entre forma urbana e metabolismo urbano na investigação relacional e sistêmica das cidades?**

O objetivo geral da pesquisa é investigar a associação entre técnicas metabólicas, discutidas segundo a leitura da Pegada Ecológica, e morfológicas (configuracionais), analisadas por meio da Sintaxe Espacial (Teoria da Lógica Social do Espaço), de modo a fornecer subsídios para uma melhor compreensão das relações de interdependência que existem nas cidades.

Em termos específicos, procura-se:

- Identificar como os estudos morfológicos e metabólicos urbanos, pelos vieses da Sintaxe Espacial e da Pegada Ecológica, têm se desenvolvido, especialmente em âmbito nacional, observando a natureza dos dados utilizados e sua aplicabilidade em cenários diversos aos já estudados até então;
- Espacializar o estudo metabólico por meio de uma abordagem configuracional que funcione como base para o entendimento relacional da forma urbana em nível global e local, utilizando um estudo de caso; e
- Investigar as correlações entre as duas abordagens, Pegada Ecológica e Sintaxe Espacial a partir de confrontos entre as variáveis, contribuindo para a definição de caminhos a seguir.

1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação se divide em duas partes: uma teórica, na qual traçamos o caminho do conhecimento para o desenvolvimento de cada uma das abordagens escolhidas, e outra prática, na qual utilizamos um estudo de caso para estabelecermos se, e de que forma, as abordagens se associam.

No Capítulo 1 apresentamos os parâmetros gerais desta pesquisa, explicando como pretendemos chegar aos resultados da investigação. No Capítulo 2 mostramos, segundo um viés histórico, o contexto nos quais os conceitos que serão utilizados se desenvolveram, da cidade pós-Revolução Industrial até os dias atuais, quando a preocupação com o meio ambiente se torna central nas discussões a respeito do espaço urbano.

No Capítulo 3 exploramos uma das abordagens desta pesquisa, a Pegada Ecológica, inserida no Metabolismo Urbano. São expostas informações sobre como a perspectiva se desenvolveu, seus principais usos no Brasil e no mundo e de que forma é aplicada neste trabalho. O mesmo ocorre com o Capítulo 4, que marca o fim da primeira parte, é dedicado à Sintaxe Espacial, abordagem escolhida para a análise morfológica/configuracional do espaço intraurbano, desde o surgimento até o modo como é instrumentalizada na pesquisa.

Avançamos, na sequência, para a parte prática da dissertação, amparada por um estudo de caso como campo de experimento. No Capítulo 5 são apresentadas informações sobre a cidade de Teresina, capital do estado brasileiro do Piauí, incluindo a exposição do histórico de crescimento urbano e os setores que serão utilizados para a análise em nível local das relações entre morfologia e metabolismo urbano. Nos Capítulos 6 e 7 aplicamos, respectivamente, os conceitos de Sintaxe Espacial e Pegada Ecológica no tecido urbano, levando à discussão das relações obtidas no Capítulo 8. Por fim, no Capítulo 9, são apresentadas as conclusões a respeito da pesquisa.

2. CONTEXTO HISTÓRICO

O capítulo compreende uma explanação histórica cronológica: apresentamos e discutimos a sequência de fatos e personagens relevantes que nos levaram às estratégias utilizadas na dissertação, Pegada Ecológica e Sintaxe Espacial, ambas consolidadas como abordagens a partir da segunda metade do século XX.

Recorremos à Linguística para explicar a presença deste capítulo nesta dissertação. Segundo Dijk (2020), a noção de contexto é utilizada frequentemente para localizar ou explicar coisas, não sendo possível compreender fenômenos complexos corretamente sem o entendimento de seu contexto. Concordamos com o autor sobre não se tratar de ser menos sistemático em uma análise, mas sim sobre o entendimento da coisa analisada se tornar mais completo quando conseguimos situá-la em um tempo e em um espaço. A contextualização é elemento fundamental para a compreensão da conduta humana em geral (DIJK, 2020). Conceitos são uma criação do ser humano que lhe possibilita descobrir e comunicar a percepção do mundo que o cerca, ou seja, trata-se de um recurso mental para ajudar a apreender uma realidade que, em si mesma, é complexa e indivisível.

O ponto de partida é a Revolução Industrial, momento em que a sociedade se vê diante de um novo e inesperado contexto: o de grandes quantidades de pessoas concentrando-se em espaços cada vez menores, convivendo amontoadas em condições insalubres. Essa é a visão da cidade industrial, uma massa construída indomada, que se agiganta diante do espaço em sua volta. Um dos resultados é que diversos estudiosos passam a pensar em maneiras de lidar com a cidade em transformação, em vários campos disciplinares, o que fomenta o surgimento de estratégias, ferramentas e abordagens distintas.

2.1. O PROBLEMA DA CIDADE INDUSTRIAL

Benevolo (2001, p. 10) argumenta que, a partir do século XVIII, o desenvolvimento da produção com métodos científicos é um marco histórico para a humanidade, caracterizando a chamada *civilização industrial* (Figura 8). As transformações ocorrem de maneira intensa e em curto período de tempo⁴², modificando o território e o ambiente físico: a diminuição do índice de mortalidade causa o aumento da população; a queda da mortalidade infantil amplia a quantidade de jovens; o crescimento demográfico leva à redistribuição dos habitantes no território, gerando

⁴² Final do século XVIII, em “poucos decênios”, segundo Benevolo (2001, p. 552).

o fluxo campo → cidade devido à necessidade de mão-de-obra nos novos estabelecimentos industriais; os novos meios de transporte viabilizam mobilidade de mercadorias e de pessoas, possibilitando longas viagens e permitindo que o local de moradia seja afastado do local de trabalho (BENEVOLO, 2001).



Figura 8: Vista de Ancoats, Manchester (Inglaterra), nos anos 1870.

Fonte: <https://marplelocalhistorysociety.org.uk/society-meetings/meetings-2015-2016/235-15th-february-mike-nevell-housing-in-19c-manchester-3.html>

Parte da população que habita as cidades se constitui de chefes de grandes indústrias, grandes comerciantes e financistas, profissionais liberais, professores, magistrados, intelectuais, funcionários públicos e militares, que formam a emergente classe chamada “burguesia”. Trata-se de um grupo abastado que usufrui das benesses e confortos promovidos pelo desenvolvimento das ciências e das técnicas industriais. Outra parte, a denominada “pequena burguesia”, é formada por pequenos comerciários, empregados e subalternos, que usufruem marginalmente do progresso técnico. A grande maioria da população urbana, no entanto, amarga duras condições de vida em péssimos ambientes de trabalho, sem higiene e nem amparo legal, com altíssimas taxas de mortalidade e acidentes de trabalho, o que os leva a uma organização classista para reivindicação de melhores condições, gerando importantes transformações no quadro social urbano que subvertem tradições arraigadas em princípios éticos e religiosos (ROSA, 2012a).

Pacione (2009, p. 47) afirma que a Revolução Industrial é fortemente atrelada à tecnologia que desenvolve máquinas complexas e usa energia inanimada, mas que provoca também intensas mudanças sociais, culturais e populacionais, que acarretam mudanças na forma das cidades. Nas então novas cidades industriais, o crescimento acelerado transforma os antigos núcleos



Figura 9: Vista das condições de vida da população industrial.
Fonte: <http://industrialheritage.eu/EYCH2018/June>

urbanos em centros dos “novos organismos”, formando faixas construídas ao redor desses núcleos (periferias). Pequenas cidades crescem quando se ressignificam como fonte de recursos para as indústrias e novas cidades são adicionadas ao sistema urbano por meio do desenvolvimento dos transportes. Os pobres e os recém-imigrados passam a se estabelecer de forma precária e improvisada nas edificações deixadas pela população mais abastada (Figura 9), que abandona os antigos centros; edifícios monumentais da cidade histórica e até mesmo os jardins palacianos são ocupados por amontoados de casebres diminutos e barracões industriais (BENEVOLO, 2001; PACIONE, 2009). Esses lugares repletos de pessoas, vivendo com o mínimo de salubridade, recebem o nome de *cortiços*.

O núcleo urbano antigo europeu, cuja estrutura foi formada, em geral, na Idade Média (século V ao XV) ou na Idade Moderna (século XV a 1789, pré-Revolução Industrial), contém os monumentos característicos referenciais do espaço urbano, como igrejas. No entanto, as vias são estreitas para o volume de tráfego, as casas são pequenas para abrigar a densa população, o que gera a migração das classes abastadas para as periferias urbanas⁴³, que se tornam berço de iniciativas independentes, abarcando tanto bairros de luxo quanto bairros pobres, além de indústrias, depósitos e instalações técnicas. Formam-se bairros diversificados e isolados, nos quais os mais ricos individualizam suas residências com jardim, no máximo se organizando em vilas, enquanto a população mais pobre se aglomera em casas monotonamente enfileiradas ou em edificações de muitos andares. O modo de vida urbana acaba por engendrar um consumo excessivo de espaço (BENEVOLO, 2001; PANERAI, 2014).

⁴³ Esse fenômeno da autoss segregação, iniciado ainda na cidade industrial, é um dos grandes problemas urbanos da atualidade.

A partir da Revolução Industrial, é nos centros urbanos que se concentra o poder político e econômico de uma nação. O caráter de instabilidade se torna pujante no espaço urbano, que precisa se adaptar à sociedade que habita nela. Transformações, antes geracionais, agora se dão em curtos períodos dentro do arco existencial humano, o que dá à cidade um caráter transitório, onde não há problema resolvido em definitivo e arranjos são periódicos. Benevolo (2001, p. 552), exemplificando o clima de mutabilidade do ambiente urbano, afirma que edificações, antes consideradas uma modificação estável incorporada a um terreno, agora são manufaturadas e podem ser, a qualquer momento, substituídas por outra edificação também manufaturada, o que transforma o terreno edificável em um bem independente e com o valor agregado à posição, demanda e vínculos regulamentares (BENEVOLO, 2001). A configuração da cidade industrial é fortemente influenciada pelo utilitarismo, pelo maquinismo e pela divisão do trabalho, com o único propósito de aumentar a produção e pouca ou nenhuma preocupação com o planejamento.

A superpopulação da cidade industrial se torna endêmica e as condições de vida são as piores possíveis, com proliferação de doenças como cólera e tifo, e diminuição da expectativa de vida (KNOX, 2016, p. 78-79). A precariedade com a qual viviam tanto os trabalhadores das indústrias quanto os pobres oriundos dos campos nos cortiços chama a atenção de pensadores como Friedrich Engels⁴⁴ (1820-1895) e Karl Marx (1818-1893). Na obra “O Capital” (1867-1894), conta Foster (2000, p. 141), Marx emprega o conceito de metabolismo (*stoffwechsel*) para falar que a agricultura industrializada gera uma quebra no metabolismo do solo, definindo o termo como o processo de trabalho resultante da relação entre ser humano e meio ambiente, que é mediado, regulado e controlado pelas próprias ações humanas. O antagonismo campo-cidade e as relações de produção capitalistas fazem surgir uma fenda irreparável (*riff*) nesse metabolismo, que deve ser evitada pelo governo racional de uma sociedade de produtores associados que estejam acima dos desígnios burgueses (FOSTER, 2000). Foster (2015) aponta Marx como o primeiro estudioso a trazer o conceito de metabolismo das ciências naturais para as ciências sociais, sob o nome de “metabolismo social”.

2.2. O ESTUDO DAS CIDADES

Hall (2016, p. 23) afirma que “o planejamento das cidades se funde, quase imperceptivelmente, com os problemas das cidades, e esses, por sua vez, com toda a vida socioeconômico-político-cultural da época”. Conforme visto no item anterior, a partir da Revolução Industrial as cidades se tornam um grande problema, quando a população passa a se concentrar cada vez mais em

⁴⁴ Engels escreveu “A situação da classe trabalhadora na Inglaterra” em 1844, onde relatava a situação de precariedade absoluta em que viviam os pobres e imigrantes em cidades industriais inglesas (KNOX, 2016, p. 79).

espaços cada vez menores, formando áreas urbanas gigantescas e indomáveis, o que atrai o olhar de diversos pensadores para a questão urbana. Trata-se de um momento no qual ainda se está tentando entender a nova realidade que se impõe diante da sociedade.

Vasconcelos (2015) divide a produção do conceito de cidades em 6 períodos: pré-acadêmico (1810-1869), da institucionalização das ciências sociais (1870-1913), entre guerras mundiais (1914-1944), pós-guerra, que o autor chama de “os 30 gloriosos” (1945-1972), do início da crise atual (1973-1994) e atual (1995-2015⁴⁵). Vamos utilizar a divisão temporal do autor como guia para falarmos sobre esse conceito, demonstrado na Figura 10 a seguir:

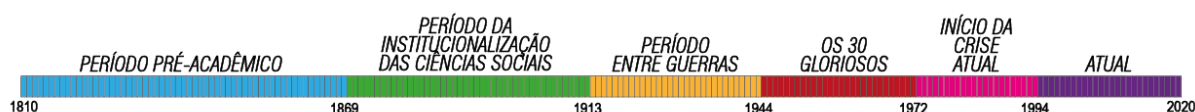


Figura 10: Linha temporal sobre o conceito de cidades. Fonte: elaborado pela autora.

Em paralelo à observação sobre as cidades, a partir do século XIX, a Biologia emerge como ciência estruturada por leis, princípios e conceitos baseados em investigações e comprovações, entrando numa nova era de avanços teóricos e experimentais (ROSA, 2012a, p. 287). Freitas (1998) afirma que o livro “A Origem das Espécies”, escrito pelo inglês Charles Darwin (1809-1882) e publicado pela primeira vez em 24 de novembro de 1859⁴⁶, é “a obra mais importante em toda a história da biologia”, em concordância com Mayr (2005), que afirma que “nenhum outro livro, exceto a Bíblia, teve um impacto maior em nosso moderno pensamento”. Darwin, ao dar tratamento científico à evolução da espécie animal no planeta, inclui ao pensamento moderno uma série de novas ideologias que tanto refutam conceitos até então consagrados, como a teleologia, quanto acrescentam novas ideias, o que demanda drásticas modificações na visão de mundo das pessoas comuns, pois inclui explicações novas e revolucionárias para um tema, até então, pacífico e incontestado (MAYR, 2005; ROSA, 2012a).

2.2.1. PERÍODO PRÉ-ACADÊMICO (1810 – 1869)

Segundo Panerai (2014), as cidades europeias não podem ser resumidas em um único arquétipo, mas possuem um conjunto de características que as distinguem das cidades de outros continentes como o fato de serem oriundas de antigas cidades pertencentes ao Império Romano. Estes assentamentos teriam se enclausurado em muralhas construídas no período medieval e que iam

⁴⁵ O artigo do autor é do ano de 2015, por isso é colocado como limite para os “dias atuais”.

⁴⁶ A primeira edição esgotou-se em um único dia (FREITAS, 1998).

sendo ultrapassadas com o tempo, o que as faz, em geral, seguir o modelo radioconcêntrico, com avenidas, bulevares⁴⁷ e vias organizando-se para a circulação dentro do sistema urbano (PANERAI, 2014). De acordo com Bresciani (2002, p. 21), na Europa do século XVIII, vive-se uma preocupação quase que obsessiva em relação aos fluxos urbanos, especialmente das ruas e estradas, com foco no embelezamento do espaço urbano.

No século seguinte, XIX, o problema da superpopulação urbana torna-se endêmico. Proliferam-se projeções a respeito das “cidades ideais”, com foco na prosperidade econômica e cujos planos estão embebidos da vontade de conciliar patrões e empregados de modo a deixar a carga da jornada do trabalhador menos alienante e insuportável em termos físicos. Nessas comunidades, a participação comunitária é essencial para atingir aos benefícios coletivos baseados na igualdade, cooperação e harmonia. São fundadas as cidades industriais ideais, citando como exemplos as cidades de *New Lanark*, na Inglaterra e *New Harmony*, nos Estados Unidos, ambas de autoria do socialista utópico Robert Owen (1771-1858); os falanstérios franceses de Charles Fourier (1772-1837) para 1.600 pessoas cada, que inspirarão Jean Baptiste Godin (1817-1888) em Guise, no norte da França; a comunidade *Victória*, proposta por James Silk Buckingham (1786-1855) para 10.000 habitantes; *Saltaire*, de Titus Salt (18036-1876) para 3.000 pessoas; a cidade saudável de *Hygea* para 10.000 habitantes, de autoria de Benjamin Ward Richardson (1828-1896); *Port Sunlight*, de William Hesketh Lever (1851-1925) e a cidade de *Pullman*, próxima a Chicago, batizada em homenagem ao seu idealizador, George Pullman (BRESCIANI, 2002; PORTELLA, 2014).

Com relação às cidades existentes, especialmente às europeias, Bresciani (2002) aponta duas possibilidades: ou são realizadas intervenções pontuais na malha urbanizada ou são criados projetos para ordenar a expansão do tecido urbano. Mencionamos, aqui, dois grandes planos urbanísticos como exemplo: Plano Haussmann, para Paris, e Plano Cerdá, para Barcelona.

2.2.1.1. PLANO HAUSSMANN PARA PARIS

O contexto parisiense, em 1848, é de forte crise urbana⁴⁸. Burgueses republicanos reprimem uma tentativa de revolução, mas não conseguem evitar os efeitos devastadores da crise sobre o espaço urbano, resultando na subida de Luís Bonaparte, sobrinho de Napoleão Bonaparte, ao poder em 1851, e sua autoproclamação como imperador Napoleão III em 1852. Entendendo que deve

⁴⁷ De acordo com Panerai (2014, p. 15), no modelo radioconcêntrico, “avenida” se trata de uma via radial e “bulevar” é uma via perimetral, ou seja, de contorno.

⁴⁸ Harvey (2014, p. 33) explica que se tratava de uma crise de excedente de capital e de trabalho que atingiu toda a Europa, mas teve seus reflexos mais fortes na cidade de Paris.

resolver o problema dos excedentes, Napoleão III anuncia um vasto programa⁴⁹ de investimentos em infraestrutura, especialmente na França, consolidando a rede ferroviária, construção de portos, drenagem de pântanos e a reconfiguração da infraestrutura urbana de Paris (HARVEY, 2014).

Em Paris, o administrador, arquiteto e urbanista Georges-Eugène Haussmann (1809-1891) assume, em 1853, no lugar do ex-prefeito Berger (1848-1853) como prefeito do Sena, que inclui Paris, *Hauts-de-Seine*, *Seine-Saint-Denis* e *Val-de-Marne*, sob a tutela de Napoleão III. Instaura um comitê não-oficial com autoridade sobre projetos e obras para

driblar a resistência dos então vereadores. Entendendo que deve resolver o problema dos excedentes e do desemprego por meio da urbanização, desenvolve, como gestão, a Teoria das Despesas Produtivas, na qual o uso dos excedentes do orçamento parisiense total ou parcial deve ser utilizado não em intervenções de curto prazo, mas sim para empréstimos de médio e longo prazos, com as grandes obras, que incentivam o crescimento econômico do contribuinte e, portanto, da cidade, como instrumento e produto da estratégia. Dessa forma, Haussmann absorve, na reconstrução de Paris, grande quantidade de mão-de-obra e capital, o que ajuda na estabilização social (PANERAI *et al.*, 2004; HARVEY, 2014).

Haussmann recorre aos projetos utópicos para reconfigurar Paris, no entanto, altera sua escala para abarcar o tecido urbano como um todo e modificá-lo de uma vez só, agregando subúrbios e reformulando bairros inteiros (Figura 11). Como resultado, Paris se transforma na “Cidade Luz” (Figura 12), “centro de consumo e prazeres”, no entanto, o sistema financeiro especulativo e as estruturas de crédito as quais foram utilizadas com sucesso por 15 anos não se sustentam mais e Haussmann perde o poder, levando Napoleão III a declarar guerra à Alemanha de Bismarck e perder, criando um vácuo de poder ocupado pela Comuna de Paris (HARVEY, 2014).



Figura 11: Paris antiga - Rue des Marmousets a partir da Rue Saint-Landry. Fotografia de Charles Marville.
Fonte: McAuliffe (2020).

⁴⁹ O programa é referente à investimentos na França e internacionalmente, resultando na construção de estradas por toda a Europa, chegando ao Oriente, e ajuda financeira a grandes obras como a construção do Canal de Suez, por exemplo (HARVEY, 2014, p. 34).



Figura 12: Vista da cidade de Paris, com a Torre Eiffel ao fundo. Fotografia de James Farley.
Fonte: <https://www.architecturaldigest.com/story/how-georges-eugene-haussmanns-architecture-defined-paris>

2.2.1.2. PLANO CERDÁ PARA BARCELONA

De acordo com Narciso (2008), Barcelona em meados do século XIX é uma cidade provinciana e marginal, com mais de 2000 anos de história e com uma malha urbana extremamente densa (Figura 13), rodeada por terrenos militares de uso exclusivamente agrícola. Por nunca ter sido sede de poder, os espaços públicos nunca foram uma preocupação dentro da muralha medieval, o que faz com que as pessoas promovam seus encontros nos pátios interiores das habitações. Com a Revolução Industrial, as indústrias, proibidas de se instalarem nos arredores da cidade, migram para municípios independentes⁵⁰, gerando a necessidade de vias que conectassem o núcleo original às novas povoações industriais, conforme mostrado na Figura 14 (NARCISO, 2008).

⁵⁰ Hoje esses municípios são bairros da cidade, como *Sants*, *Sarriá*, *Sant Abreu* e *Sant Marti* (NARCISO, 2008, p. 76).

Com a industrialização, ocorre uma forte verticalização e densificação, concentrando ainda mais pessoas em espaços pequenos, deteriorando a vida urbana e trazendo questionamentos a respeito dos efeitos da industrialização na vida das pessoas. É quando surge a corrente higienista dentro do planejamento urbano, que, para evitar doenças como cólera e tifo, cria os primeiros espaços públicos na cidade, os cemitérios. Depois, ocorre na Espanha, em 1835, a primeira desapropriação de bens eclesiásticos, ação promovida por “um povo farto da Igreja Católica” que acaba por beneficiar a nova burguesia. Tal fato faz surgir, dentro do tecido urbano, lugares que podem ser transformados em espaços públicos (NARCISO, 2008).



Figura 13: Mapa da cidade de Barcelona no século XVI, com destaque para as muralhas que delimitam a cidade. Fonte: Narciso (2008, p. 75).

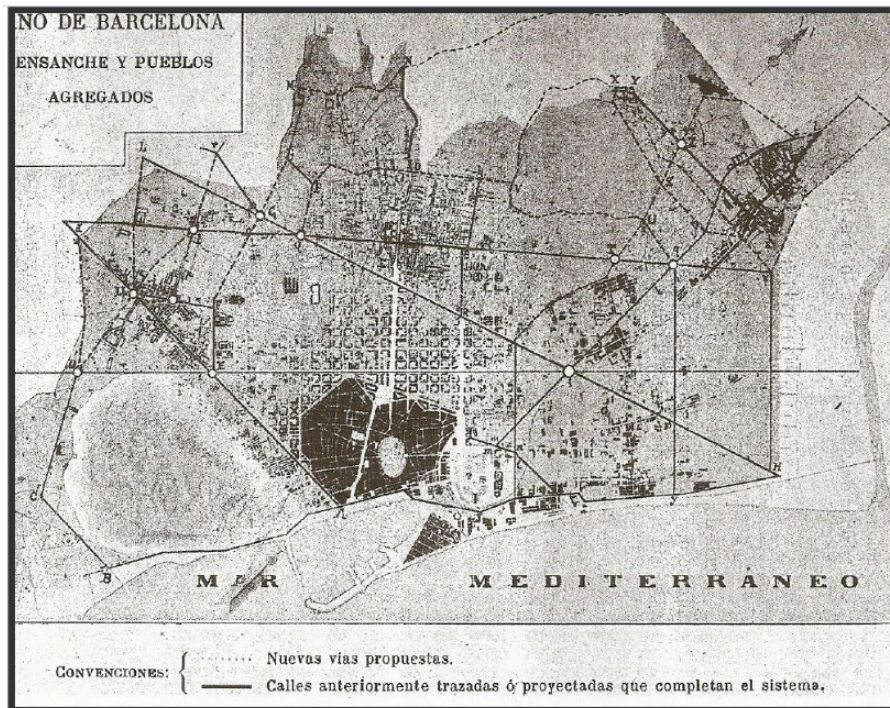


Figura 14: Mapa da proposta de Cerdá para Barcelona, com novas vias de ligação entre o centro antigo medieval e os novos bairros. Fonte: Narciso (2008, p. 77).

No ano de 1850, o engenheiro-arquiteto espanhol Ildefonso Cerdá i Sunyer (1815-1876) realiza o primeiro plano topográfico de Barcelona. Nos anos 1854 e 1855, as muralhas da cidade são derrubadas e começam-se estudos para a extensão da cidade como forma de conter o crescimento desordenado da malha urbana característica do centro original. Em 1859 Cerdá divulga seu plano, que, visando a fluidez dos transportes e mobilidade, consta de ruas hierarquizadas com 20 a 60 metros de largura, em formato de grelha, nas quais as vias menores “desaguam” em vias maiores, que “desaguam” em avenidas. As quadras, com tamanho médio de 113,3 metros, assemelham-se a um quadrado com os cantos chanfrados e poderiam ser abertas, permitindo a implantação de áreas verdes e a passagem de pessoas e ar fresco pelas construções (Figura 15). Também está no plano um sistema de drenagem de águas pluviais e zonas para parques, indústria, comércio e residências (NARCISO, 2008).



Figura 15: Cidade de Barcelona, planejada por Cerdá, vista de cima. Foto de Nord Arquitetura.
Fonte: <https://www.inbec.com.br/blog/barcelona-conheca-plano-cerda-tecnologia-subterranea-coleta-lixo>

Cerdá, então, se apropria da palavra *urbs* (em latim, cidade) para designar uma nova ciência cuja base é a organização espacial das cidades. Para dar status científico ao ato de planejar cidades, escreve, em 1867, seu tratado *Teoria General de l'Urbanización*, em que direciona ao urbanista a função de estudar as regras e leis que estão contidas na cidade espontânea, verificar suas correspondências com as teorias gerais e aplicá-las tanto na criação quanto na organização de

novos espaços urbanos (TREVISAN, 2009). Seu pensamento, segundo Trevisan (2009, p. 28), está imbuído tanto da corrente positivista do século XIX, sobre a qual novas disciplinas se desenvolveram, particularmente a biologia e a história, quanto da experiência espanhola na implantação de cidades novas em terras colonizadas.

2.2.1.3. URBANISMO

Urbanismo é sobre o que acontece dentro das fronteiras urbanas, incluindo suas formas e funções, número de habitantes e como eles interagem com os meios social e construído, também sobre como a cidade conversa com o meio rural. Trata-se de um conceito associado diretamente a profissionais do desenho urbano, incluindo aí o meio físico e o social, como planejadores urbanos, arquitetos, engenheiros e gestores do patrimônio. Academicamente, está conectado a grandes áreas do conhecimento como sociologia urbana, geografia humana e urbana, política, antropologia urbana, arquitetura, engenharia, gestão, dentre outras. É, essencialmente, um modo de investigação, um caminho para analisar e entender cidades (ROGERS, 2020). Pinheiro (2011, p. 49) aponta que, mesmo o planejamento urbano não sendo inédito no século XIX, o urbanismo se apresenta como uma nova ciência que essencialmente representa uma tomada de consciência da sociedade industrial sobre si mesma, quando essa sociedade questiona suas próprias realizações.

Nas últimas décadas do século XIX, ocorre a primeira crise mundial de superprodução siderúrgica e têxtil, o que obriga diversos países a adotar medidas que afetam o comércio internacional, como o aumento de tarifas alfandegárias para proteção da economia local. Entre os anos de 1880 e 1890, países como Alemanha, França, Itália, Áustria e Rússia elevam tarifas sobre importações, fazendo com que dúvidas a respeito da possibilidade de manutenção do livre mercado sejam levantadas na Inglaterra em 1900. Os Estados Unidos, desde antes da guerra civil, adota medidas econômicas protecionistas sobre seus grupos industriais e financeiros, enquanto internamente, os Estados enfrentam problemas devido a formações de cartéis, *holdings* e trustes que eliminam a concorrência horizontal. Tal arranjo econômico se reflete nos espaços urbanos, onde, nos interiores de grandes centros, a concentração reclama por espaços e acessibilidade a economias externas, enquanto nas periferias, a disponibilidade de energia elétrica⁵¹ e mobilidade separa espacialmente gestão e produção, fazendo com que as massas residenciais, em direção a novos consumos, se redistribuam por arcos cada vez mais vastos, seguindo o movimento centrífugo (SICA, 1981).

⁵¹ A energia elétrica entra em processo industrial a partir de 1890 (SICA, 1981, p. 8).

O crescimento físico e humano das áreas urbanizadas, que ocorre particularmente rápido em função de bases industriais ou terciárias, faz com que, a partir dos anos 1880, as fronteiras urbanas formais desapareçam, dando lugar a subsistemas institucionais que rompem com os modelos urbanos existentes até então e descaracterizam a hierarquia urbana, chamadas de regiões metropolitanas. A urbanização exige cada vez mais a disponibilidade de territórios e infraestrutura, com o surgimento de subsistemas institucionais, hierarquização urbana e valorização das áreas mais centralizadas (SICA, 1981).

Com esses novos fenômenos socioeconômicos acontecendo sobre uma base física tridimensional, a cidade urge a necessidade de novos procedimentos de análise e de intervenção científica no espaço urbano, formalizando a ciência do urbanismo. Nesse momento, a cidade ainda é objeto de interesse pontual de outras ciências, como a nascente sociologia urbana, focando em aspectos quantitativos como o volume demográfico ou as causas do seu crescimento. Com Cerdá, o urbanismo aparece com ciência que se preocupa com o ambiente urbano construído, a ser criado, corrigido ou refeito (ULTRAMARI, 2009).

Na América Latina, especialmente na América do Sul, a rápida urbanização no final do século XIX e início do século XX, atribuída a movimentos favoráveis na economia, expansão da industrialização e grandes investimentos públicos estatais de caráter social, traz a emergência por novas experiências na arquitetura e urbanismo. O ideal da cidade funcional se espalha pelo continente através do processo de institucionalização do urbanismo, da criação de escolas de arquitetura, tradução de autores norte-americanos e europeus e fóruns locais de discussão, incentivadas pelo otimismo da conjuntura internacional pós-guerra. O “olhar estrangeiro” dá o tom das práticas e reflexões urbanísticas desse período (GOMES e ESPINOZA, 2009).

2.2.1.4. NASCE A ECOLOGIA

Segundo Luckin (2006), muitos dos estudiosos⁵² urbanos, a partir da Teoria da Evolução darwinista e da seleção natural, estavam convencidos de que o próprio ambiente urbano, “com sua agência maligna e mortal”, iria, com o tempo, punir seus habitantes mais pobres e eliminar sua existência biológica. Arendt (2010) explica que o darwinismo, ao aparentar o homem com outros homens e com a vida animal, mostra que a luta pela existência domina todos os seres vivos, fornecendo armas biológicas, a partir da hereditariedade, para que uma raça ou classe exerça

⁵² O autor usa a expressão *commentators*, que aqui foi entendida como as pessoas que filosofavam e estudavam sobre o fenômeno urbano.

domínio sobre as outras, ganhando popularidade por seguir o caminho da doutrina do direito à força.

A teoria evolutiva de Darwin tem forte impacto no trabalho do morfologista teórico⁵³ alemão Ernst Haeckel⁵⁴ (1834-1919), que literalmente a transforma em religião. Haeckel, de acordo com Stauffer (1957), introduz ao vocabulário científico, em 1869, o termo “ecologia” em uma nota de rodapé na página oito do primeiro volume⁵⁵ do livro *Generelle Morphologie*⁵⁶, definindo-a como um campo de conhecimento dentro da Biologia que se refere aos aspectos da fisiologia das relações. Haeckel define “ecologia” como a ciência da economia, dos hábitos e das relações mútuas entre organismos, discutindo o conceito de seleção natural darwinista por meio da luta pela existência, divisão do trabalho e progresso. Assumindo uma postura contra o catolicismo, organiza sua própria “religião dos cientistas”, o monismo, que se apoia numa noção essencialista, localizando Deus no centro da natureza como força que transforma a matéria. Haeckel, poligenista, hierarquiza o ser humano tanto em termos físicos (cabelo, pele, forma do crânio) quanto culturais (língua), reservando aos indo-europeus (em especial, brancos alemães) a história universal (STAUFFER, 1957; FOSTER, 2000; DORIA, 2007).

Arendt (2010, p. 209) aponta o inglês Herbert Spencer (1820-1903) como o primeiro filósofo da evolução que trata a sociologia como uma parte da biologia; Lakatos e Marconi (2019) o colocam como fundador da Escola Biológica, ao tempo que Coscioni (2018) o aponta como praticamente sinônimo do darwinismo social, tendo sido o cunhador da expressão “sobrevivência dos mais aptos”. Spencer publica, em 1860, o livro *The Social Organism*, onde enumera similaridades entre organismos biológicos e sociedade humana, que começam como pequenas agregações inicialmente simplórias, mas que gradativamente aumentam sua massa e, conseqüentemente, sua complexidade estrutural até a dependência mútua das partes constitutivas. Para Spencer, há dois tipos de sociedades humanas: o tipo beligerante, onde o indivíduo é totalmente subordinado à comunidade, com entendimentos e capacidades morais e intelectuais rudimentares; e o tipo industrial, que corresponde à evolução da sociedade beligerante, onde a autonomia individual, as associações privadas e o domínio e autoridade do Estado evoluem, levando a uma expansão da moralidade, crescimento do altruísmo e declínio da violência nas relações humanas. Portanto, para Spencer, a seleção natural levaria à paz mundial (ARENDR, 2010; COSCIONI, 2018).

Corning (2005, p. 188) explica que, apesar de analogias organísmicas remontarem das raízes da teoria política e social ocidental, em Platão ou mesmo seu mentor, Sócrates, foi Spencer quem

⁵³ Haeckel, originalmente médico, abandona a profissão após ler “A origem das espécies”, tornando-se professor de anatomia comparada na Universidade de Jena em 1862 (DORIA, 2007, p. 194).

⁵⁴ Haeckel foi professor e teve forte influência na obra de Friedrich Ratzel (1844-1904), um dos nomes mais proeminentes da geografia alemã do final do século XIX/início do século XX, conforme explicado no item 2.2.2. PERÍODO DA INSTITUCIONALIZAÇÃO DAS CIÊNCIAS SOCIAIS: CONSOLIDAÇÃO DA GEOGRAFIA URBANA ALEMÃ (1870 – 1913).

⁵⁵ Stauffer (1957, p. 140).

⁵⁶ Uma obra dedicada a Goethe, Lamark e Darwin (EGERTON, 2012, p. 166).

popularizou o termo superorganismo⁵⁷, transformado em tema dominante da literatura biológica e comportamental na primeira metade do século XX. Lakatos e Marconi (2019) apontam Spencer como um dos fundadores do positivismo ao buscar uma “ciência prática” que servisse às necessidades humanas, sendo pioneiro no uso do termo *estrutura* como organização e articulação⁵⁸ entre as partes. O pensamento spenciano impacta intensamente o sociólogo norte-americano Charles Horton Cooley (1864-1929), que chega a fazer-lhe um tributo⁵⁹ em 1920. Cooley é um dos “pais fundadores”⁶⁰ da sociologia norte-americana (OFFER, 2010; LAKATOS e MARCONI, 2019).

Em 1871, o jovem biologista⁶¹ inglês Edwin Ray Lankester (1847-1929), recém-chegado de estudos na Alemanha e Itália, é contratado como professor auxiliar de anatomia comparada na *University College London*. Lankester, materialista, darwinista, professor⁶² e futuro amigo íntimo de Karl Marx⁶³, acredita que a evolução pode, também, levar ao caminho oposto de decadência, criando o conceito de degeneração (*degeneration*)⁶⁴. Trata-se de um processo em que a seleção natural leva o organismo, em qualquer tempo de seu desenvolvimento, a três possíveis resultados: o estado de “balanço”, em que o organismo se mantém em equilíbrio com o seu meio; o estado de “elaboração”, onde sua estrutura sofre alteração de complexidade; ou o estado de “degeneração”, em que se torna estruturalmente simplificado. A degeneração é uma mudança gradual na estrutura que adapta o organismo a uma condição de vida menos complexa, ou seja, uma supressão da forma que leva à cessação do trabalho. Sobre a condição ambiental que leva à degeneração, Lankester (1870, *apud* BARNETT, 2006) explica que qualquer novo conjunto de condições que tornem a comida ou segurança de um animal pode levar à degeneração, comparando com um homem que se degenera pelo acaso ou mesmo o Império Romano, que degenerou quando conquistada por outros povos – o parasitismo seria uma causa de degeneração (MILNER, 1999; FOSTER, 2000; BARNETT, 2006). Barnett (2006) explica que Lankester leva o conceito para as questões humanas após construir suas bases biológicas, podendo aplicá-lo nas questões culturais, justificando a dominação de culturas “menos estruturadas” por outras “mais complexas”, tal qual a seleção natural.

⁵⁷ Na obra *The Principles of Sociology*, de 1897 (CORNING, 2005, p. 189).

⁵⁸ Lakatos e Marconi (2019, p. 125) ponderam que Spencer não fez distinção entre estrutura e organização.

⁵⁹ O livro *Reflections upon the sociology of Herbert Spencer* (OFFER, 2010, p. 20).

⁶⁰ Os outros são William Graham Sumner (1840 -1910), Lester Frank Ward (1841-1913), Albion Woodbury Small (1854-1926), Franklin Henry Giddings (1855-1931), Thorstein Bunde Veblen (1857-1929), William Isaac Thomas (1863-1947), Robert Ezra Park (1864-1944) e George Herbert Mead (1863-1931).

⁶¹ Zoologista, pesquisador de anatomia comparada, ensaísta e, futuramente, professor (MILNER, 1999).

⁶² De acordo com Milner (1999) e Ayres (2012), o livro de Ray Lankester, *Extincts Animals* (1905) foi bem-sucedido entre os jovens por introduzir o padrão popular de dinossauros e outros animais antigos, sendo a fonte de Sir Arthur Conan Doyle para seu clássico *The Lost World* (O Mundo Perdido), de 1912 – cujo personagem, Prof. Challenger, chega a citá-lo.

⁶³ Lankester era um dos poucos amigos presentes no funeral de Karl Marx, em 1883 (FOSTER, 2000, p. 224).

⁶⁴ No artigo de 1879 intitulado “*Degeneration: A chapter in Darwinism*” (BARNETT, 2006).

2.2.1.5. ARTUR TANSLEY E OS ECOSSISTEMAS

Na *University College London*, um ambiente fortemente influenciado pelo socialismo Fabiano⁶⁵, que defendia o valor da ciência atrelado aos benefícios para a sociedade, Lankester é professor e grande influenciador de Arthur Tansley (1871-1955), o criador original do conceito de ecossistema. Em 1896, Tansley tem acesso aos estudos ecológicos que se desenvolviam na Alemanha pelo botânico Eugenius Warming⁶⁶, tornando-se entusiasta do tema. Em 1913 é fundada a *British Ecological Society*, tendo Tansley como primeiro presidente e editor do *Journal of Ecology* a partir de 1916, no entanto, é recusado como professor em Oxford por ser um simpatizante da esquerda (moderado) e se volta para o campo da psicologia, sendo reconhecido por relacionar a teoria freudiana e sexualidade com a ecologia (ANKER, 2001, 2002; REDCLIFT e WOODGATE, 2010).

Tansley, então, passa a defender a humanização da natureza em sua ecologia, criando um método de classificação vegetal baseada em comparações com sociedades humanas, utilizando de analogias com a psicologia social para desenvolver e explicar as terminologias e taxonomia ecológicas. Nesse período (1922), formula o conceito teórico de “ecossistema”, embora não utilize a palavra propriamente dita, defendendo a lei universal do equilíbrio, já em discussão dentre economistas, em que o universo é formado por uma grande variedade de sistemas em relativa estabilidade e que o distúrbio em um desses sistemas leva a atividades que estabelecem um novo equilíbrio⁶⁷, numa tentativa de explicar sistemas complexos, como a sociedade humana, em termos de processos biológicos baseados em leis de energia físico-químicas (ANKER, 2001).

A palavra “ecossistema” só é cunhada de fato por Tansley no ano de 1935, em resposta ao conceito de holismo⁶⁸, criado pelo estadista, militar e filósofo Jan Smut⁶⁹ (1870-1950), um defensor da segregação territorial de “raças” que culmina no *apartheid*⁷⁰ sul-africano. O holismo de Smut surge a partir do conceito teleológico de sucessão ecológica⁷¹ que leva à criação de superorganismos, seguindo um caminho anti-materialista (idealista) que se opunha à base de

⁶⁵ A sociedade Fabiana (*Fabian Society*), fundada em 4 de janeiro de 1884, era um grupo de burgueses e intelectuais socialistas que defendiam a reorganização da sociedade a partir da emancipação da terra e do capital e sua divisão equitativa para toda a população, através da difusão de ideias sobre mudanças sociais e políticas pela divulgação de conhecimentos sobre aspectos econômicos, éticos e políticos por infiltração em organizações liberais. Seu nome é em referência ao general romano Fabius Maximus Conclator e sua estratégia para derrotar Aníbal (CALLAGHAN, 2013).

⁶⁶ O livro *Oecology of plants* (1895), cujo foco não era a morfologia, mas a distribuição geográfica das plantas em analogia à sociedade humana e economia, o que intrigou Tansley (ANKER, 2001, p. 13-14).

⁶⁷ Anker (2001, p. 31) identifica a influência da teoria freudiana no equilíbrio defendido por Tansley.

⁶⁸ No livro *Holism and Evolution*, de 1826 (REDCLIFT e WOODGATE, 2010, p. 116).

⁶⁹ Referido como General Smut, por seu papel militar na Guerra dos Bôeres, na África do Sul. Também foi ministro da defesa da África do Sul entre 1919 e 1924 e foi quem prendeu o ativista indiano Mahatma Gandhi (REDCLIFT e WOODGATE, 2010, p. 116).

⁷⁰ Foster (2000) afirma que a palavra *apartheid* foi criada pelo próprio General Smut em 1917, nove anos antes do holismo.

⁷¹ Trata-se de estágios sucessivos de desenvolvimento de comunidades vegetais em uma região até atingir ao clímax, que corresponde ao nível máximo de maturidade e complexidade da espécie dominante. O conceito foi desenvolvido por pesquisadores norte-americanos liderados pelo biólogo botânico Frederic Clements (1874-1945) (REDCLIFT e WOODGATE, 2010, p. 116).

Tansley, cuja resposta é dada no artigo *The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms* (REDCLIFT e WOODGATE, 2010). Tansley (1935) utiliza a teoria sistêmica do matemático Hyman Levy⁷² (1889-1975), rejeitando os termos “organismo complexo” e “comunidade biótica” e defendendo que o organismo não pode ser separado de seu ambiente, incluindo também fatores inorgânicos, com o qual forma um sistema físico que é a unidade básica da natureza: os ecossistemas. Tansley (1935) defende que, mesmo que alguns desses sistemas sejam mais autônomos que outros, todos os sistemas se interagem e se ajustam entre seus elementos, e que isolamento é um exercício meramente didático e artificial que não deve ser tomado como elemento principal do estudo (TANSLEY, 1935; REDCLIFT e WOODGATE, 2010).

Pickett e Grove (2009) explicam que a visão de Tansley é que a explanação organísmica é uma analogia ou metáfora, “não uma homologia”, baseando seu conceito na ideia de sistema, bastante popular no meio da Física do início do século XX. Tansley (1935), com seu conceito, subdivide o sistema ecológico em três complexos – climático, do solo e orgânico, e afirma que a atividade humana e seus efeitos devem ter um lugar apropriado dentro da ecologia.

De acordo com Redclift e Woodgate (2010, p. 130), a partir do conceito de Tansley sobre ecossistemas, se desenvolve a análise ecossistêmica, para a qual o conceito de metabolismo é crucial. Metabolismo é o nome dado ao conjunto de reações químicas e físicas que transformam compostos bioquímicos para produzir a energia necessária para sustentar a vida de um organismo, podendo ser utilizadas imediatamente ou reservadas pelo próprio organismo (reservas endógenas) para futuras necessidades de sobrevivência - quando os compostos são sintetizados, a reação metabólica é chamada de anabólica e quando são degradados produzir energia, a reação é catabólica⁷³ (FERNANDES, 2019; MICHAELIS, 2019).

2.2.2. PERÍODO DA INSTITUCIONALIZAÇÃO DAS CIÊNCIAS SOCIAIS: CONSOLIDAÇÃO DA GEOGRAFIA URBANA ALEMÃ (1870 – 1913)

Os trabalhos dos geógrafos alemães do final do século XIX e início do século XX têm fundamental importância na história da morfologia urbana. A geografia se estabelece como disciplina científica nas universidades germânicas na década de 1880, momento em que pesquisadores do campo da geografia humana se preocupam com duas questões básicas em

⁷² Levy também era opositor do holismo de Smut (REDCLIFT e WOODGATE, 2010, p. 117).

⁷³ Anabolismo e catabolismo são reações diametralmente opostas que funcionam de forma articulada para a maximização de energia (FERNANDES, 2019).

relação as cidades: a sua locação e o seu propósito de existir naquele determinado local⁷⁴. Nessa década, no ano de 1882, o geógrafo alemão Friedrich Ratzel (1844-1904), oriundo dos ramos da Farmácia e Zoologia⁷⁵, publica seu livro *Antropogeographie*, no qual explica o fenômeno como adensamento contínuo de pessoas e habitações, ocupando vasta área de solo e localizada no centro de linhas de tráfego. Em 1886, é indicado para assumir a cadeira de geografia da Universidade de Leipzig. Autor dos termos *Raumqualität* (em alemão, “qualidade do espaço”) e *lebensraum* (do alemão, “espaço vital”), Ratzel é considerado o mais proeminente geógrafo deste primeiro período (pré-1899), responsável por dar sequência aos estudos de fundamentação e sistematização da geografia alemã como ciência – processo iniciado por Alexander Von Humboldt (1769-1859) e Carl Ritter (1779-1859). Ratzel, em sua ótica darwinista, acredita que o ser humano é moldado pelo espaço. É apontado como fundador da Geografia Política (geopolítica), nome de sua obra de 1897, onde define que a coesão de um povo é o território (espaço) que compartilha sua história (tempo) (HOFMEISTER, 2004; ARCASSA, 2017).

Oliveira e Monteiro (2014) apontam como uma das publicações fundamentais desse momento a obra de 1894 do historiador Johannes Fritz⁷⁶, *Deutsche Stadtanlagen*⁷⁷, um estudo comparativo sobre mais de 300 cidades alemãs, cujo ineditismo está no uso do plano urbano e da cartografia como fontes de informação primordial para a história urbana, o que permite a classificação das cidades a partir do tipo de plano. De acordo com Xie e Gu (2018), Fritz compara, com os planos urbanos, a forma física dos assentamentos, delimitando diferentes padrões de vias que formam a cidade de Rostock⁷⁸ e assim criando, embora ainda de forma pouco refinada, as bases inaugurais do campo de investigação que, posteriormente, será desenvolvido por Conzen sob a alcunha de *regionalização morfológica* – o reconhecimento da maneira como paisagens urbanas se estruturam em áreas unificadas.

⁷⁴ Importante situar que se trata de um período pré-Primeira Guerra Mundial, no qual a geografia alemã está preocupada em estabelecer os limites daquilo que chamam de *Mitteleuropa* (do alemão, “Europa Central”, em tradução livre), o que Brechtefeld (1996, p. 54) chama de “*substitute religion in the German quest for ‘promised land’*”. De forma resumida, o conceito de *Mitteleuropa*, que futuramente será a base argumentativa para a expansão alemã nas Grandes Guerras, baseia-se na hegemonia política germânica sobre a região da Europa Central com o argumento de que a Alemanha, por sua unificação recente, industrialização tardia e problemas causados por Napoleão e pela Revolução de 1848, estaria em desvantagem em relação à França e a Grã-Bretanha na corrida por colônias, portanto, teria direito a um território mais amplo no continente europeu. A geografia alemã, no final do século XX, está em busca de definições fronteiriças e culturais sobre o que seria considerado território essencialmente germânico (MEYER, 1946; BRECHTEFELD, 1996).

⁷⁵ Ratzel, primeiramente, foi treinado como farmacêutico antes de entrar para as ciências sociais. Devido ao seu viés nacionalista, alistou-se em 1870 no exército alemão para combater as tropas de Napoleão III, posteriormente viajando, como jornalista, pela Itália (1872) e Estados Unidos/México (1873), onde tornou-se geógrafo por observação do espaço. É autor dos livros “Antropogeografia” (1882/91) e “Geografia Política” (1897), além de ter sido chefe da Escola Sociológica do Determinismo Geográfico. Ratzel, ex-aluno de Ernst Haeckel (1834-1919) e, portanto, fortemente influenciado pelo darwinismo, é um dos geógrafos que tentava definir as fronteiras da *Mitteleuropa* (BRECHTEFELD, 1996; HOFMEISTER, 2004; ROSA, 2012a; ARCASSA, 2017).

⁷⁶ O único não-geógrafo dentre os pesquisadores apontados (OLIVEIRA e MONTEIRO, 2014).

⁷⁷ Do alemão, “Instalações da cidade alemã”, em tradução livre. No artigo de Oliveira e Monteiro (2014), os autores traduzem do alemão para o português como “Cidades alemãs”.

⁷⁸ Cidade do nordeste da Alemanha, na região da Pomerânia Ocidental, à beira do mar Báltico. Sua fundação remete ao século XI.

A segunda obra apontada por Oliveira e Monteiro (2014) é a publicação do geógrafo Otto Schlüter⁷⁹ (1872-1959), *Über den Grundriss Der Städte*⁸⁰, que dá continuidade ao trabalho de Fritz a partir dos planos urbanos, incluindo estudos sobre diferentes partes que compõem o centro da cidade e traz a importância da paisagem na qual a cidade se insere. Hofmeister (2004) aponta esse artigo de Schlüter como inaugural para o segundo período da geografia alemã. Whitehand (2001) enumera um segundo artigo de Schlüter publicado no mesmo ano de 1899, *Bemerkungen zur Siedlungsgeographie*⁸¹, cujo destaque se dá por seu aspecto pragmático.

Essa segunda fase se desenha quando a abordagem inicial começa a ser questionada por ser ainda muito genérica, o que faz com que subdivisões da geografia comecem a se consolidar. Geógrafos físicos se preocupam com a descrição dos relevos e sua cobertura vegetal, enquanto pesquisadores da geografia humana, subdivisão da disciplina proposta por Schlüter em contraponto à visão determinista de Ratzel, focam no leiaute de espaços urbanos, seus padrões de vias, linhas de transporte, quadras, espaços abertos e a tridimensionalidade do tecido urbano. Schlüter propõe três formas sistemáticas para compreender a paisagem cultural: assentamentos (que dará forma à geografia territorial), ocupação do solo (geografia econômica) e os eixos de comunicação (geografia de transporte). É da geografia territorial, com suas bases conceituais fundamentando-se na existência de assentamentos urbanos e rurais, que nasce, num futuro próximo, a geografia urbana (HOFMEISTER, 2004; PEREIRA COSTA e NETTO, 2015).

Como dito anteriormente, inicia-se com Otto Schlüter no ano de 1899, o segundo período da geografia urbana alemã, que dura até o ano de 1928 (entre guerras), com a publicação de Rudolf Martiny, *Die Grundrißgestaltung der deutschen Siedlungen*⁸². Esse período, chamado de “época da morfologia urbana” por Hofmeister (2004), é marcado pelo entendimento do leiaute das cidades como objeto de pesquisa devido à longevidade dos padrões das vias. Schlüter, criador do termo *Morphologie der Kulturlandschaft*⁸³ e *dingliche Erfüllung der Erdoberfläche*⁸⁴, define paisagem urbana como a aparência das formas físicas edificadas e objeto diferente da paisagem cultural, focando na forma (ênfase morfológica) como principal objeto de pesquisa

⁷⁹ Otto Schlüter (1872-1959) era filho de uma família com tradição jurídica. Inicialmente optou por frequentar, na universidade, aulas de História, Filologia alemã e História da Literatura, mudando-se para Halle para iniciar seus estudos na Geografia. Schlüter, então, muda-se para Berlim em 1895 para aperfeiçoar sua formação profissional, sob orientação do geógrafo e cientista alemão (Barão) Ferdinand von Richthofen e, em 1911, assume vaga de catedrático em Halle, onde leciona até 1938 e se aposenta em 1951. As principais influências para suas obras são do próprio Barão von Richtophen e do filósofo prussiano Immanuel Kant, precursor do criticismo (SEEMANN, 2004).

⁸⁰ Do alemão, “Sobre a planta baixa da cidade”, em tradução livre. A tradução do título do alemão para o inglês, no artigo de Hofmeister (2004) é *On the layout of towns* e para o português, no artigo de Oliveira e Monteiro (2014) é “Sobre a estrutura das cidades”.

⁸¹ Do alemão, “Notas sobre a geografia do assentamento”, em tradução livre.

⁸² Do alemão, “O leiaute dos assentamentos alemães”, em tradução livre. A tradução do título do alemão para o inglês, no artigo de Hofmeister (2004) é *The layout of German settlements*.

⁸³ Do alemão, “morfologia da paisagem cultural”, em tradução livre. No artigo de Hofmeister (2004), é traduzido para o inglês como *morphology of the cultural landscape*.

⁸⁴ Do alemão, “objetos que moldam a superfície da terra”, em tradução livre. No artigo de Hofmeister (2004), é traduzido para o inglês como *objets shaping the earth's surface*.

(HOFMEISTER, 2004; PEREIRA COSTA e NETTO, 2015). De acordo com Seemann (2004), é Schlüter o responsável por trazer para a geografia, emprestado dos estudos biológicos e geológicos do escritor alemão Goethe, o termo “morfologia”, o qual, aplicado na geografia cultural, traz um olhar crítico às formas e padrões reconhecíveis.

Dentro do segundo período da geografia urbana alemã definido por Hofmeister (2004), Oliveira e Monteiro (2014) apontam a publicação de Ratzel, *Die Geographische Lage der großen Städte*⁸⁵, de 1903, como de grande importância pois se centra nos motivos e características pelas quais os assentamentos são fundados em um determinado local. No mesmo ano, lembra Hofmeister (2004), Schlüter publica um tratado com viés morfológico sobre os assentamentos do nordeste na região de Turíngia⁸⁶, *Die Siedelungen im nordöstlichen Thüringen*⁸⁷.

2.2.3. PERÍODO ENTRE-GUERRAS (1941 – 1944)

Conforme explica Rosa (2012b), as ciências sofreram saltos extraordinários de desenvolvimento na época contemporânea, a exemplo da Astronomia, Física, Biologia, Sociologia, Matemática e Química. Essa última, devido às crescentes demandas da sociedade, em especial a partir da Primeira Guerra Mundial e pelos acelerados processos de industrialização e urbanização, adquire reconhecimento popular e seu desenvolvimento e expansão é determinado pelo interesse público e empresarial. Na primeira metade do século XX, países como Estados Unidos, Japão, Canadá e Austrália rompem a bolha científica que acontecia na Europa até então, desenvolvendo conhecimentos nas indústrias petroquímica (plástico e borracha sintética), de alimentação, farmacêutica, dentre outras, e, posteriormente, o conhecimento se estende para países como Argentina, Brasil, Índia, China e México. No período entre-guerras, com a implementação do regime nazista na Alemanha, ocorre a destruição de centros de investigação europeus e “fuga de cérebros”, especialmente para os Estados Unidos, transferindo o epicentro mundial de estudos e pesquisas científicas para solo norte-americano (ROSA, 2012b).

Hall (2016) relata que, além de Londres, a maior do mundo no fim do século XIX⁸⁸, outras cidades apresentam os mesmos problemas da industrialização e crescimento acelerado, especialmente na Europa Ocidental (Manchester, Paris, Berlim, por exemplo) e Estados Unidos (especialmente Nova Iorque e Chicago). Em 1914, estoura a Primeira Guerra Mundial (1914-1918) na Europa. Os Estados Unidos, país fisicamente distante da zona de conflito, passam, então

⁸⁵ Do alemão, “A localização geográfica das grandes cidades”, segundo Oliveira e Monteiro (2014).

⁸⁶ Região no centro da atual Alemanha, composta por 17 distritos e 6 cidades independentes.

⁸⁷ Do alemão, “Os assentamentos no nordeste da Turíngia”, em tradução livre.

⁸⁸ Londres, em 1890, tinha 5,6 milhões de habitantes (HALL, 2016, p. 54).

a dominar as reflexões sobre a cidade. As cidades norte-americanas, que recebiam muitos imigrantes, especialmente italianos, alemães, irlandeses e judeus⁸⁹, viam a necessidade de socializá-los de acordo com o modo de vida locais. Assim, em Chicago (Figura 16), surge a partir de 1914 a primeira faculdade de Sociologia Urbana do mundo (HALL, 2016).



Figura 16: A cidade de Chicago (no estado norte-americano de Illinois) em 1871, antes do grande incêndio que a atingiu em outubro daquele ano (e durou 3 dias seguidos). Autor da Imagem: W. Flint (c.1872). Fonte: Site da Biblioteca do Congresso Norte-Americano, <https://www.loc.gov/resource/g4104c>

2.2.3.1. ESCOLA DE CHICAGO

Chicago é uma cidade insignificante até 1840 na rede urbana norte-americana, passando de 1 milhão de habitantes entre 1850 e 1890 e triplicado seu tamanho em 1930. Sua população é metade composta por imigrantes⁹⁰ e se torna uma potência industrial nacional por volta de 1925 (Figura 17). A chamada **Escola de Chicago**, nascida dentro do departamento de Sociologia e Antropologia da Universidade de Chicago em 1892, a partir de 1920, transforma a cidade em um “laboratório social” para tentar entender e resolver problemas urbanos, partindo da relação de

⁸⁹ Hall (2016, p. 59).

⁹⁰ “Poloneses, suecos, boêmios, noruegueses, holandeses, dinamarqueses, croatas, eslovenos, lituanos e gregos” (MATTHEWS, 1977, *apud* EUFRÁSIO, 1995).

diferenciação social e espacial da cidade. Os estudos resultam em conjuntos de proposições e conceitos que passam a ser utilizados como baliza para as análises urbanas. Dois dos sociólogos da primeira geração⁹¹, fundadores da escola, Robert Ezra Park (1864-1944) e Ernest Burgess (1886-1966), assimilam pioneiramente conceitos ecológicos nos estudos de áreas urbanas, tentando transpor os princípios da Ecologia aos estudos sociais (EUFRÁSIO, 1995; MARAFON, 1996; ANDRADE, 2014).



Figura 17: Vista aérea do centro (*Central Downtown*) de Chicago em 1926.
Fonte: Site Chicagology: <https://chicagology.com/1920buildings/>

De acordo com Marafon (1996), a Escola de Chicago estuda especialmente as questões de adaptação e equilíbrio das comunidades dentro do meio urbano, observando tanto os aspectos sociais quanto a forma e os processos de desenvolvimento e organização dessas comunidades, buscando conceitos nas ciências biológicas (ecologia vegetal e animal) para nortear tais investigações. A cidade é então entendida como um organismo vivo e com um metabolismo próprio⁹². Os pesquisadores analisam o crescimento acelerado das cidades norte-americanas no início do século XX, criando conceitos que são utilizados até hoje nos estudos urbanos, como **comunidade, centralização, segregação, invasão e sucessão**. Os resultados ficam conhecidos como estudos de Ecologia Humana ou Ecologia Urbana (MARAFON, 1996).

⁹¹ Os outros eram Albion Small, Roderick McKenzie e William Thomas (ANDRADE, 2014, p. 139).

⁹² Knox (2016, p. 81).

Burgess (2008) em seu artigo de 1925, *The Growth of the City*, compara os processos que ocorrem no crescimento de uma cidade aos **processos metabólicos** de anabolismo (sintetização de compostos bioquímicos para acumular energia) e catabolismo (degradação de compostos bioquímicos para gerar energia) de um corpo. A taxa natural de crescimento de uma cidade pode ser utilizada como medida para descobrir as alterações do metabolismo causadas pelo fluxo migratório, que acelera o crescimento de uma cidade. Para o autor, a mobilidade é o melhor índice para medir o metabolismo de uma cidade, por ser um indicativo de mudanças que estão ocorrendo em uma comunidade.

2.2.3.2. MRG CONZEN (1907 – 2000) E A MORFOLOGIA URBANA

No período da Guerra, a produção alemã na área da geografia continua relevante. No ano de 1916, o geógrafo cultural austríaco Hugo Hessinger (1877-1952) publica *Kunsthistorischer Atlas von Wien*⁹³, um inovador atlas histórico-artístico da cidade de Viena, onde, adotando plantas coloridas, identifica na cidade a localização dos edifícios, classificando-os por estilos arquitetônicos e suas respectivas idades, resultando em um acervo fundamental do patrimônio edificado da cidade. No ano de 1918, dois anos depois, um dos orientandos de Schlüter, o alemão Walter Geisler (1891-1945) publica seu trabalho, um livro de 17 capítulos que se divide em duas partes, sobre a polêmica cidade de Danzig⁹⁴, no qual, distingue os diferentes usos do solo e as diferentes edificações (com o número de pisos) em um mapa colorido da área central da cidade, como mostrado na Figura 18 (WHITEHAND, 2001; OLIVEIRA e MONTEIRO, 2014).

⁹³ Do alemão, "Atlas histórico-artístico de Viena", segundo Oliveira e Monteiro (2014).

⁹⁴ A cidade de Danzig foi fundada no ano de 997 a partir de uma fortificação chamada *Gyddanyzc*, às margens do mar Báltico, pertencendo ao reino da Polônia até o ano de 1793, quando foi absorvida pela Prússia. Entre 1807 e 1814, foi declarada como "cidade livre" pela primeira vez por Napoleão, retornando ao controle prussiano entre os anos de 1814 e 1918, período de seu apogeu como cidade portuária e comercial. No ano de 1918, a cidade, por sua localização geográfica, se viu em um dilema político internacional, entre o ultranacionalismo alemão, o avanço comunista e a dominação polonesa, quando foi elevada, pelo Tratado de Versailles, em uma cidade autônoma com o nome de Danzig em 1920, sob proteção da Liga das Nações. No ano de 1939, foi tomada pela Alemanha nazista, permanecendo sob esse domínio até o ano de 1945, quando foi restituída à Polônia com seu nome original, *Gdansk* (MCNAMARA, 2022).

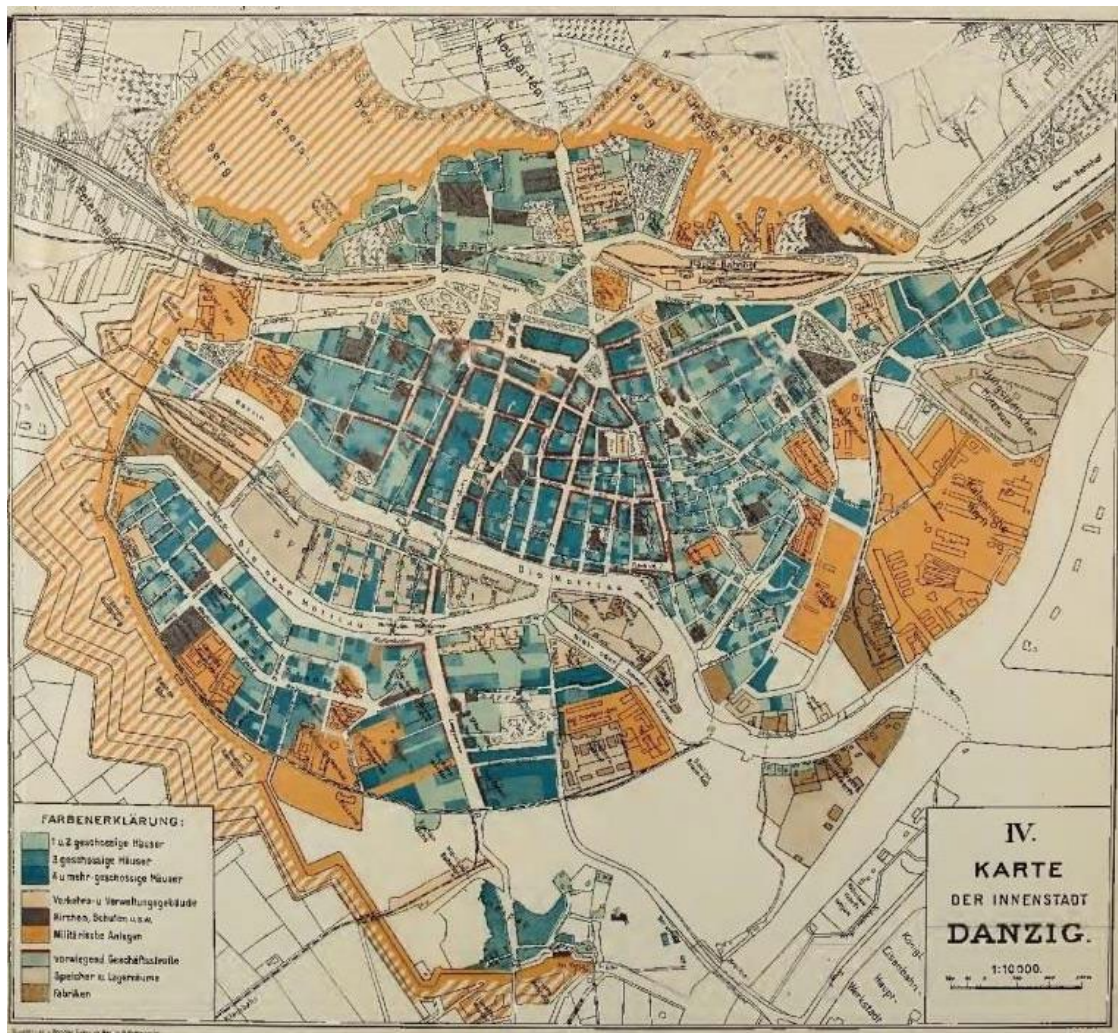


Figura 18: Mapa colorido da área central da cidade de Danzig, produzido por Geisler no ano de 1918.
 Fonte: Oliveira e Monteiro (2014).

No ano de 1924, após o final da Primeira Grande Guerra, Geisler publica outra obra importante sobre cidades alemãs, *Die Deutsche Stadt: ein Beitrag zur Morphologie der Kulturlandschaft*⁹⁵, em que “propõe uma classificação dessas cidades com base nos sítios escolhidos para a sua fundação, no plano térreo e nos tipos de edificado” (OLIVEIRA e MONTEIRO, 2014, p. 39). Quatro anos depois, em 1928, Rudolf Martiny publica a obra que Hofmeister (2004) considera a que encerra o segundo período da geografia alemã, voltado para a morfologia urbana, *Die Grundrißgestaltung der deutschen Siedlungen*⁹⁶, no qual fala sobre a estrutura dos assentamentos alemães. A partir de 1928, diz Hofmeister (2004), a geografia alemã se volta muito mais para a função das cidades do que para sua morfologia.

⁹⁵ Do alemão, “A cidade alemã: um contributo para a morfologia da paisagem cultural” (OLIVEIRA e MONTEIRO, 2014).

⁹⁶ Do alemão, “A estrutura dos assentamentos alemães” (OLIVEIRA e MONTEIRO, 2014).

Porém, em 1932, o alemão Michael Robert Günter Conzen (1907-2000) submete sua dissertação de 130 páginas, 18 mapas e 76 fotografias, chamada *Die Havelstädte*⁹⁷, à Universidade de Berlim, na qual, sob forte influência do trabalho do geógrafo Walter Geisler (1891-1945), apresenta um estudo colorido a respeito dos tipos de edificações existentes em 12 cidades do norte e oeste de Berlim banhadas pelo rio Havel. Nascido em Berlim, Conzen estuda no Instituto de Geografia da Universidade de Berlim a partir do ano de 1926, onde tem acesso aos estudos de Otto Schlüter (1872-1959) e Herbert Louis (1900-1985). Seu foco, dentro da geografia, é na geomorfologia, a qual aplica nos seus estudos a respeito da paisagem artificial e assentamentos humanos, desempenhando papel central nos estudos de análise morfogenética urbana (WHITEHAND, 2001; KRISTJÁNSDÓTTIR, 2019).

Em 1933, pouco antes de concluir seu mestrado, devido à ascensão do nazismo na Alemanha, Conzen imigra para a Inglaterra, estabelecendo-se em Londres. Enquanto aguarda definições a respeito de sua inserção no meio científico, desenvolve pesquisas para o Museu Britânico e investiga localidades vizinhas, produzindo relatórios com ilustrações detalhadas. Entra para o curso de Planejamento Urbano e rural da Universidade de Victoria, em Manchester, trabalhando na área nos anos seguintes. Durante sua atuação como planejador urbano e regional, Conzen se dedica à análise da situação das cidades, preocupando-se com os fundamentos teóricos para o planejamento. Sua preocupação com a precisão terminológica, herança dos estudos na Alemanha, o levam à primeira publicação de sua autoria em língua inglesa, um estudo sobre o plano diretor esquemático de Manchester (PEREIRA COSTA e NETTO, 2015).

2.2.4. OS 30 GLORIOSOS: PERÍODO PÓS-GUERRA (1945 – 1972)

Nos 30 anos seguidos pós-guerras (1945-1972), o mundo se divide entre o ocidente capitalista, liderado pelos Estados Unidos, e o oriente socialista, liderado pela então União Soviética. Há uma mudança nas estruturas sociais que refletem em todas as esferas da vida, com questionamentos sobre os valores sociais estabelecidos até então: o capital prevalece sobre o trabalho, resultando na diminuição de salários e perdas de garantias laborais. Países ocidentais, em reconstrução pós-guerra, expandem seu modelo econômico baseado em produção e consumo de recursos naturais em larga escala para países sob suas influências, chamando a atenção para a questão ambiental (FIGUEIREDO e CRUZ, 2013). Esse clima mundial de questionamentos permeia as reflexões acerca do espaço urbano.

⁹⁷ Do alemão, “As cidades de Havel”, em tradução livre. Havel é um rio de cerca de 334 km de extensão que corre dentro do território alemão, sendo o maior afluente do rio Elba.

De acordo com Santos, Xavier e Peixoto (2008), após a Segunda Grande Guerra, o Produto Interno Bruto (PIB) passa a ser um indicador de interesse para medição do desenvolvimento de um país, gerando um aumento da demanda por recursos naturais não-renováveis como o petróleo. No mundo, ocorre uma urbanização intensa: Freund (2007, p. 65) estima que a porcentagem de pessoas vivendo em espaços urbanos no continente africano passou de 4,8% na década de 1920 para 14,2% nos anos 1960. Mazrui e Wondji (2010) justificam o crescimento urbano no continente devido ao crescimento demográfico e êxodo rural a partir dos anos 1920, com famílias se estabelecendo nas periferias de cidades médias e localidades costeiras⁹⁸ pré-Segunda Guerra, formando comunidades. Com a crise da agricultura monopolista, nos anos 1950, estima-se que a população urbana no continente é de 31,8 milhões, parrando para 49,5 milhões nos anos 1960 (MAZRUI e WONDJI, 2010).

No ano de 1953, na Baía de Minamata, uma região costeira que vive da pesca no Japão, são relatados os primeiros casos de uma condição neurológica na qual os pacientes apresentam dormência nos membros, fraqueza muscular, deficiências visuais e de fala, paralisia e até mesmo morte. Quando as autoridades japonesas tomam conhecimento, descobrem que se trata de contaminação devido aos resíduos da empresa química produtora de plásticos Chisso⁹⁹, que por mais de uma década despeja mercúrio metálico¹⁰⁰ nos afluentes da baía, intoxicando milhares de pessoas. No mesmo ano, o biólogo norte americano Eugene Odum (1913-2002), filho do sociólogo Howard W. Odum (1884-1954), lança a primeira versão de “Fundamentos da Ecologia”, onde compara cidades a parasitas, utilizando como metáfora os líquens, que são uma associação simbiótica tão interdependente, funcional e morfológicamente integrada entre fungos e algas que podem ser consideradas uma terceira espécie. O autor explica que dentro dos líquens pode ser encontrada uma evolução do parasitismo para o mutualismo: enquanto em espécies mais primitivas o fungo penetrava a célula da alga (parasitismo), nas mais avançadas a célula da alga não é invadida pela hifa do fungo e ambos convivem em harmonia (mutualismo). Assim seria o ser humano, seguindo o “modelo líquen”, que tem atuado como parasita do ambiente, criando cidades que consomem alimento, água e ar do espaço rural, gerando grandes quantidades de resíduos, até o ponto de destruir seu hospedeiro (ODUM, 1988; COLASSO, 2011; (SILVA *et al.*, 2017).

⁹⁸ No caso no Marrocos, Argélia e Tunísia, todos países mediterrâneos, as correntes migratórias se prolongam além-mar, especialmente para a França (MAZRUI e WONDJI, 2010, p. 42).

⁹⁹ Silva *et al.* (2017, p. 51).

¹⁰⁰ De acordo com Colasso (2011), o mercúrio metálico não provoca danos ao ambiente, pois não é absorvido. No entanto, quando se liga ao carbono, transforma-se em um composto orgânico bioacumulado altamente tóxico chamado metilmercúrio (MeHg), que se integra à cadeia alimentar através dos plânctons que alimentam os peixes que serão consumidos pelos seres humanos. O MeHg é transmissível para fetos, o que provocou grande aumento no nascimento de crianças com deformidades na região.

No ano de 1961, Jane Jacobs (2014) lança a primeira edição de *The Death and Life of Great American Cities*, onde a autora critica os resultados urbanos do Movimento Moderno¹⁰¹.

Em 1962, a bióloga¹⁰² Rachel Carson (1907-1964) publica “Primavera Silenciosa”¹⁰³, um livro que marca o movimento ambientalista mundial. Na obra, dividida em 17 capítulos, Carson denuncia práticas de empresas químicas, analisando o uso de pesticidas químicos artificiais para o combate de pragas na agricultura e reservas naturais do Canadá e Estados Unidos, fazendo paralelos com a bomba atômica em um momento em que o mundo vivenciava o terror de uma guerra nuclear. No ano seguinte, 1963, Eugene Odum publica a primeira edição de *Ecology: The link Between the Natural and the Social Science*¹⁰⁴, onde já no primeiro parágrafo do capítulo 1, *The Scope of Ecology*, explica que ecologia corresponde ao estudo da Terra como o lar¹⁰⁵ de plantas, animais, micro-organismos e pessoas que coabitam o planeta como componentes interdependentes, estando a ecologia¹⁰⁶ preocupada não só com organismos, mas com **fluxos energéticos e ciclos de matéria** em terra, nos oceanos, ar e água. Odum explica o conceito do *princípio dos níveis integrativos*, ou *princípio do controle hierárquico*, onde os componentes, quando são combinados para criar um todo hierarquicamente superior, novas propriedades emergem (ODUM, 1975; LOPES, 2011; BONZI, 2013). Os princípios apresentados por Odum são derivados da Teoria Geral dos Sistemas, criada pelo biólogo Ludwig von Bertalanffy¹⁰⁷, citado no Capítulo 1.

2.2.4.1. ABEL WOLMAN E O METABOLISMO URBANO

Logo a seguir, no ano de 1965, o engenheiro ambiental norte americano Abel Wolman (1892-1989) publica um artigo chamado *The Metabolism of Cities*¹⁰⁸, no qual o termo **metabolismo** é utilizado pela primeira vez para caracterizar o **consumo** de recursos de uma cidade necessários para dar suporte aos habitantes em atividades de trabalho, lar e lazer. Na publicação, Wolman faz um estudo quantitativo sobre uma hipotética cidade americana, apresentando-a como um *ecossistema* (WOLMAN, 1965). Esse artigo é considerado o pioneiro da abordagem de

¹⁰¹ “Este livro é um ataque aos fundamentos do planejamento urbano e da reurbanização ora vigentes” (JACOBS, 2014, p. 14).

¹⁰² Segundo Bonzi (2013), Carson inicialmente queria se graduar em literatura inglesa, optando pela biologia por influência de uma professora da área de zoologia. Estudou biologia marinha e tornou-se mestre em zoologia em 1932 pela Universidade John Hopkins.

¹⁰³ O título original da obra é *Silent Spring*. A primeira publicação brasileira é de 1964 (LOPES, 2011).

¹⁰⁴ No prefácio da segunda edição, de 1975, o autor explica que contou com a colaboração do irmão, o também ecologista Howard T. Odum (1924-2002), nos capítulos 2 (*The Ecosystem*) e 3 (*Energy Flow Within the Ecosystem*) (ODUM, 1975, p. vii).

¹⁰⁵ Em inglês, ao falar que *ecology* deriva do grego *oikos*, que significa “casa” (*house*), o autor utiliza a expressão *earth’s households*, como explicação literal do significado do termo. Neste trabalho, a tradução foi feita para “lar”.

¹⁰⁶ O autor aponta que a raiz etimológica de *ecologia* é a mesma de *economia* (ODUM, 1975, p. 4).

¹⁰⁷ A primeira edição do livro de Bertalanffy, “Teoria Geral dos Sistemas”, só seria publicada em 1968, 5 anos após a publicação da primeira edição do *Ecology* de Odum.

¹⁰⁸ “O Metabolismo das Cidades”, em livre tradução.

metabolismo urbano **de maneira quantitativa** como instrumento de planejamento, mas, segundo observado por Golubiewski (2012), Wolman apenas mencionou o conceito do metabolismo como forma de explicar sua análise de entrada e saída de recursos, mas não desenvolveu a teoria que daria suporte.

Diversos autores¹⁰⁹ consideram o *Metabolism...* (1965) de Wolman como a primeira publicação a aplicar o conceito de metabolismo para identificar o consumo de uma cidade. Wolman, engenheiro sanitário norte-americano, é pioneiro na aplicação de cloro (cloração) na água para consumo e, também, o responsável por incluir a saúde ambiental na constituição da conferência da OMS de 1946¹¹⁰. No seu referido artigo, o autor faz a análise de uma cidade americana hipotética de 1 milhão de habitantes¹¹¹, afirmando logo no parágrafo introdutório que os requerimentos metabólicos (*metabolic requirements*) de uma cidade são os materiais e *commodities*¹¹² necessários para sustentar as atividades dos cidadãos quando em atividades de trabalho, lazer ou descanso, incluindo os recursos necessários para construções e completando o ciclo com a disposição de resíduos com o mínimo de incômodo e periculosidade. Wolman aponta que o crescimento excessivo das cidades gera 3 grandes problemas metabólicos: água (*water*), esgoto (*sewage*) e poluição do ar (*air pollution*), colocando-os em um gráfico quantitativo de entradas e saídas (*inputs-outputs*), onde os elementos de saída (*outputs* – esgoto, resíduos sólidos e poluentes do ar) seriam os produtos metabólicos dos *inputs* (água, alimentos e combustíveis) multiplicados pela quantidade de cidadãos. A preocupação eram as projeções de consumo para os próximos anos, o encarecimento do recurso água, a poluição das fontes de abastecimento e a depreciação da qualidade do ar pela queima de combustíveis dos automóveis (WOLMAN, 1965). Apesar de discutível quanto ao pioneirismo¹¹³, ao artigo de Wolman se deve a cunhagem do conceito, embora lhe falte o desenvolvimento da teoria - uma pendência apontada por Golubiewski (2012).

É pertinente citar aqui o contexto histórico em que o artigo de Wolman foi escrito. Nos Estados Unidos, estava havendo um grande crescimento dos subúrbios, cujo marco, de acordo com Hall (2016), foi a assinatura da Lei de Ajuda Federal à Autoestrada em 1956, que assinalava a construção de 65.600 quilômetros de novas estradas no país a um custo de 41 bilhões de dólares. Essas deveriam servir como corredores de acesso dos centros urbanos para os potenciais subúrbios, que já estavam em franco crescimento desde as décadas de 1920 e 1930 e tiveram sua

¹⁰⁹ Keil e Bourdreau (2006); Kennedy, Cuddihy e Engel-Yan (2007); Alberti (2008); Niza, Rosado e Ferrão (2009); Zhang, Yang e Yu (2009); Kennedy, Pincetl e Bunje (2011); Baccini e Brunner (2012); Broto, Allen e Rapoport (2012); Golubiewski (2012); Kennedy e Hoornweg (2012); Pincetl, Bunje e Holmes (2012); Pincetl (2012); Ferrão e Fernandez (2013); Kuhn (2014); Karvounis (2015); Ebohi (2018); Li *et al.* (2019).

¹¹⁰ Wolman (2003).

¹¹¹ Representando a realidade de muitas cidades americanas pós-industriais que já existiam naquele tempo.

¹¹² Expressão em inglês que indica bem ou produto primário (recursos minerais, vegetais ou agrícolas) com forte valor comercial/estratégico e que, portanto, é comercializado em bolsas de valores com cotação de mercado. Por serem matérias-primas, seus valores influenciam atividades industriais e comerciais e, portanto, influenciam na economia de um país (OMNIA, 2019).

¹¹³ O Movimento Metabolista japonês, iniciado em 1959, influenciou a questão urbana na Ásia, Oriente Médio e África Oriental.

explosão¹¹⁴ com o financiamento barato e a longo prazo de habitações e com o crescimento populacional causado pelo aumento da taxa de natalidade pós Segunda Guerra Mundial. Além disso, a Lei da Habitação de 1949 e sua emenda de 1954 desencorajavam a moradia de baixo aluguel para a população pobre e incentivavam a reurbanização comercial de áreas centrais de grandes cidades¹¹⁵, derrubando cortiços e empurrando a população pobre, especialmente negros e hispânicos, para longe dos centros e das suas unidades de vizinhança, num processo que Hall (2016) denominou de “remodelação urbana”. Importante mencionar que o automóvel, e consequentemente o tráfego intenso das grandes cidades, já fazia parte do cotidiano norte-americano desde os anos 1920, permitindo que o trabalhador morasse mais longe do emprego e, consequentemente, fazendo com que os subúrbios começassem a crescer mais do que a cidade base. Porém, durante a Grande Depressão de 1929 e a Segunda Guerra, a aquisição de veículos particulares estagnou, voltando a crescer apenas em 1949 (HALL, 2016).

2.2.5. PERÍODO DO INÍCIO DA CRISE ATUAL (1973 – 1995)

A visão sistêmica da cidade se inicia no quinto período, quando se inicia a crise urbana que vivenciamos até hoje (1973-1994). Holanda (2002) coloca o livro de Jacobs (2014) como ponto de questionamento em relação às práticas do Movimento Moderno, fazendo com que o foco dos estudos urbanos passe a ser o lado social. Tal posicionamento incomoda arquitetos e urbanistas, fazendo com que, na década de 1970, na *Unit for Architectural Studies* dentro da *University College London*, surja uma abordagem teórica e metodológica para análise das relações espaciais dentro do espaço urbano: trata-se da Teoria da Lógica Social do Espaço¹¹⁶, que passa a ser conhecida como Sintaxe Espacial (*Space Syntax*). Segundo o professor Bill Hillier (1937-2019), na apresentação de um dos livros fundamentais da abordagem¹¹⁷, alguns dos conceitos fundamentais nascem da sua colaboração outros pesquisadores, especialmente com Adrian Leaman, no início dos anos 1970¹¹⁸, mas a teoria se torna substantivamente autônoma, com as

¹¹⁴ A década de 1950 havia sido a de maior crescimento dos subúrbios norte-americanos, numa proporção de 10 vezes mais que as cidades centrais, de acordo com o Censo de 1960 (HALL, 2016, p. 422).

¹¹⁵ Nova Iorque, New Haven, Pittsburg, São Francisco e Boston são citadas por Hall (2016, p. 332-338).

¹¹⁶ Do inglês, *The Social Logic of Space*, que viria a ser o título de uma das obras mais importantes da teoria.

¹¹⁷ O livro é *The Social Logic of Space* (do inglês, A Lógica Social do Espaço), de Bill Hillier e Julienne Hanson, de 1984.

¹¹⁸ Holanda (2002, p. 66) explica que os autores discutiam sobre a arquitetura como disciplina em si própria, cujo núcleo são códigos que representam uma relação entre as sociedades humanas e os artefatos físicos e que, portanto, o arquiteto/projetista deve traduzir esses códigos em edifícios que forneçam à sociedade aquilo que ela precisa. Aponta, em notas, os seguintes artigos: *Knowledge and design*, de Bill Hillier, John Musgrove e Patrick O’Jullivan, de 1972; *A new approach to architectural research*, de Hillier e Leaman (1972); *How is design possible?*, de Hillier e Leaman (1974); e *Architecture as a discipline*, de Hillier e Leaman (1976).

metodologias iniciais pertinentes, a partir de 1975, quando se inicia a sua colaboração com a professora e arquiteta Julienne Hanson¹¹⁹.

Hillier e Hanson (2005) explicam que a teoria nasce de uma lacuna, então existente, na qual os modelos gerais, atribuídos à forma como teóricos sociais conceituam a sociedade, relacionando o meio físico com as formações sociais não levam em conta a estrutura espacial, o que se torna contraditório à medida em que as sociedades humanas são um fenômeno espacial, ou seja, a sociedade só se relaciona legitimamente com o espaço através da própria dimensão espacial que cria, ao mesmo tempo em que o espaço só pode ser relacionado a uma sociedade se está impregnado com as dimensões sociais em sua própria forma. Falaremos mais sobre a Sintaxe Espacial no capítulo dedicado à abordagem.

Ainda em 1975, na segunda edição¹²⁰ de *Ecology*, Odum apresenta, no capítulo 2 (*the Ecosystem*), o tópico *The city as an Ecosystem*¹²¹ (ODUM, 1975, p. 39), onde fala que a cidade seria um ecossistema heterotrófico e que depende de um grande fluxo de energia de outras fontes – em consonância com o que já havia dito em “*Fundamentos...*”. Comparando uma cidade hipotética norte americana de um milhão de habitantes, cuja fonte de energia seriam combustíveis fósseis, a um ecossistema natural de tamanho e estrutura proporcionais (um lago de fertilidade moderada, sem urbanização próxima), cuja fonte de energia seria a solar, o autor lança um modelo matemático em 3 dimensões, que seriam entendidas como camadas: **a) estrutura** (zoneamento e uso do solo); **b) população** (organismos encontrados no sistema); e **c) fluxo de energias e materiais**.

Odum (1975) explica que, em uma cidade, o consumo mais alto de energia ocorre em áreas industriais que, em geral, podem estar localizadas ou no centro, em ilhas ou em um cinturão ao redor da cidade. As redes de circulação viária ocupam uma grande parte da terra urbana (20%), o que indicaria que o transporte de materiais e de pessoas leva a um intenso e ineficiente consumo de energia e poluem o ar com resíduos tóxicos causados pela queima de combustíveis fósseis (*fuel*), sendo, nas palavras do autor, uma praga (*plague*) para as grandes cidades mundo afora. Com relação ao que o autor chama de quantidade de vida por área-base¹²², as diferenças entre cidade e o lago não são tão distantes, ressaltando que a grande distinção entre os ecossistemas comparados está, de fato, no tipo de energia consumida: na cidade há grande demanda de energia

¹¹⁹ De acordo com Holanda (2015, p. 11), Hanson dava aulas na disciplina *Spatial Morphology* (Morfologia Espacial), cujo principal professor era Hillier. Acrescentamos a esse rol o artigo *Space Syntax*, de 1976, cujos autores são Hillier, Leaman, Stansall e Bedford, no qual apontam a matemática como estratégia científica para estudos de sistemas artificiais, como cidades, sociedade e linguagem, gerando a possibilidade do uso de inteligência artificial (computadores) para cálculos da sintaxe formal da organização dos espaços humanos.

¹²⁰ Essa foi a edição (2ª, de 1975) utilizada para pesquisa neste trabalho.

¹²¹ “A cidade como um ecossistema”, em livre tradução.

¹²² “*Amount of live on a per-unit-area basis*” (ODUM, 1975, p. 41).

para dar suporte à uma população densa, maquinário e para alterar a temperatura interior dos edifícios, criando um *hot spot* na superfície terrestre (ODUM, 1975, p. 41-42).

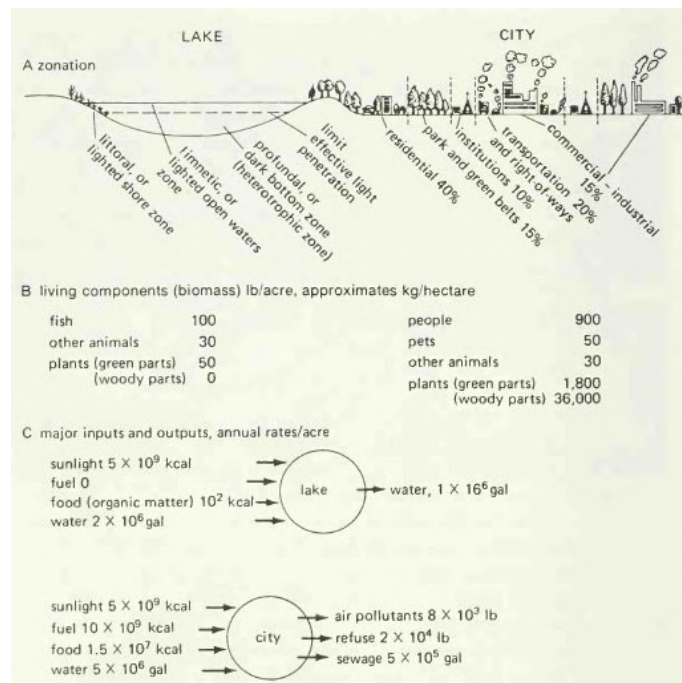


Figura 19: Gráfico comparativo entre uma cidade norte americana de 1 milhão de habitantes e um lago de fertilidade moderada. Os padrões de densidade e de uso do solo urbano foram baseados em média estatística de 7 grandes cidades (Nova Iorque, Chicago, Filadélfia, Los Angeles, Detroit, Cleveland e Pittsburg), tabuladas por Charles Abrams em 1965. Fonte: Odum (1975, p. 40).

Com relação à comida (*food*), Odum (1975, p. 43) explica que a cidade, diferente do lago, onde toda a fonte de alimentação dos organismos se encontra dentro do próprio ecossistema, precisa importar toda a comida (entrando na conta dos *inputs*, ou seja, aquilo que entra no sistema), incluindo aquilo que é desperdiçado, que acaba entrando na conta dos *outputs* (o que sai do sistema) na forma de resíduos sólidos. Aqui o autor faz um cálculo sobre a área agrícola que seria necessária para alimentar os habitantes da cidade hipotética: 22 acres de um agro-ecossistema (subsidiado por combustíveis fósseis, que não entram na conta direta de *inputs* da cidade, para aumentar a produtividade) para cada acre urbano, ou seja, áreas densamente populosas, que consomem altas quantidades de energia, precisam de uma enorme área de baixa densidade, produtora de energia (ODUM, 1975, p. 43-44). Essa linha de raciocínio por área será a base para uma das vertentes metodológicas do Metabolismo Urbano que foi utilizada nesta pesquisa, a **Pegada Ecológica** (*Ecological Footprint*).

Ainda no livro de Odum (1975), no capítulo 3, *Energy Flow Within the Ecosystem*¹²³, consta o item *Energy and Materials*¹²⁴ (p. 60), em que se explica que, dentro de um ecossistema, energia

¹²³ "Fluxo de energia no Ecossistema", em livre tradução.

¹²⁴ "Energia e Materiais", em livre tradução.

não circula, enquanto materiais que compõem organismos, como nitrogênio, carbono e água, podem circular diversas vezes – um determinado átomo pode ser reutilizado em diversos ciclos, enquanto a energia será utilizada uma vez pelo organismo, sendo convertida em calor e degradada até se perder dentro do ecossistema. Esse fenômeno, chamado pelo autor de “*one-way flow of energy*”¹²⁵, traduzido aqui para “fluxo de energia unidirecional”, é resultado das Leis da Termodinâmica.

As preocupações com o meio ambiente passam a ser foco da humanidade, especialmente depois de outros grandes desastres ambientais, como o vazamento de gás em Bhopal, na Índia, em 1984, e o acidente nuclear de Chernobyl, na União Soviética, em 1986. A comoção culmina com o Relatório Brundtland¹²⁶ *Our Common Future*, documento de 1987 elaborado a pedido da Assembleia Geral das Nações Unidas que, de acordo com Lacerda e Cândido (2013), lança a definição do conceito de desenvolvimento sustentável, proposto como um novo modelo cujo mote seria o de respeito às limitações de disponibilidade de recursos ambientais e de capacidade da biosfera de absorver os efeitos das atividades humanas; de combate à pobreza¹²⁷; de adoção de estilos de vida mais ecológicos, com destaque para o uso de energia; e de tamanho e taxa de crescimento populacional em harmonia com o potencial produtivo do ecossistema. O desenvolvimento sustentável não se trata de um estado de harmonia, mas um processo de mudança sobre as explorações de recursos, direcionamento de investimentos, orientação do desenvolvimento tecnológico e transformações de instituições, tudo pautado em vontade política (WORLD COMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987).

Segundo Lacerda e Cândido (2013), o conceito de sustentabilidade se disseminou por diversos campos de conhecimento, trazendo à sociedade tanto uma maior atenção para a questão ambiental quanto consciência da necessidade de mudança no modelo de desenvolvimento atual, requerendo posicionamentos dos campos político, científico e de gestão. Sua consolidação exige da sociedade uma visão holística¹²⁸, sistêmica¹²⁹ e interdisciplinar¹³⁰ do meio ambiente, seja ele natural ou

¹²⁵ Odum (1975, p. 60).

¹²⁶ Nome da então presidente (*chairman*) da comissão, a norueguesa Gro Harlem Brundtland.

¹²⁷ A pobreza endêmica aumentaria a propensão às catástrofes, inclusive ecológicas (WORLD COMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987, p. 8).

¹²⁸ O pensamento holístico surgiu no livro *Holism and Evolution*, escrito pelo estadista, militar e filósofo sul-africano Jan Smut (1870-1950) no ano de 1926, como a tendência à evolução do universo a partir do todo (*whole* em inglês) (REDCLIFT e WOODGATE, 2010); (LIMA, 2008). Medeiros (2013, p. 105) explica que “o paradigma holístico compreende o mundo ou a realidade como um todo integrado, e não como um conjunto de partes dissociadas”, cujas características não se resumem à soma das partes, mas leva em conta o aspecto relacional que há entre elas – a visão holística, portanto, é uma visão sistêmica.

¹²⁹ Para Bertalanffy (2010), que apresentou ao mundo a “Teoria Geral dos Sistemas” em 1937, um sistema é um conjunto de elementos em modo de interação, ou seja, o comportamento de um elemento do conjunto difere de acordo com a relação que se estabelece entre os componentes. Alexander (2015) aponta que conjunto (*set*) é uma coleção de elementos que pertencem uns aos outros e quando os elementos desse conjunto cooperam e trabalham juntos de alguma forma, é dado a alcunha de “sistema”. A visão sistêmica, portanto, é aquela que leva em conta a relação entre as partes de um conjunto.

¹³⁰ Nicolescu (1999, *apud* ANDRADE, 2014) define interdisciplinaridade como a transferência de métodos entre disciplinas distintas.

construído. A sustentabilidade¹³¹ é um princípio bastante importante e que permeia boa parte não só do pensamento científico na atualidade, mas do momento social como um todo (LACERDA e CÂNDIDO, 2013).

2.2.6. PERÍODO ATUAL (1995 – dias atuais)

Nos dias de hoje, a partir de 1995, abordagens teóricas e metodológicas com a visão sistêmica do espaço urbano passam a ser melhor desenvolvidas, como, por exemplo, a Sintaxe Espacial, que ganha novas ferramentas para análises urbanas. Outra abordagem sistêmica que surge na década de 1990 é a Pegada Ecológica, a partir da tese de doutorado de Mathis Wackernagel, orientada pelo professor canadense Willian Rees. Wackernagel e Rees publicam, em 1996, o livro *Our Ecological Footprint* onde descrevem e explicam a metodologia do indicador.

Para detalhar o conceito de Pegada Ecológica, Wackernagel e Rees (1996, p. 9-10), propõem um exercício no qual imaginemos uma cidade ou região com uma cobertura hemisférica cuja impermeabilidade não permita que nenhum tipo de material adentre ou saia daquele espaço urbano (Figura 20) - para os autores, toda a saúde e integridade daquele sistema humano estaria, nessa hipótese, comprometida. Em seguida, propõem que imaginemos que a cidade em questão está rodeada por diferentes tipos de terras ecologicamente produtivas, questionando o quanto essa cobertura deveria ser alargada para abarcar a quantidade suficiente de terras para que essa cidade se sustentasse em termos de recursos. Esse, explicam os autores, é o conceito da Pegada Ecológica.

¹³¹ Entende-se que por estar fortemente atrelado ao metabolismo urbano e presente em quase todas as obras que fazem parte do referencial bibliográfico desta pesquisa, a sustentabilidade aparecerá eventualmente neste trabalho, porém apenas em tangência aos tópicos e procedimentos abordados. Reforçamos que a discussão sobre sustentabilidade não é o foco da presente dissertação.

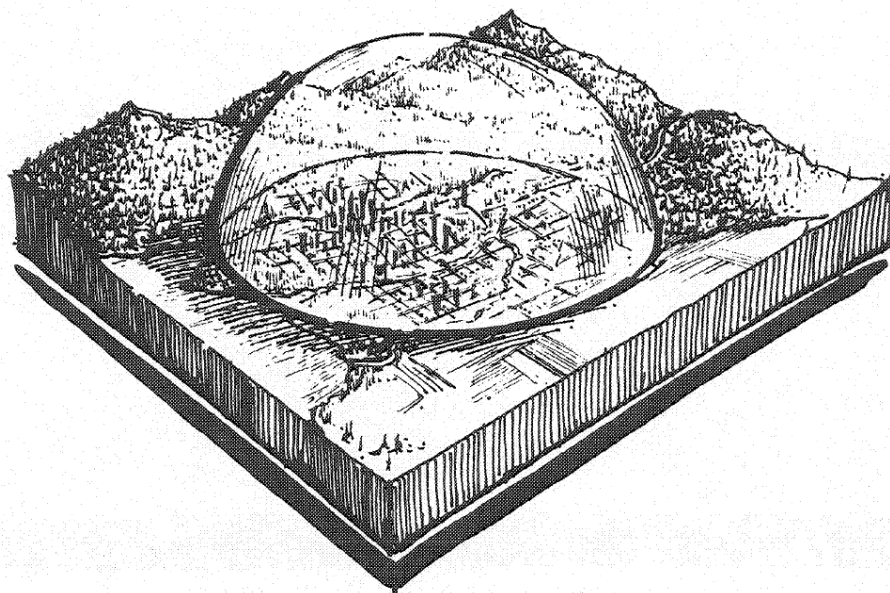


Figura 20: Uma cidade definharia caso fosse coberta de um material impenetrável, cessando todos os fluxos.
Fonte: Wackernagel e Rees (1996, p. 10).

Quatro anos depois da primeira obra a respeito da abordagem, em 2000, Wackernagel, juntamente com Craig Simmons¹³² e Nicky Chambers, publicam o livro *Sharing Nature's Interest: Ecological Footprint as a indicator of sustainability*, no qual propõem uma modificação na metodologia de cálculo da EFM, permitindo-a ser mundialmente reconhecida como uma ferramenta de para medir e comunicar a sustentabilidade ecológica do planeta (ANDRADE, 2006; PARENTE, 2007; BEZERRA, 2015). Falaremos melhor sobre a Pegada Ecológica no capítulo dedicado ao tema.

2.3. CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo, vimos, por um viés histórico, como se desenvolveram os conceitos fundamentais que serão a base das análises urbanas da presente dissertação. As seções contêm a trajetória científica e conceitual do Metabolismo Urbano e da Morfologia Urbana, considerando as origens em aspectos da Biologia e da Geografia. A progressiva transformação das abordagens permitiu perceber as derivações que levaram à criação da Pegada Ecológica e da Sintaxe do Espaço, ambas amparadas por uma compreensão sistêmica e relacional, articulando sociedade e meio-ambiente.

Pudemos perceber, em uma leitura diacrônica, que os questionamentos que levaram à criação das teorias aqui utilizadas se iniciam a partir do momento em que a humanidade se vê diante de um

¹³² O professor canadense Craig Simmons (1969-) é Engenheiro Mecânico e vinculado à Universidade de Toronto.

novo desafio a respeito de sua estrutura, na qual espaços cada vez menores de terra comportam cada vez mais pessoas, modificando as relações humanas e desequilíbrio.

Conforme dito anteriormente, o panorama fornecido por este capítulo é fundamental para entendermos por que cada uma das abordagens foi elaborada, o que nos ajudará, mais adiante, a entender o efetivo alcance de cada uma delas.

3. PEGADA ECOLÓGICA: CONCEITOS E PROCEDIMENTOS

O aumento populacional, aliado às ações antrópicas, tornam-se um desafio sem precedentes ao meio ambiente para sustentar o nível de consumo material e as atividades econômicas. Essa pressão ocorre predominantemente nos espaços urbanos, que se sustentam apropriando-se de áreas cada vez maiores para obter recursos e dispõem dos resíduos gerados pelas atividades humanas (CIDIN e SILVA, 2004). Segundo O'Meara (1999 *apud* CIDIN e SILVA, 2004), na virada do século XX para o século XXI, análises sugerem que as áreas urbanas, espaços que ocupam entre 1% a 5% do mundo e abrigam mais da metade da população mundial à época, são responsáveis por 75% do consumo de recursos mundiais, 80% da emissão de carbono, 75% do uso de madeira e 60% do consumo de água. De acordo com Cidin e Silva (2004), um hectare de área urbana consome 1000 vezes mais energia do que uma área semelhante em ambiente natural.

Para a compreensão dessa perspectiva, segundo Ferrão e Fernandez (2013, p. 46), um dos principais contribuintes foi o biólogo¹³³ Eugene Odum (1913-2002), um dos primeiros estudiosos a ultrapassar os limites do organismo com o conceito de metabolismo e utilizá-lo para descrever um sistema que abrangesse diversas espécies, enfatizando as relações entre os elementos desse sistema. No seu artigo de 1969 *The Strategy of Ecosystem Development*¹³⁴, Odum (2014) afirma que há muitos paralelos entre o desenvolvimento biológico de um organismo e o desenvolvimento da sociedade humana (p. 203). O livro *Ecology* de Odum, especialmente a segunda edição (1975), é um marco nos estudos da abordagem metabólica para estudos urbanos, já que as 3 grandes vertentes metodológicas do metabolismo urbano (Análise de Fluxo de Materiais, Pegada Ecológica e Análise do Ciclo de Vida) estão descritas na obra. O presente capítulo, com base na síntese acima, dedica-se à discussão da vertente Pegada Ecológica, detalhando a respectiva conceituação e estratégia de estudo.

3.1. PEGADA ECOLÓGICA

Pegada Ecológica (em inglês, *Ecological Footprint Method – EFM*) é uma abordagem que pode ser assumida como um indicador¹³⁵ alternativo para o estudo da sustentabilidade, a partir da medição do impacto das atividades antrópicas sobre o meio ambiente. O conceito, embora não totalmente inédito, é desenvolvido na década de 1990 a partir da tese de doutorado de Mathis

¹³³ Ecologista natural (*natural ecologist*), segundo os autores citados.

¹³⁴ A versão consultada foi a de 2014.

¹³⁵ Segundo Van Bellen (2002, p. 28.), a palavra indicador vem do latim *indicare*, que significa “descobrir, apontar, anunciar, estimar”.

Wackernagel (1956-)¹³⁶, cujo orientador foi o professor canadense William Rees (1943-)¹³⁷, para suprir a demanda por indicadores ecológicos com foco na capacidade-limite da ecosfera. No ano de 1996, os pesquisadores lançam o livro *Our Ecological Footprint*, no qual descrevem a metodologia, os possíveis resultados, vantagens e limitações do indicador. Wackernagel e Rees (1996, p. 7) já iniciam seu livro referência com uma frase simples, porém significativa: *We are not just connected to nature – we are nature*¹³⁸. Nela, na natureza, encontramos todos os suprimentos básicos para a manutenção da vida na Terra (Figura 21). A economia depende do planeta, que fornece todos os serviços ecológicos e recursos naturais para as atividades humanas, desde a energia para gerar calor e mobilidade, materiais para a construção de abrigos, alimentos e água potável para consumo, o que nos leva a um entendimento de que, ao comparar as demandas humanas com a capacidade do planeta de disponibilizar recursos, é possível detectar se está havendo um déficit ou superávit dessas demandas, as quais podem ser contabilizadas dentro da abordagem da Pegada Ecológica (WACKERNAGEL e REES, 1996; WACKERNAGEL *et al.*, 2002; ANDRADE, 2006).

Segundo Bezerra (2015, p. 42), o termo “pegada” surge como acepção metafórica para representar as marcas deixadas por pés humanos sobre recursos naturais, simbolizando o impacto de ações antrópicas sobre o meio ambiente. A Pegada Ecológica rastreia as emissões antrópicas de Gases do Efeito Estufa (GEE), mensurando o volume de serviços ecossistêmicos necessários para absorvê-los, avaliando itens que compreendem fatores condicionados às necessidades básicas do ser humano. Divididos em 5 categorias, tais itens configuram o estilo de vida das sociedades contemporâneas: alimentação, habitação/serviços, transporte, consumo e descarte (BEZERRA, 2015).

¹³⁶ O suíço Mathis Wackernagel nasceu em 1956, é Engenheiro Mecânico, formado no *Swiss Federal Institute of Technology* em 1987, com PhD em Planejamento Regional e Comunitário (*Community and Regional Planning* - 1994) pela Universidade de Columbia em Vancouver, Canadá. Atualmente é presidente da *Global Footprint Network*.

¹³⁷ O professor William Rees, ecologista, nasceu em 1943 no Canadá e conquistou seu PhD pela *University of Toronto* em 1969. Atualmente é professor emérito na *University of British Columbia's School of Community and Regional Planning*.

¹³⁸ Em tradução livre: “Nós não estamos conectados com a natureza – nós somos natureza”.

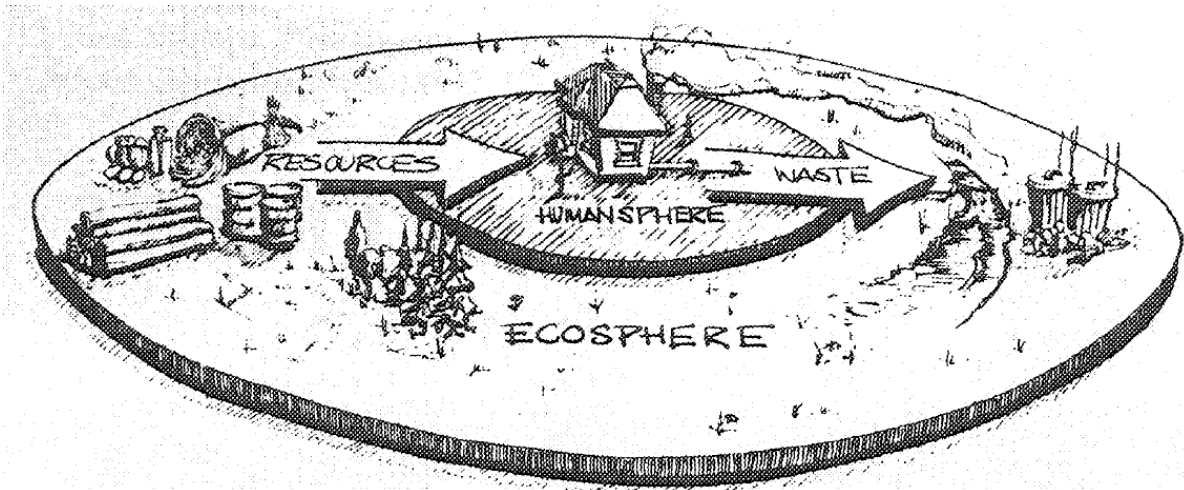


Figura 21: Esquema sobre como a natureza fornece suprimentos para a manutenção da vida humana ao mesmo tempo em que absorve os detritos gerados pela atividade humana. Fonte: Wackernagel e Rees (1996, p. 8).

O princípio básico da Pegada Ecológica é o de considerar qualquer ser vivo (ou um conjunto deles, como no caso de cidades) como um sistema aberto que utiliza matéria e energia do meio ambiente para sobreviver e devolve ao ecossistema natural os resíduos provenientes das atividades realizadas, gerando, assim, fluxos de matéria e energia passíveis de serem convertidos em áreas produtivas. A ideia implícita no método é a de que todo indivíduo (ou conjunto deles), ao desenvolver seus processos, causam impactos sobre a terra. Dessa forma, é possível estabelecer as relações de dependência entre atividades humanas e áreas de terra necessárias para a manutenção de um determinado estilo de vida (consumo). Portanto, quanto maior o consumo de recursos e a geração de resíduos, maior a Pegada Ecológica necessária para sustentar o sistema, ou seja, maior é a demanda por áreas produtivas (ANDRADE, 2006); (BEZERRA, 2015).

Na Pegada Ecológica (PE) se contabiliza, em uma unidade de área biologicamente produtiva¹³⁹ (hectare global – gha), quanto um indivíduo, uma cidade, um país, um continente ou a própria humanidade utiliza para produzir os recursos que consome e absorver os resíduos que gera. Consiste em um indicador de fácil acesso, devido à disponibilidade de dados, que pode contribuir para mitigações de efeitos negativos da ação humana no meio ambiente. Trata-se de uma ferramenta que fornece informações sobre o estado de um fenômeno área/ambiente ao avaliar a pressão do consumo das populações sobre os recursos naturais, tanto em nível individual quanto em nível populacional. De forma simplificada, representa a quantidade de áreas produtivas

¹³⁹ Área biologicamente produtiva é área de terra e água que suporta atividade de fotossíntese e produção de biomassa que pode ser utilizada pelos seres humanos. Segundo Kitzes *et al.* (2007, p. 2), em 2003, o planeta Terra possuía, aproximadamente, 11,2 bilhões de hectares de área biologicamente produtiva, dos quais 2,4 bilhões eram de massas de água e 8,8 bilhões de hectares de terra.

necessárias para sustentar um determinado estilo de vida de uma população ou indivíduo (KITZES, PELLER, *et al.*, 2007); (BORGES, BRITTO e NUNES, 2018).

A Pegada Ecológica, segundo Wackernagel *et al.* (2002), se baseia em 6 suposições:

- É possível acompanhar a trajetória da maioria dos recursos que a humanidade consome, bem como seus desperdícios;
- Os recursos podem ser medidos em termos de área biologicamente produtiva necessária para a manutenção de seus fluxos;
- É possível padronizar essas áreas biologicamente produtivas em termos de hectares globais, que se trata de uma média ponderada;
- Cada uma das áreas serve para apenas um propósito, podendo ser contabilizada apenas uma vez, mesmo que acumule funções na prática;
- Tantos as áreas de demanda quanto as áreas de estoque de recursos da natureza podem ser diretamente comparadas, já que estão expressas na mesma medida;
- A área de demanda humana pode exceder a área de oferta e vice-versa.

Desde a sua divulgação, a Pegada Ecológica tem sido utilizada como indicador de sustentabilidade de cidades ou países, já que se trata de uma metodologia cuja aplicabilidade se dá em nível organizacional, individual, familiar, regional, nacional e até mesmo mundial, permitindo comparações espaciais e temporais. Desde o ano de 2001, organizações não-governamentais (ONGs), como a *Global Footprint Network* e a *WWF*, em conjunto com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP), apresentam relatórios¹⁴⁰ onde são divulgados os Saldos Ecológicos de diversos países, acompanhando as demandas (aumento ou decréscimo) por recursos naturais (ANDRADE, 2006).

Em perspectiva crítica, alguns autores¹⁴¹ apontam a Pegada Ecológica como imprecisa, pois resulta do agregamento de fatores de fontes múltiplas, convertendo-se em uma estimativa. Também há debate a respeito da não diferenciação entre terras sustentáveis e não-sustentáveis. Rees e Wackernagel (2008) explicam, por outro lado, que a metodologia da PE procura exatamente a simplificação conceitual, promovendo a informação em gráficos intuitivos, o que ajuda na identificação dos chamados déficits ecológicos, tornando-a uma importante ferramenta para a sustentabilidade dos sistemas. Também, ao ser visualizada em área, apresenta-se acessível ao entendimento. Sua desvantagem, argumentam, é exatamente seu ponto forte: a simplicidade para traduzir sistemas dinâmicos em modelos estáticos.

¹⁴⁰ Trata-se do "*Living Planet Report*" (Relatório Planeta Vivo), cuja versão mais recente é de 2020 – o relatório completo está em inglês, mas é possível fazer o download do sumário em português. O site é: <https://livingplanet.panda.org/pt-br/>

¹⁴¹ Borges, Britto e Nunes (2018, p. 151).

Os criadores da abordagem defendem-na ao explicar que, a partir do momento que apenas algumas categorias são consideradas, trata-se de uma estimativa (provavelmente está subestimada) que fornece um índice de impactos biofísicos e cuja mensagem principal é a de que existe um débito ecológico global que precisa ser observado e trabalhado (REES e WACKERNAGEL, 2008; MARRERO *et al.*, 2016; BORGES, BRITTO e NUNES, 2018).

Neste trabalho, adotamos a Pegada Ecológica, devido à sua simplificação, como um índice de entrada, ou seja, um indicativo inicial para o entendimento do funcionamento metabólico de um sistema urbano. Entendemos que se trata de uma simplificação de uma estrutura complexa como uma cidade, mas que nos fornece direcionamentos a respeito dos hábitos de consumo da população estudada, abrindo caminhos para investigações mais detalhadas.

3.2. CAPACIDADE DE CARGA E BIOCAPACIDADE

O princípio da Pegada Ecológica está ligado ao conceito de capacidade de suporte ou capacidade de carga do ambiente, que se refere ao tamanho máximo estável que uma população, baseado no seu padrão de consumo. Esse tamanho pode variar de acordo com o desenvolvimento de novas tecnologias e por questões culturais, portanto, não decorre apenas do tamanho da população, e sim pela distribuição *per capita* do seu consumo (MADURO-ABREU *et al.*, 2009).

A PE pode ser medida em seu caminho inverso, o qual chamamos de biocapacidade, que se refere à capacidade de um ecossistema de absorver resíduos gerados pelos seres humanos, abrangendo: terras cultiváveis; pastagens; áreas de pesca, sejam elas costeiras ou continentais; florestas; áreas urbanizadas e hidroeletricidade. A biocapacidade, aliada à Pegada Ecológica¹⁴², permite identificar quantos planetas Terra são necessários para sustentar o estilo de vida atual da humanidade – em 2018, a biocapacidade mundial é de 1,8 hectare global (gha) para cada ser humano¹⁴³, ou seja, o consumo mundial correspondia a 1,5 planetas (50% a mais do que a situação de equilíbrio) e no Brasil, 1,6 planetas (60% a mais da situação de equilíbrio) (BORGES, BRITTO e NUNES, 2018).

Toda a superfície do planeta possui 51 bilhões de hectares, sendo que, desses, apenas 11,2 bilhões são de áreas bioprodutivas: 8,8 bilhões de área de terra, que se dividem em área de cultivo (1,5 bilhões de hectares, cerca de 13% do total), áreas de pasto (3,5 bilhões de hectares, correspondendo a 31% do total), áreas de floresta (3,6 bilhões de hectares, que equivalem a 32%

¹⁴² Fórmula: Número de Planetas Consumidos = $\frac{\text{Pegada Ecológica} \times 1 \text{ Planeta}}{\text{Biocapacidade}}$ (BORGES, BRITTO e NUNES, 2018, p. 152).

¹⁴³ No ano de 2018 (BORGES, BRITTO e NUNES, 2018, p. 152).

do total) e áreas construídas (0,2 bilhões de hectares, apenas 3% do total), e 2,3 bilhões de áreas marítimas, correspondendo a 21% do total (ANDRADE, 2006, p. 42-43).

3.2.1. FATORES DE CONVERSÃO

De acordo com Andrade (2006), como cada região, devido a diversos fatores, dentre eles as condições climáticas e a disponibilidade tecnológica, possui um nível de produtividade diferente, a metodologia da Pegada Ecológica propõe a aplicação fatores de conversão para a padronização das áreas em hectares globais (gha), o fator de equivalência (*equivalence factor*) e o fator de produção (*yield factor*). O fator de equivalência, segundo a autora (p. 39), “representa a produtividade média mundial de um determinado tipo de terra bioprodutiva, dividida pela produtividade média mundial de todos os tipos de terra bioprodutivas”, gerando, daí, a unidade hectare global (gha). Cada gha corresponde a produtividade média dos 11,2 bilhões de hectares bioprodutivos¹⁴⁴ na Terra, conforme aponta a Figura 22 abaixo.

| |
|---|
| <p>Fator de = o potencial de produtividade média mundial de um tipo de terra bioprodutiva (de cultivo, por ex.)</p> <p>Equivalência o potencial de produtividade média mundial dos 11.2 bilhões de hectares bioprodutivos existentes na Terra que compreendem as áreas de cultivo, de pasto, de mar, de floresta, de energia e área construída.</p> |
|---|

Figura 22: Fórmula do fator de equivalência (*equivalence factor*) para a Pegada Ecológica. Fonte: Andrade (2006, p. 39).

Entendemos que o conceito de produtividade é bastante complexo e que diversos fatores devem ser levados em conta ao tratar do tema. No entanto, acreditamos que a metodologia simplificada nos fornece direcionamentos a respeito dos hábitos de consumo da população estudada, abrindo caminhos para investigações mais detalhadas.

No total, são 6 tipos de áreas bioprodutivas: área de cultivo, área de pasto, área de floresta, área de energia, área marítima e área construída, cada uma com um fator de equivalência próprio, conforme demonstrado na Figura 23 a seguir.

¹⁴⁴ Wackernagel *et al.* (2005, p. 9).

| Área Bioprodutiva | Fator de Equivalência (gha) |
|---|------------------------------------|
| Área de cultivo (<i>Cropland</i>) | 2,10 |
| Área de pasto (<i>Pasture Land</i>) | 0,48 |
| Área de floresta (<i>Forest</i> - áreas disponíveis para corte de madeira e áreas destinadas à conservação da biodiversidade e/ou assimilação de CO ₂) | 1,37 |
| Área de Energia (<i>Fossil Fuels</i> – áreas de florestas necessárias para absorver o CO ₂ emitido pela queima de combustíveis fósseis e para provimento de carvão vegetal) | 1,37 |
| Área marítima (<i>Fisheries Land</i>) | 0,36 |
| Área construída (<i>Built up Land</i>) | 2,10 |

Figura 23: Fatores de equivalência referentes a cada um dos tipos de áreas bioprodutivas.
Fonte: Andrade (2006, p. 39).

Segundo Wackernagel *et al.* (2005), os fatores de equivalência das áreas de cultivo (*cropland*) e das áreas construídas (*build up land*) são semelhantes porque o método assume que os assentamentos humanos e suas infraestruturas ocupam áreas férteis de agricultura, logo, as áreas construídas equivalem às áreas de cultivo que ocupam. Já as áreas de floresta (*forest*) e as áreas de energia (*fossil fuel*) possuem o mesmo fator de equivalência porque se trata do mesmo tipo de terra bioprodutiva: as áreas de energia são uma variação com função específica, a de absorver o gás carbônico proveniente da queima de combustíveis fósseis, das áreas de floresta. As áreas de floresta atendem à demanda por madeira, previnem erosão do solo, auxiliam na estabilidade climática e na manutenção de ciclos hidrológicos (WACKERNAGEL *et al.*, 2005; ANDRADE, 2006).

O fator de produção (*yield factor*), por sua vez, trata de uma razão que “descreve quanto uma área bioprodutiva de um dado país é mais, ou menos, produtiva do que a média mundial do mesmo tipo de área bioprodutiva” (ANDRADE, 2006, p. 40). Os fatores de produção para cada tipo de terra bioprodutiva variam por país/região, por isso o recomendado é que, para cada região de estudo, o respectivo fator de produção seja calculado, o que nem sempre é possível devido à disponibilidade de dados.

A biocapacidade de uma determinada área, segundo Andrade (2006, p. 46), corresponde à seguinte relação:

$$\text{BIOCAPACIDADE (gha)} = \text{área (ha)} \times \text{fator de equivalência (gha/ha)} \times \text{fator de produção}$$

No caso, como a Pegada Ecológica e a biocapacidade estão na mesma unidade de medida (gha), é possível fazer um comparativo entre elas: caso a Pegada Ecológica esteja menor do que a biocapacidade, temos um sistema em superávit ecológico, ou seja, que se mantém sem causar danos ao meio ambiente no qual se insere. Caso contrário, se a Pegada Ecológica é maior do que a biocapacidade de uma determinada região, o sistema analisado está em déficit ecológico.

3.2.2. SALDO ECOLÓGICO

Saldo ecológico é o resultado da subtração da área referente às terras produtivas existentes em um sistema da área total da Pegada Ecológica, cujo resultado revela se as demandas relativas às atividades humanas estão excedendo a capacidade do ambiente (ANDRADE, 2006). Pode ser resumido na seguinte fórmula:

$$\text{SALDO ECOLÓGICO (gha)} = \text{PEGADA ECOLÓGICA (gha)} - \text{BIOCAPACIDADE (gha)}$$

Caso o resultado da subtração tenha um sinal positivo (+), significa que a Pegada Ecológica é maior do que a biocapacidade da região, portanto, o sistema analisado está em déficit ecológico. Se, por outro lado, o resultado da subtração tenha um sinal negativo, concluímos que a biocapacidade é maior do que a Pegada Ecológica, resultando no que chamamos de reserva ecológica na região.

O Brasil, no ano de 2018, segundo o site da *Global Footprint Network* (GFN, 2022), apesar da queda vertiginosa, conforme pode ser verificado na Figura 24, é um dos países com maior saldo ecológico no mundo (Figura 25), com uma biocapacidade *per capita* de 8,6 gha e uma Pegada Ecológica *per capita* de 2,6 gha, gerando um superávit ecológico de 6,0 gha *per capita*.

X BRAZIL (2018)

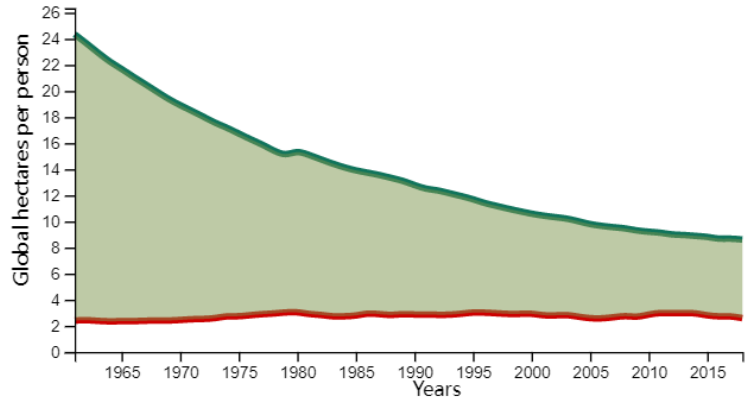
GDP PER PERSON \$11,080
POPULATION 209,468,992

Biocapacity per person **8.6** gha - Ecological Footprint per person **2.6** gha = BIOCAPACITY RESERVE(+)/DEFICIT(-) **6.0** gha

Ecological Footprint and Biocapacity From 1961 to 2018

Ecological Footprint per person
Biocapacity per person

Learn More



Data Sources: National Footprint and Biocapacity Accounts 2022 edition (Data Year 2018); GDP, World Development Indicators, The World Bank 2020; Population, U.N. Food and Agriculture Organization.

Figura 24: Pegada Ecológica nacional e biocapacidade *per capita* do Brasil no ano de 2018. É possível ver que a biocapacidade *per capita* nacional caiu consideravelmente nos últimos 60 anos. Disponível em: Site GFN (2022) <https://data.footprintnetwork.org/>. Acesso em agosto/2022.

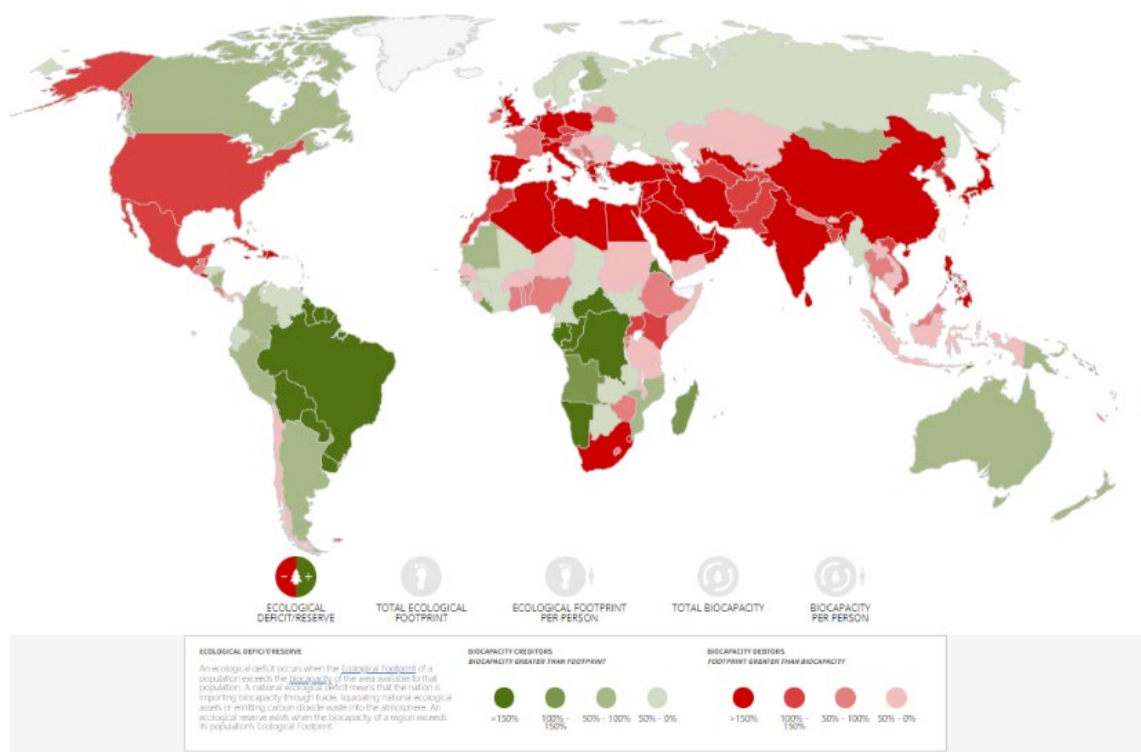


Figura 25: Mapa mundial de déficit e superávit ecológicos. O Brasil é um dos países com maior superávit ecológico, apesar dos números estarem em vertiginosa queda desde os anos 1960. Disponível em: Site GFN (2022) <https://data.footprintnetwork.org/>. Acesso em agosto/2022.

De acordo com o site¹⁴⁵ *WWF Brasil* (2022), no ano de 2022, o dia 28 de julho é o chamado *overshoot day* (dia de sobrecarga da Terra), quando, ao longo dos 365 dias do ano, a demanda da humanidade ultrapassa a capacidade planetária de produzir/renovar recursos, portanto, o planeta passa a operar em déficit ecológico. Segundo a mesma página, no ano de 2021, o padrão de consumo global era de 1,7 planetas, no entanto, em 2022, a demanda aumentou para 1,75 planetas.

Apesar dos dados em nível nacional e internacional, ainda há uma lacuna a respeito da Pegada Ecológica urbana. Diversos autores, no decorrer dos anos 2000 e 2010, têm se dedicado aos cálculos sobre a Pegada Ecológica em escala menor, dentro de municípios, regiões e até instituições, no entanto, a grande maioria relata os mesmos problemas a respeito das fontes de dados, muitas vezes sendo necessário o uso de *proxys*¹⁴⁶. Na próxima seção, vamos falar um pouco dos trabalhos relevantes sobre o cálculo da Pegada Ecológica em diversos municípios brasileiros.

¹⁴⁵ Informação disponível em: <https://www.wwf.org.br/overshootday/>

¹⁴⁶ *Proxys* são aproximações da métrica a ser utilizada para que seja possível a obtenção de um resultado.

3.3. PESQUISAS RELEVANTES SOBRE PEGADA ECOLÓGICA PARA ESTA DISSERTAÇÃO

No Brasil, diversos sistemas urbanos têm calculadas suas pegadas ecológicas desde o início dos anos 2000. Nosso levantamento a respeito do primeiro trabalho de cálculo da Pegada Ecológica brasileiro remete ao ano de 2001, quando Leite e Viana (2001) calculam o indicador para a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF). No artigo, os autores delimitaram o sistema como sendo a área geográfica da RMF referente ao ano-base de 1996, composta pelos municípios de Aquiraz, Caucaia, Eusébio, Pacatuba, Fortaleza, Itaitinga, Maranguape, Maracanaú e Guaiuba, totalizando 2.582.820 habitantes e 338.830 hectares. Os dados trabalhados, segundo os autores, são secundários, divididos entre endossomáticos (alimentação) e exossomáticos (energéticos florestais, energia elétrica, combustíveis fósseis como GPL e gasolina, água, geração de resíduos sólidos e outros consumos, como unidades de conservação e área construída. Como resultado, encontraram uma Pegada Ecológica de 2,94 ha/pessoa¹⁴⁷, valor que, ao ser multiplicado pela população do município no ano-base, resultou em um padrão de consumo de 7.593.490,80 ha (22,4 vezes maior do que a área geográfica) para atender as necessidades de alimentação, transporte, água, moradia etc. e para absorver os resíduos gerados por aquele estilo de vida. Desse valor, 40,51% correspondem ao consumo endossomático, sendo 27,52% referente ao de produtos de origem animal. Dentre o consumo exossomático, a energia elétrica corresponde ao maior percentual, 22,64%, os combustíveis fósseis a 19,22%, e os resíduos sólidos a 12,54%. Todos os municípios que compõem a RMF, segundo o artigo, estão em déficit ecológico¹⁴⁸, ou seja, a área de consumo ultrapassa a área geográfica, o que expressa uma região é altamente dependente de outros ecossistemas.

Em 2002, Dias (2015)¹⁴⁹ lança a primeira versão de seu trabalho no qual realiza cálculo da Pegada Ecológica total e *per capita* das Regiões Administrativas de Taguatinga, Ceilândia e Samambaia, todos pertencentes ao Distrito Federal. Os itens analisados pelo autor foram combustíveis fósseis (gasolina e GLP), resíduos sólidos, energia elétrica, água, madeira, papel e alimentos (com destaque para carne bovina). O resultado é de uma Pegada Ecológica de 2,24 ha/pessoa, menor que a PE do Brasil da época, que alcançava 3,1 ha/pessoa.

Em 2002, a tese de Van Bellen (2002), desenvolvida com o objetivo de analisar comparativamente as principais ferramentas de mensuração do grau de sustentabilidade do desenvolvimento, tem

¹⁴⁷ Esse valor foi maior do que o obtido por Dias (2015) para Taguatinga em 1999, de 2,24ha/pessoa.

¹⁴⁸ De acordo com os autores, o déficit ecológico é calculado da seguinte maneira: divide-se a área geográfica ocupada pelo sistema em estudo pela população residente naquele espaço. Do resultado, diminui-se o valor obtido no cálculo da Pegada Ecológica. Caso o resultado seja positivo, a população está em superavit ecológico; caso contrário, teremos um déficit ecológico.

¹⁴⁹ A obra de Dias que utilizamos nesta dissertação é o livro "Pegada Ecológica e sustentabilidade humana" em sua versão digital (2015).

como resultado a identificação da Pegada Ecológica como a ferramenta mais lembrada por especialistas (pesquisadores e profissionais) de diferentes organizações que atuam em vários segmentos da sociedade – como nas áreas educacional, pública ou governamental, da sociedade civil ou não governamental e na esfera privada que trabalham com temas relacionados à sustentabilidade. Pouco tempo depois, Andrade (2006), em sua dissertação orientada por Van Bellen, aplica a Pegada Ecológica como indicador de sustentabilidade para a análise do impacto da atividade turística no município de Florianópolis, estado de Santa Catarina.

O trabalho de Andrade (2006) utiliza uma adaptação do cálculo da PE para a análise do impacto da atividade turística durante o ano-base de 2004 (janeiro a dezembro) na capital catarinense. A autora dividiu o ano em dois períodos, de alta (janeiro e fevereiro) e de baixa temporada (março a dezembro), analisando as seguintes categorias de dados: consumo de gasolina automotiva, geração de resíduos sólidos, consumo de energia elétrica e consumo de água. Cada item de consumo é calculado separadamente, depois somado para a obtenção da PE total do turismo, revelando o quanto a atividade turística demanda do ecossistema natural para seu funcionamento. Esse último valor é comparado à PE de Florianópolis para demonstrar o incremento da atividade turística na PE total do município. Como resultado, Andrade (2006, p. 103) conclui que a geração de resíduos é o item que mais promove impacto ambiental pela atividade turística (2,09% do total da geração de resíduos) e o consumo de água, o que menos impacta (0,83% da Pegada Ecológica do consumo de água).

O cálculo realizado por Andrade (2006) para Florianópolis, por se tratar de uma forma simplificada e com poucas categorias, que utiliza dados facilmente disponibilizados (ou calculados), é replicado em diversos trabalhos para os mais variados municípios: Feitosa, Cândido e Firmo (2012) utilizam a mesma metodologia e as mesmas categorias (energia elétrica, consumo de água, geração de resíduos sólidos e combustíveis fósseis) para calcular a Pegada Ecológica de Campina Grande (Estado da Paraíba), tendo como resultado a Pegada Ecológica total de 430.846,02 ha e um déficit ecológico de 429.886,51 hectares. Posteriormente, Feitosa, Gómez e Cândido (2013) realizam uma análise comparativa entre as pegadas ecológicas de Campina Grande e João Pessoa, com resultados bastante distintos: na capital da Paraíba, o consumo de água é significativamente mais robusto (23,05%) dentro da Pegada Ecológica total em relação ao desempenho do município do sertão (0,11% apenas), apesar de, em ambos, o consumo de combustíveis (45,69% em JP e 71,80% em CG) ser o item de maior demanda de pegada.

Em 2010, Lisboa e Barros (2010) calculam a Pegada Ecológica de Londrina (Estado do Paraná), tendo como ano-base 2004, utilizando como variáveis área verde, área urbana construída, área de ocupação ilegal, consumo de alimentos e carne bovina, emissões causadas pela queima de combustíveis fósseis, consumo de eletricidade, consumo de água e produção de resíduos. As

autoras concluem que a cidade possui 0,55 ha para cada habitante, no entanto, a pegada do município é de 1,03 ha, gerando um déficit de -0,48 ha na área urbana, compensado pela grande área rural do município. No mesmo ano de 2010, Cervi e Carvalho (2010) calculam a Pegada Ecológica do município do Rio de Janeiro para o ano-base de 2003, considerando as categorias de consumo alimentar, água, energia elétrica, produção de resíduos, emissão de gases provenientes do transporte rodoviário, aeroviário e produção de bens de consumo, consumo de áreas florestais e área construída. Como resultado, encontram uma pegada *per capita* de 4,083 gha, totalizando a necessidade de 24.393.323,93 gha, área quase 200 vezes maior do que o município (122.456,07 ha).

A WWF Brasil, em parceria com a prefeitura de Campo Grande¹⁵⁰, a *Global Footprint Networking*, a empresa social Ecosystemas e a Universidade Anhanguera publicam, em março de 2012, o relatório “A Pegada Ecológica de Campo Grande e a família das pegadas” (2012), considerada por eles como “a primeira cidade brasileira a contar com esse cálculo”¹⁵¹. Na obra, a Pegada Ecológica média *per capita* é de 3,14 gha, 8% maior do que a média brasileira no período, 10% maior que a média do estado e 14% maior do que a média mundial, sendo necessária uma área de 2.471.821 gha para sustentar o estilo de vida do cidadão campo-grandense. No mesmo ano, em junho, em parceria com a GFN Ecosystemas e com o fornecimento de dados pela FIPE¹⁵², é publicado o relatório “A Pegada Ecológica de São Paulo – Estado e Capital e a família das pegadas” (2012), na qual a Pegada Ecológica *per capita* na capital é de 4,38 gha/hab, 25% maior que a do e do estado (3,52 gha/hab) e 20% maior do que a média brasileira, que na ocasião alcança 2,93 gha/hab. A metodologia de cálculo, em ambas as publicações, é bastante complexa e completa, contando com categorias de produtos primários e derivados, incluindo aspectos do consumo de recursos e da produção de resíduos para os quais o planeta tem capacidade de se regenerar e onde existem dados que permitem a expressão da demanda em áreas produtivas. As classes de consumo, no estudo, estão divididas em dois grandes blocos: consumo individual direto (alimentos, moradia, transporte, bens e serviços) e o consumo indireto nas classes de governo (despesas governamentais em bens de consumo) e formação bruta de capital fixo (bens de capital e infraestrutura).

No ano de 2017, Carletto e Oliveira (2017) calculam a Pegada Ecológica da bacia hidrográfica do Rio Cachoeira, no município de Joinville, estado de Santa Catarina, utilizando como ano-base 2009, devido à disponibilidade de dados. Os itens utilizados para o cálculo da Pegada Ecológica são os mesmos de Andrade (2006): energia elétrica, consumo de água, resíduos sólidos e queima de combustíveis fósseis, resultando numa Pegada Ecológica de 201.032,89 ha, área 24 vezes

¹⁵⁰ A cidade de Campo Grande é a capital do Estado brasileiro de Mato Grosso do Sul.

¹⁵¹ Informação disponível em: <https://www.wwf.org.br/?31302/Estudo-avalia-a-Pegada-Ecolgica-de-Campo-Grande>

¹⁵² Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas.

maior que a área total da bacia, que é de 8.312 ha. O item de maior impacto é a queima de combustível.

Em 2019, Silva Filho *et al.* (2019) aplicam a metodologia da Pegada Ecológica para apenas um item, a geração de resíduos sólidos urbanos, na chamada Bacia Leiteira do estado de Alagoas, composta por 11 municípios¹⁵³, cuja população urbana corresponde a 51% do total de residentes. Os pesquisadores utilizam como ano-base 2016, fazendo projeções para o ano de 2035 e concluindo que a manutenção do padrão de consumo dos municípios citados, especialmente Olho d'Água das Flores (3.400 gha) será insustentável.

O que podemos perceber é que a metodologia explicada por Andrade (2006), mesmo deixando de fora itens importantes, como a alimentação, é uma proposta de fácil aplicação e cálculo, o que justifica ter sido replicada em diversos municípios brasileiros. Sabemos que se trata de um método com limitações, devido à sua simplificação, no entanto, entendemos que, para uma investigação inicial a respeito de metabolismo urbano, como a proposta por esta pesquisa, é um método adequado.

3.4. METODOLOGIA: USO DA PEGADA ECOLÓGICA NA DISSERTAÇÃO

A partir do momento em que temos estabelecido que a Pegada Ecológica é a relação de dependência entre as atividades humanas e os recursos naturais necessários tanto para a realização quanto para a absorção dos resíduos gerados por essa atividade, tratando-se da pressão (impacto) do ser humano sobre o meio ambiente, a metodologia para o cálculo se baseia na capacidade de carga inversa. Significa o cálculo de qual área de terra ou mar bioproductiva necessária para suprir a demanda populacional sem causar prejuízos ao ecossistema natural, expressando o resultado em hectares globais (gha) (SANTOS e RIBEIRO, 2016).

No caso desta pesquisa, utilizamos a metodologia de Andrade (2006), com adaptações, por se tratar de um cálculo simplificado e de bastante repercussão no país. Os itens que entrarão no cálculo são aqueles desenvolvidos pela autora, compreendendo as dimensões de a) energia elétrica, b) consumo de água, c) geração de resíduos sólidos e d) consumo de combustíveis fósseis, este último com algumas adaptações, conforme explicaremos adiante. Sobre os dados para a realização de uma pesquisa deste porte, sempre que possível, é importante a utilização de informações primárias oficiais, obtidas junto a instituições oficiais. No entanto, quando

¹⁵³ Batalha, Belo Monte, Cacimbinhas, Jacaré dos Homens, Jaramataia, Major Isidoro, Minador do Negrão, Monteirópolis, Olho D'Água das Flores, Palestina e Pão de Açúcar.

indisponíveis, foram estabelecidas aproximações/estimativas¹⁵⁴. Entendemos que esta não é a situação ideal, porém, é a possível diante da carência de subsídios.

3.4.1. PEGADA ECOLÓGICA DE ENERGIA ELÉTRICA (PE_{EE})

Para o cálculo da Pegada Ecológica de energia elétrica, adotam-se os seguintes passos:

- a) **Delimitação espacial e temporal:** primeiramente, são feitas as delimitações espaciais e temporais das áreas as quais serão calculadas as pegadas ecológicas;
- b) **Identificação do consumo de energia elétrica total e *per capita*:** esses dados podem ser obtidos de duas maneiras – ou o valor total é dado por instituições do setor, ou são feitos cálculos a partir de dados disponíveis em trabalhos acadêmicos e/ou relatórios oficiais;
- c) **Transformação da unidade:** os dados a respeito do consumo de energia elétrica da população, em geral, são disponibilizados em kwh (quilowatt-hora). Segundo a metodologia proposta, é necessário realizar a conversão para a unidade GJ (gigajoule), sendo que 1kwh equivale a 0,0036 Gj;
- d) **Calcular área de absorção do CO₂:** de acordo com Andrade (2006, p. 79), o valor considerado é de que 1 hectare de terra absorve 100GJ de energia, portanto, o resultado do item anterior, no qual a unidade foi convertida para gigajoule, deve ser dividido por 100 para a obtenção da quantidade de terras¹⁵⁵, em hectare, necessárias para absorver o CO₂ gerado pela energia elétrica no município;
- e) **Aplicação do fator de equivalência (ef) para transformar ha em gha:** o fator de equivalência utilizado pela pesquisadora é de **1,37**, correspondente às terras de floresta¹⁵⁶, transformando a unidade de hectare (ha) em global-hectare (gha) e obtendo a Pegada Ecológica total do município para a energia elétrica (PE_{EE});
- f) **Pegada Ecológica da Energia Elétrica *per capita*:** ao final da etapa, dividimos o valor da Pegada Ecológica em global-hectare pelo total da população referente ao período-base do estudo, obtendo o valor da Pegada Ecológica *per capita* da energia elétrica do município.

¹⁵⁴ Um exemplo ocorrido neste trabalho foi no cálculo da Pegada Ecológica do consumo de água no município de Teresina. O dado a respeito do volume total de água consumido no ano de 2017 não estava disponível, no entanto, no site do IBGE, havia a informação sobre o volume do consumo diário, em metros cúbicos, na cidade. Nesse caso, fizemos o cálculo do consumo diário multiplicado pelos 365 dias do ano, obtendo, então, o consumo anual para 2017.

¹⁵⁵ Entendemos que a absorção do CO₂ se dá a partir da vegetação que cobre a terra, no entanto, adotamos a nomenclatura utilizada pela autora.

¹⁵⁶ Andrade (2006) utiliza, para seu cálculo, o fator equivalente à terras de energia, no entanto, entendemos que no Brasil, devido à produção de energia elétrica ser em grande parte produzido por hidrelétricas, é mais adequado utilizar terras de floresta.

3.4.2. PEGADA ECOLÓGICA DO CONSUMO DE ÁGUA (PE_A)

O cálculo da Pegada Ecológica do consumo de água se estrutura da seguinte forma:

- a) **Delimitação espacial e temporal:** inicialmente, delimitam-se as áreas e o período nos quais a pesquisa se embasa;
- b) **Identificação do consumo de água total e *per capita*:** assim como na energia elétrica, tais dados podem ser obtidos de duas maneiras – ou o valor total é dado por instituições do setor, ou são feitos cálculos a partir de dados disponíveis em trabalhos acadêmicos e/ou relatórios oficiais;
- c) **Transformação da unidade:** os dados a respeito do consumo água da população, em geral, são disponibilizados em m³ (metros cúbicos). Segundo a metodologia proposta, é necessário realizar a conversão para a unidade ML (megalitros), sendo que 1000m³ equivale a 1 ML;
- d) **Calcular a geração de CO₂ a partir da produção da água:** segundo Chambers *et al.* (2000, *apud* ANDRADE, 2006), para a produção de 1 megalitro de água, considerando as fases de tratamento, encanamento e distribuição, é emitido um total de 370 kg de CO₂ na atmosfera;
- e) **Calcular área de absorção do CO₂:** de acordo com a autora, o valor considerado é de que 1 hectare de terra absorve 1 tonelada de CO₂;
- f) **Aplicação do fator de equivalência (ef) para transformar ha em gha:** o fator de equivalência utilizado pela pesquisadora é de **1,37**, correspondente às terras de floresta, transformando a unidade de hectare (ha) em global-hectare (gha) e obtendo a Pegada Ecológica total do município para a o consumo de água (PE_A);
- g) **Pegada Ecológica da Água *per capita*:** ao final da etapa, dividimos o valor da Pegada Ecológica em global-hectare pelo total da população referente ao período-base do estudo, obtendo o valor da Pegada Ecológica *per capita* do consumo de água do município.

3.4.3. PEGADA ECOLÓGICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (PE_{RSU})

O cálculo da Pegada Ecológica (PE) dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) de Teresina considerou, além da metodologia de Andrade (2006), os desenvolvimentos identificados nos estudos de Feitosa, Gómez e Cândido (2013, p. 55-56) e Silva Filho *et al.* (2019). O passo-a-passo compreende as seguintes fases:

- a) **Delimitação das áreas a serem analisadas:** a base dessa informação será a dissertação de Sousa (2018), na qual o pesquisador fez o estudo da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos de Teresina. O autor delimitou porções do tecido urbano para estudos, baseando-se em dados colhidos da base do IBGE;
- b) **Levantamento do número de habitantes de cada área:** Uso da base de dados de Sousa (2018);
- c) **Volume de resíduos produzidos pela população em toneladas (t):** Uso da base de dados de Sousa (2018);
- d) **Converter as toneladas de resíduos produzidas em toneladas de CO₂,** admitindo que 0,00135t de resíduos equivalem a 0,00045t de CO₂, consideramos as informações de Andrade (2006, p. 81), que, citando Dias (2015), explica a conversão necessária para cálculo, na qual 3 libras de resíduos emitem 1 libra de CO₂, que equivale¹⁵⁷ a 0,45kg de CO₂;
- e) **Calcular o EFM (*Ecological Footprint Method*), em hectares (ha), da população,** dividindo o total de CO₂ por um, já que uma tonelada de CO₂ é absorvida por um hectare de terra;
- f) **Calcular o EFM/(ha) *per capita*** dividindo o resultado do EFM (ha) da população pelo total de habitantes;
- g) Os autores citam Andrade (2006, p. 81) como fonte para a informação de que **a produção de CO₂ está atrelada à geração de CH₄, na proporção de 1kg de CO₂ gera 1kg de CH₄** (EPA, 1995, *apud* DIAS, 2015), de forma que a geração de CO₂ + CH₄ corresponde ao EFM (ha) da população multiplicado por 2;
- h) Para a obtenção do EFM em hectare *per capita*, referente à emissão de CO₂ + CH₄, **multiplica-se o resultado do EFM *per capita*, referente à emissão de CO₂, por 2;**

¹⁵⁷ O valor de 1 libra corresponde a 0,453592... quilogramas, no entanto, a autora aproximou o valor para 0,45 kg, o que tem sido utilizado por outros pesquisadores desde então.

i) Com esses valores, para a obtenção da EFM (gha) de CO₂ + CH₄, o EFM da população referente à emissão de CO₂ + CH₄ deve ser multiplicado por **1,37**, que corresponde ao fator de equivalência relativo ao território de floresta¹⁵⁸;

j) Por fim, para chegar ao **EFM (gha) per capita**, **divide-se o resultado de i) pela população**.

O resultado será o quanto de área a população daquele recorte de tecido urbano ocupa em termos de geração de resíduos.

3.4.4. PEGADA ECOLÓGICA DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS (PE_{CF})

Para o cálculo da Pegada Ecológica para combustíveis, o primeiro passo é definir os níveis de emissão de gases do efeito estufa. Para esse cálculo, utilizamos o modelo *Top-down* simplificado, conforme proposto por Nishikawa e Ribeiro (2019) para calcular as emissões veiculares na cidade de Cuiabá (MS) no período entre 2007 e 2016.

- a) O primeiro passo é a **delimitação da área e período temporal a analisar**;
- b) Depois, é realizada a listagem do **volume de combustível consumido no período**, dado que pode ser obtido na Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)¹⁵⁹. No caso, é necessário fazer a agregação dos dados proposta por Meotti (2019), onde listamos a frota de veículos licenciados¹⁶⁰ e o tipo de combustível utilizado. Os dados do Ministério da Infraestrutura disponibilizam uma lista dos veículos licenciados por município por mês;
- c) Depois, devemos **encontrar o consumo de energia em Tera-Joule (TJ)** para cada um dos combustíveis, considerando a seguinte fórmula:

$$CC = CA \times F_{\text{conv}} \times 1 \text{ tep} \times F_{\text{corr}}, \text{ onde:}$$

CC = consumo de energia em Tera-Joule (TJ);

CA = consumo de combustível em m³ (metro cúbico)¹⁶¹;

F_{conv} = fator de conversão da unidade física de medida da quantidade de combustível para tonelada equivalente de petróleo (tep), com base no poder calorífico superior (PCS) do combustível;

¹⁵⁸ Andrade (2006) utiliza o fator de equivalência referente à terras de energia, no entanto, entendemos que a absorção dos gases gerados na produção de resíduos sólidos urbanos ocorre em terras de floresta.

¹⁵⁹ No site: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/ vendas-de-derivados-de-petroleo-e-biocombustiveis/>

¹⁶⁰ De acordo com o Relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo (2020, p. 21), frota licenciada é o "conjunto de veículos que estão com a documentação e impostos regularizados e, portanto, se entende que estão em circulação". Segundo o relatório, estima-se que essa frota licenciada seja menor do que a frota registrada, uma vez que os proprietários tendem a não licenciar um veículo que tenha saído de circulação (CETESB, 2020, p. 21).

¹⁶¹ 1 litro = 0,001 m³.

Tep = tonelada equivalente de petróleo = $45,2 \times 10^{-3}$ TJ;

F_{corr} = fator de correção do poder calorífico superior (PCS) para o poder calorífico inferior (PCI). De acordo com Nishikawa e Ribeiro (2019), o fator de conversão para combustíveis sólidos e líquidos, como é o caso desta pesquisa, é de 0,95;

- d) A partir do valor do consumo de energia é **calculada a quantidade de carbono (QC) que é emitida na queima dos combustíveis listados**, segundo a fórmula:

$$QC = CC \times F_{emiss} \times 10^{-3}, \text{ onde:}$$

QC = quantidade de carbono emitido (giga grama de carbono – GgC);

F_{emiss} = Fator de emissão de carbono (tC/TJ).

- e) Para obter a **emissão de dióxido de carbono (em tonelada)**, utilizamos, agora, a seguinte equação:

$$E_{CO_2} = QC \times 44/12 \times 1000, \text{ onde:}$$

E_{CO_2} = emissão de CO₂ (em toneladas);

QC = quantidade de carbono gerada (em GgC - giga grama de carbono);

44/12 = conversão entre pesos moleculares;

1000 = conversão para tonelada.

- f) Com a quantidade de emissão de CO₂, utilizamos a proporção de que **1 hectare de terra absorve 1 tonelada de CO₂**;
- g) A próxima etapa é **multiplicar a área obtida em (f) pelo fator de equivalência das terras de energia** para o resultado em global hectare (gha);
- h) Por fim, para a **Pegada Ecológica per capita**, dividimos o valor obtido em B, da Pegada Ecológica dos combustíveis, pela população referente ao ano-base da pesquisa.

3.4.5. PEGADA ECOLÓGICA TOTAL E PER CAPITA

Com os valores obtidos em cada um dos itens, realizamos a soma de $PE_{EE} + PE_A + PE_{RSU} + PE_{CC}$, obtendo, dessa forma, a PE_{TOTAL} e *per capita*. Também é possível fazer um comparativo a respeito de quais itens calculados mais impactam no valor da PE_{TOTAL} , permitindo, inclusive, ações direcionadas à diminuição dos impactos.

Com a *PE per capita*, é possível estimar a dimensão da Pegada Ecológica de partes do tecido urbano. De acordo com Oliveira (2016), a cidade é composta por diferentes partes estruturadas

de acordo com um conjunto de elementos físicos fundamentais, tais como ruas, quarteirões, lotes e edifícios, que se combinam de diferentes maneiras para formar o tecido urbano, que é o objeto de estudo da Sintaxe Espacial, sobre a qual falaremos no capítulo seguinte.

4. MORFOLOGIA (URBANA) E SINTAXE (ESPACIAL): CONCEITOS E PROCEDIMENTOS.

4.1. A CIDADE É UMA LINGUAGEM?

Linguagem, segundo o dicionário Michaelis online (2021), significa¹⁶²: “conjunto de sinais convencionados que permitem a construção e a transmissão de uma mensagem, apenas por aqueles que os conhecem; código”. Para Azevedo Jr. (2007, p. 29), a linguagem:

funciona como a ordenadora dos símbolos da comunicação num contexto de espaço e tempo, através de acordos (convenções) estabelecidos por grupos humanos para transmitir determinados significados, organizando suas percepções, classificando e relacionando acontecimentos para que os símbolos guardem um mesmo sentido para todos que o empregam (AZEVEDO JR., 2007, p. 29).

Portanto, não basta haver apenas interação e/ou comunicação para haver linguagem: é necessário que essa comunicação se desenvolva dentro de um sistema estruturado de signos, ou seja, elementos que significam algo, com regras reconhecíveis e transmissíveis. A linguagem encarna significações, relacionando-se com sentidos já existentes e criando novos sentidos (CHAUÍ, 2000; MARCONDES, 2017).

Chauí (2000, p. 188-189) divide a linguagem em conceitual e simbólica. A conceitual procura dar às palavras sentido direto e não-figurado; não possui natureza imaginativa/imagética; procede por desconstrução analítica e posterior reconstrução sintética dos objetos; busca decifrar os sentidos do mundo real, ultrapassando aparências e acidentes; refere-se ao presente, falando do necessário, determinando causas ou motivos e razões. Já a linguagem simbólica opera por analogias e metáforas; realiza-se, principalmente, como imaginação; oferece sínteses imediatas (imagens); cria um mundo análogo para auxiliar no entendimento do real; privilegia memória e imaginação, dizendo como as coisas teriam sido ou poderiam/podem vir a ser.

Quando nos referimos à linguagem, é tendência natural associarmos imediatamente à palavra escrita/falada, no entanto, dentro de uma cultura há diversos outros sistemas simbólicos¹⁶³ que

¹⁶² Trata-se da definição de número 9.

¹⁶³ Marcondes (2017) cita como exemplos os sinais de trânsito, que orientam o fluxo de veículos e pessoas dentro de um sistema urbano; também cita os brasões de cavaleiros medievais, que indicavam suas origens.

constituem e transmitem significado, os quais chamamos de semióticos. Trata-se de sinais que representam uma realidade a partir de convenções sociais, dependendo, portanto, de um processo de interpretação essencialmente cultural para serem compreendidos. Portanto, para haver comunicação, é preciso haver cultura (MARCONDES, 2017).

Cultura, do latim *colere*, significa cuidar, criar. Ligando-se mais a um aspecto natural, no entanto, a partir do século XVIII, a palavra passa a ser associada aos resultados obtidos a partir da formação educacional na vida social e política, ou seja, torna-se sinônimo tanto das obras humanas que se exprimem numa civilização quanto a relação que seres humanos socialmente organizados estabelecem com o tempo e o espaço (CHAUÍ, 2000). De acordo com Holanda (2002), são essas relações que resultam na domesticação do tempo e do espaço, que distinguem o ser humano de outras espécies, demonstrando a nossa capacidade de superar o aqui (espaço) e agora (tempo) pela imaginação – a qual faz parte da linguagem simbólica defendida por Chauí. Harvey (2008, p. 198) diz que “as ordenações simbólicas do espaço e do tempo fornecem uma estrutura para a experiência mediante a qual aprendemos quem ou o que somos na sociedade”.

Kohlsdorf e Kohlsdorf (2017) defendem que a arquitetura e o urbanismo entram nessa esfera como produto e, ao mesmo tempo, confecção de espaço, ambos realizados mediante práticas que concedem condição de relacionamento entre indivíduos, o que conecta a produção do espaço aos vínculos sociais concretos e articulados de uma sociedade. Para Hillier (2007), arquitetura é produto e processo, abarcando tanto o espaço quanto os seus atributos, sendo os edifícios uma transformação físico-espacial carregada de valores sociais, que existe antes mesmo de sua construção. Holanda (2015) explica que não apenas os edifícios excepcionais, mas todas as edificações de uma sociedade, até as mais simples, são embebidas de significados culturais, informando, produzindo e reproduzindo valores; o autor também defende (2002) que o conceito de “arquitetura” é mais amplo do que a edificação em si, pois se trata de um conjunto de relações do homem com o espaço, independente da escala, o que traz para dentro do termo o estudo dos grandes espaços artificiais: as cidades.

Para Rolnik (2009), as cidades são (p. 7-8) “uma obra coletiva que desafia a natureza”, “fruto da imaginação e trabalho articulado de muitos homens”, nascidas quando a sedentarização estabelece uma nova relação ser humano/natureza, transformando a maneira de ocupar espaços a partir de construções feitas com milhares de tijolos. A cidade, fenômeno que ocorre em simultaneidade com a escrita, é “centro e expressão de domínio sobre um território, sede de poder e de administração, lugar da produção de mitos e símbolos”¹⁶⁴ desde sua origem como local cerimonial (ROLNIK, 2009). Ocorre no momento em que a produção humana gera excedentes, que é tanto sua causa, quando os cidadãos são consumidores e não apenas produtores, quanto seu resultado,

¹⁶⁴ Rolnik (2009, p. 8).

já que a produção agrícola é impulsionada a partir da cidade: o desenvolvimento de espécies animais domesticadas, aliada ao uso ferramental e de conhecimentos pertinentes, transformam o ecossistema natural em artificial, através da fabricação de instrumentos para auxílio no desenvolvimento agrícola (ROLNIK, 2009; KOHLSDORF e KOHLSDORF, 2017).

Todo esse processo de acumulação de riquezas, conhecimento e tecnologias é registrado na escrita, mas, além disso, a própria cidade é um registro dessas passagens históricas. A memória urbana, seja ela propriamente escrita (documentos urbanos como ordens, inventários, alvarás, habite-ses, registros, dentre outros), sejam os desenhos de ruas, casas, praças, templos e edifícios em geral, contém a experiência dos que construíram o espaço urbano e, também, denotam suas formas de enxergar e entender o mundo, podendo ser lidos e decifrados tal qual um texto (ROLNIK, 2009).

Capel (2002, p. 19) afirma que as cidades são “a forma mais sublime de paisagem cultural sobre a Terra”. Para Figueiredo (2010), a cidade como produto é resultado da miríade de processos econômicos, sociais e culturais ao longo do tempo, a partir de ações, coordenadas ou não, de diversos atores que modificam o espaço construído e a rede que o conecta, enquanto que a cidade como estrutura de suporte não é inerte, pois forma um sistema de barreiras, que separam pessoas e ideias, e de espaços abertos, que possibilitam encontros e interações.

4.1.1. MORFOLOGIA E SINTAXE

De acordo com o Michaelis - Dicionário Brasileiro online de Língua Portuguesa (2022), a palavra configuração¹⁶⁵ significa “forma exterior de um corpo; aspecto, figura”. No mesmo dicionário, a palavra forma¹⁶⁶, cuja origem é o grego *morphē*, contém os seguintes significados:

- 1) Configuração exterior dos corpos materiais (seres e coisas); formato;
(...)
- 3) Aparência física de uma pessoa, animal ou coisa;
(...)
- 8) Conjunto de elementos logicamente estruturados; sistema;
(...)
- 18) FILOS O que determina a unidade e a essência do ser, em oposição à matéria.

Morfologia, portanto, refere-se ao estudo da forma. O sufixo “logia” vem do grego antigo λογία (*logos*) e significa estudo detalhado (D'ACCI, 2019, p. 1). A morfologia nasce dentro da Filosofia da Natureza, abordagem surgida na Biologia do século XVIII que, dentro de ideais românticos,

¹⁶⁵ O verbete “configuração”, no referido dicionário, possui 9 significados divididos entre as seguintes áreas de conhecimento: Astronomia, Química, Informática, Geometria, Linguística, Psicologia, Aeronáutica e Astronomia, além do conceito geral, que está sendo utilizado neste trabalho.

¹⁶⁶ O verbete “forma” tem 20 significados divididos nas seguintes áreas de conhecimento, além dos conceitos gerais (10 entradas): Biologia, Botânica, Música, Gramática, Linguística, Lógica, Filosofia e Jurídico. Dentre eles, marcamos, para este trabalho aqueles que são pertinentes ao tema desenvolvido no texto.

opunha-se ao empirismo inglês (baconiano) e ao racionalismo francês (cartesiano). Sugere, então, uma visão unitária e total do mundo material e espiritual, concebendo o Universo, a matéria e o espírito como um todo orgânico, vivo e tendendo a perfeição e priorizando a síntese, a qualidade e a intuição em detrimento da análise, da quantidade e da razão (ROSA, 2012a, p. 245). Dentre seus maiores expoentes, está o autor e estadista Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832), que registra o termo “morfologia” em seu diário no ano de 1796 (OPITZ, 2004, *apud* ROSANELI, 2001), publicando-o em 1817 como “a ciência da forma (*Gestalt*), formação (*Bildung*) e transformação (*Umbildung*) dos seres orgânicos” (ROSANELI, 2001).

O termo “morfologia” migra para a área da linguística a partir do século XIX, sob influência dos estudos evolucionistas de Charles Darwin (1809-1882). Tradicionalmente, dentro da linguística, a morfologia é a área na qual se estudam as palavras, consideradas a menor unidade linguística. É atribuída ao professor franco-suíço Ferdinand de Saussure (1857-1913), mestre da Universidade de Genebra, a fundação da Linguística moderna, a partir da publicação de anotações de aulas feitas por 2 de seus alunos, Charles Bally e Albert Sechehaye, ambos professores de Genebra no ano de 1916¹⁶⁷. Saussure, um entusiasta de anagramas, propõe em seu discurso fundador o princípio da prioridade das relações sobre os elementos, conceituando a linguagem como um sistema de signos¹⁶⁸ ligados à cultura, sendo esses resultantes da associação entre significante (imagem acústica) e significado (conceito). O discurso de Saussure fundamenta o arbitrário do signo, mostrando que “a língua é um sistema de valores constituídos não por conteúdos ou produtos de uma vivência, mas por diferenças puras”¹⁶⁹. Também pertence ao autor a criação do conceito de sintagma¹⁷⁰, como sendo todos os constituintes elementares que se combinam para formar frases e orações (DOSSE, 1993; ORLANDI, 2007; VIOTTI, 2008; PETTER, 2010; SOUZA FILHO, 2020).

O livro de Saussure, CLG (ver nota 167), torna-se base para o estruturalismo, que, de acordo com Medeiros (2013, p. 107), associa-se ao pensamento sistêmico quando considera a relação entre as partes que estão sendo investigadas. O estruturalismo é um ponto de vista epistemológico que lida com sistemas a partir da observação de que cada um dos seus elementos componentes é determinado por todos os outros, integrando-se na estrutura do conjunto a partir de correlações e oposições. Objetiva “constituir processos de significação para o sistema que se estuda”¹⁷¹, já que os sistemas e suas respectivas estruturas são uma realidade elaborada, delimitada e interpretada

¹⁶⁷ O livro, chamado *Cours de Linguistique Générale* (em português, “Curso da Linguística Geral”, de 1916), deu à linguagem uma ciência autônoma e independente. Trata-se de uma obra oral baseada nas aulas ministradas entre os anos de 1907 e 1911 e em raros apontamentos deixados pelo professor (DOSSE, 1993, p. 65); (ORLANDI, 2007, p. 22).

¹⁶⁸ Saussure, de acordo com Dosse (1993, p. 65), dá solução para o velho problema proposto por Platão no *Crátiles*, onde o filósofo contrapõe a visão de Hermógenes, na qual os nomes atribuídos às coisas são arbitrariamente escolhidos pela cultura, e de Crátiles, que vê nos nomes uma relação fundamentalmente natural.

¹⁶⁹ Dosse (1993, p. 65).

¹⁷⁰ Sintagma é uma unidade sintática constituída a partir de um núcleo, formado por uma sequência de letras ou, aos ouvidos, uma sequência de sons, a partir do qual todas as relações se estabelecem (MIOTO, SILVA e LOPES, 2013, p. 47, 56).

¹⁷¹ Medeiros (2013, p. 108).

pelo investigador a partir do seu escopo conceitual, teórico e seu aparato ferramental, portanto, não se trata da realidade de fato (MEDEIROS, 2013).

Se Saussure desenvolve o conceito de sintagma, quem desenvolve o arcabouço teórico em cima do tema, a chamada Gramática Sintagmática, é o linguista, filósofo e sociólogo norte-americano Avram Noam Chomsky (1928-), aportando na teoria do sintagma a estrutura sintática de uma determinada língua. Para a Teoria do Inatismo de Chomsky, todos os seres humanos nascem com predisposição para aprender um tipo de língua através de uma Estrutura Profunda (EP) alojada no cérebro responsável pela produção de enunciados e sentenças que serão traduzidos em fala, propriamente dita, na Estrutura Superficial (ES), processo esse denominado Gramática Gerativa Transformacional (GGT). Na EP, segundo a teoria chomskyana, os pensamentos são expressos numa determinada ordem, cumprindo uma certa função, o que implica dizer que o componente essencial da GGT é o sintático, o qual procura identificar funções, relações e ordem das palavras em um determinado contexto (SOUZA FILHO, 2020).

Portanto, entendemos que, de essência, morfologia e sintaxe são assuntos tangenciais. Morfologia estuda a classe das palavras, ou seja grupos com características morfológicas diferentes, enquanto a sintaxe, de acordo com Miotto, Silva e Lopes (2013, p. 36), “é a disciplina linguística que estuda como combinamos as palavras para formar sintagmas e como combinamos sintagmas para formar sentenças”, portanto, “a sintaxe começa a atuar onde acaba a atuação da morfologia”, tomando o produto morfológico (palavras) para realizar combinações. Faraco e Moura (1997, p. 307) definem sintaxe como a parte da gramática que estuda as relações e combinações entre as palavras de uma determinada frase, com interesse na função, na ordem, na concordância e na dependência exercida por cada palavra.

Hillier *et al.* (1976), utilizando termos e teoremas linguísticos, para suas reflexões sobre arquitetura e cidades, afirmam que a morfologia é a estrutura elementar de um sistema formado por princípios combinatórios os quais chamamos de sintaxe, ou seja, a sintaxe, de acordo com os autores, é a propriedade mais importante de uma língua mórfica, já que permite a identificação de regularidades, similaridades e diferenças dentro da morfologia. A sintaxe é um conjunto de regras estruturais formadoras de combinações, relações e operações de objetos elementares, portanto, sem a sintaxe, a morfologia opera de forma aleatória.

Conforme defende Barros (2014, p. 65), em sua tese, as palavras “morfologia” e “sintaxe” são diretamente vinculadas ao estudo da Linguística, sendo tratados de maneira independente, embora complementares, com a morfologia (urbana) assumindo uma perspectiva mais geral e a sintaxe (espacial), mais específica, com viés relacional. Para a pesquisadora, “morfologia” se refere ao estudo da forma sem a visão relacional, com foco no viés geométrico, já a “sintaxe”, entendida

como sinônimo de configuração, compreende o estudo da forma com o viés relacional, de modo a identificar as interdependências entre os elementos que constituem os sistemas urbanos.

4.1.2. MORFOLOGIA E CONFIGURAÇÃO URBANA

“Por que as cidades conservam suas formas?”, pergunta Johnson (2003, p. 92)¹⁷² ao final de sua reflexão sobre a possibilidade de um viajante do tempo, um cidadão florentino dos dias atuais, voltar 800 anos no tempo para a Florença do final do século XII, período da era de ouro das guildas¹⁷³. O autor explica que, nesse caso, a experiência seria, em sua maior parte, desnorteante; no entanto, o hipotético viajante saberia onde encontrar mercadorias como seda, braceletes de ouro, luvas de couro, ou mesmo pedir dinheiro emprestado. As edificações, à exceção de alguns prédios simbólicos¹⁷⁴ seriam diferentes, no entanto, os desenhos das ruas lhes soariam familiares, embora com nomes distintos. Porque “alguns elementos da vida urbana [...] são associados com uma estrutura física que tem sua própria durabilidade”.

A morfologia urbana é um reflexo da organização econômica, da organização social, das estruturas políticas e dos objetivos dos diferentes grupos sociais que atuam no espaço urbano; no entanto, é preciso saber ler de que maneira essas diferentes forças atuam no espaço construído. Com disciplina, busca, através de uma abordagem interdisciplinar que envolve geografia, história, ciências sociais e arquitetura e urbanismo, estabelecer uma teoria sobre a construção das cidades, estudando as formas geradas pelos processos de ocupação e urbanização. A morfologia urbana, portanto, tem como objeto de estudo os aspectos exteriores do meio urbano e suas relações recíprocas, definindo tanto a paisagem urbana quanto a estrutura que a molda (CAPEL, 2002; LAMAS, 2010; PEREIRA COSTA, GIMMLER NETTO e LIMA, 2014).

Segundo Oliveira (2016, p. 8), a forma urbana é composta por ruas, quarteirões, lotes e edificações, ou seja, elementos que se relacionam em diferentes níveis. Para Kropf (1996), a resolução de problemas morfológicos passa por níveis distintos: a baixa resolução inclui ruas e quadras e, à medida que a resolução aumenta, novas informações vão sendo acrescentadas, atingindo maiores níveis de detalhe, como por exemplo, materiais que compõem os edifícios. Para o autor, o tecido urbano é a síntese de todos esses elementos, que compõem um todo (*whole*) orgânico.

¹⁷² Versão digital (kindle), portanto, a página é baseada na formatação utilizada para leitura.

¹⁷³ Segundo o autor, nas últimas décadas do século XII, a organização de mercadores que governou a cultura comercial da cidade italiana de Florença, a *Societas Mercatorum*, começou a se dividir em pequenos grupos chamados guildas, estruturados a partir de comércios específicos. Essa forma de organização social impactou de modo definitivo a cultura, as artes e o comércio ocidentais (JOHNSON, 2003).

¹⁷⁴ O autor cita a galeria Uffizi e a igreja de San Lorenzo como edificações antigas, mas modificadas com o tempo; como reconhecíveis no exercício hipotético, Johnson (2003) cita o batistério de Duomo e o Bargello, a antiga prefeitura.

Para o estudo da forma urbana, portanto, é possível observar tanto o aspecto quantitativo (quantas quadras tem um bairro, quantos lotes tem uma quadra, por exemplo) quanto o qualitativo (como esses elementos se relacionam entre si). Nesse ínterim, a Sintaxe Espacial se apresenta como uma abordagem que atende às expectativas de análise de acordo com suas respectivas premissas teóricas, metodológicas e ferramentais.

4.2. SINTAXE ESPACIAL

De acordo com Holanda (2002, p. 67), a partir do lançamento do livro de Jane Jacobs¹⁷⁵ em 1961, o Movimento Moderno passa a ser seriamente questionado devido às “ideias errôneas sobre expectativas sociais que eram implicitamente assumidas” pelos pensadores e agentes da época, o que faz com que se desenvolvam estudos com viés especial na área social, deixando as implicações morfológicas em segundo plano. Tal fato gera um desconforto geral dentre os profissionais, tanto os práticos quanto os acadêmicos, já que a desarticulação entre teoria e prática torna a arquitetura genérica e sem limites disciplinares definidos (HOLANDA, 2002).

A sociedade se organiza no espaço a partir da forma como os seres pertencentes a ela se relacionam entre si, dependendo dos graus de separação e agregação, padrões geradores de movimentos e encontros, agrupando ou dispersando agrupamentos menores intrassociais, criando, para isso, barreiras, acessos, limites e zonas. Dessa forma, é reconhecida a existência de diferenças culturais entre as formações sociais, numa espécie de princípios genéricos que se reproduzem, dando ao espaço um caráter étnico. Por outro lado, o espaço também está relacionado com a sociedade, pois grandes transformações na morfologia espacial, como revolução agrícola, sedentarização humana, urbanização e industrialização, por exemplo¹⁷⁶, causaram profundas transformações na forma com a qual os seres humanos se relacionam (HILLIER e HANSON, 2005).

Para Hillier (2007), a arquitetura é a inseparabilidade entre produto e processo/atividade, abarcando, ao mesmo tempo, tanto o espaço quanto os seus atributos, sendo, portanto, uma das principais formas com a qual a cultura se faz real no mundo material. Holanda (2015) explica que a arquitetura responde às características de um sítio natural, como clima, relevo, disponibilidade de materiais, hidrografia e etc., mas também ao contexto social em que se insere, como conhecimentos científicos e tecnológicos, valores éticos e estéticos, interesses, dentre outros. Esse

¹⁷⁵ O livro é *The Death and Life of Great American Cities*.

¹⁷⁶ Esses são pontos dados como exemplo pelos autores. Aqui, acrescentamos, aquilo que tomamos a liberdade de chamar de desmaterialização social, com o advento da internet, redes sociais, smartphones e nuvem, onde o mundo físico migra com cada vez mais intensidade para o mundo virtual, afetando o modo com o qual nos relacionamos socialmente. Ou seja, o espaço, ou o aumento dele, está mudando a sociedade como um todo.

autor define a arquitetura não só como edifícios¹⁷⁷, mas também como todos os espaços produzidos tanto pelo conhecimento explícito e reflexivo quanto pelo conhecimento popular, intuitivo. Também estão na definição de arquitetura os espaços externos, ruas, calçadas, não só a parte interna dos edifícios, pois ao moldarmos os cheios (elementos-fim), estamos, também, moldando os vazios (elementos-meio). A sintaxe, como explica Oliveira (2020), se diferencia das abordagens até então utilizadas por seu caráter quantitativo, estudando as propriedades do espaço e sua relação com a rede formada pelos vazios urbanos contíguos.

Medeiros (2013) explica que estudar as relações entre os objetos significa interpretar os vazios entre eles, que, no caso das cidades, corresponde às vias de circulação de pedestres e veículos. Portanto, o estudo das relações dentro de um sistema urbano corresponde ao estudo do movimento, incluindo seus padrões, hierarquias e associações, distribuído no espaço.

O foco da abordagem, para interpretações urbanas, está nas relações espaciais entre edifícios e espaços livres (configuração), ou seja, barreiras e permeabilidades que geram os sistemas de encontro e restrições (movimento) que constituem a sociedade, com ênfase não só em aspectos geométricos, mas também em feições topológicas. A sintaxe considera que algumas formas ou áreas construídas dentro do contexto urbano funcionam como atratores que tendem a atrair e concentrar um movimento. Essas áreas que concentram maiores fluxos, por consequência, tendem a atrair determinados tipos de uso que precisam do movimento e acabam por reforçar o magnetismo do local, atraindo mais movimento e podendo resultar em alteração da configuração do espaço construído (HOLANDA, 2002; MEDEIROS, 2013; LOUREIRO, 2017). A Sintaxe Espacial, portanto, tem seu cerne no fluxo que ocorre dentro de um espaço urbano, ou seja, o movimento que ocorre nas ruas e vias de circulação, entendidos enquanto elementos estruturantes do tecido urbano.

4.2.1. SINTAXE ESPACIAL NO BRASIL – TRABALHOS RELEVANTES PARA ESTA PESQUISA

Na década de 1990, diversos pesquisadores brasileiros iniciam e desenvolvem estudos tanto em caráter teórico quanto em caráter experimental a respeito da Sintaxe Espacial. Rigatti (1997, p. 172.) aponta como destaques: o professor Frederico de Holanda (UnB), os professores Benamy Turkienicz, Douglas Aguiar e Décio Rigatti (UFRGS), a professora Edja Trigueiro (UFRN), os professores Cláudia Loureiro, Luís Amorim e Circe Monteiro (UFPE), além do desenvolvimento

¹⁷⁷ Segundo o autor, não apenas os edifícios com intenção estética são arquitetura, e sim todos aqueles produzidos dentro de uma cultura, já que reproduzem os valores dessa cultura (HOLANDA, 2015).

de estudos na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) a partir de pesquisadores da UnB (RIGATTI, 1997).

O primeiro destaque que apontamos nesta pesquisa a respeito de estudos sobre a Sintaxe Espacial é a tese de doutorado do professor Frederico de Holanda, *Exceptional Space*, com orientação do prof. Hillier, publicado em forma de livro (O Espaço de Exceção) em 2002 pela editora da Universidade de Brasília (UnB). Em sua obra, Holanda (2002) explica que o objetivo da Sintaxe Espacial é:

O estabelecimento de relações entre a estrutura espacial de cidades e de edifícios, a dimensão espacial das estruturas sociais, e variáveis sociais mais amplas, procurando revelar tanto a lógica do espaço arquitetônico em qualquer escala como a lógica espacial das sociedades (HOLANDA, 2002, p. 92).

Holanda (2002) divide a sintaxe em 3 níveis analíticos, padrões espaciais, vida espacial e vida social. O padrão espacial parte da premissa de que os seres humanos se organizam espacialmente a partir de padrões de relações compostos por barreiras e permeabilidades que promovem encontros e restrições que compõem um sistema social passível da leitura não só geométrica, mas também, e principalmente, topológica. No nível de vida espacial, são mapeados os grupos sociais os quais pertencem as pessoas que frequentam o espaço analisado, avaliando as potencialidades de encontros e de copresença. O último nível, vida social, refere-se “a um conjunto de atributos socioeconômicos gerais que pode estar relacionado à questão da lógica social dos padrões espaciais e da vida espacial”¹⁷⁸. Com os conceitos bem definidos, analisa como um dos estudos de caso o Distrito Federal em 3 níveis, dividindo o espaço urbano em 10 setores característicos¹⁷⁹ e concluindo que a os resultados obtidos, em relação à formalidade dos espaços, repetem-se em todas as áreas investigadas. Também percebe que a ordem formal dominante em nível global em Brasília se perde quando a análise é setorizada.

Em 1997, a tese de Rigatti (1997) analisa as transformações que os moradores, ao longo dos anos, realizam no conjunto habitacional Rubem Berta, construído pela COHAB/RS na cidade de Porto Alegre nos anos 1970, com objetivo de adaptar o espaço urbano às suas necessidades. O autor utiliza a Sintaxe Espacial, já que a abordagem permite: a identificação e descrição física sistemática da morfologia urbana; a descrição de aspectos locais e globais relativas ao conjunto do sistema espacial; a descrição das estruturas subjacentes às dimensões físicas do espaço que demonstram a cultura espacial; a comparação de sistemas espaciais distintos em termos de tamanho e morfologia, possibilitando tanto a leitura de individualidades dos leiautes urbanos quanto as recorrências estruturais. Segundo o autor, a análise sintática objetiva descrever o assentamento com base no padrão das relações estabelecidas entre os usuários do espaço

¹⁷⁸ Holanda (2002, p. 114).

¹⁷⁹ Os setores utilizados por Holanda (2002, p. 301-305) foram: Esplanada dos Ministérios, SQNs (Superquadras Norte) 405/406, SDS (Setor de Diversão Sul) e SHS (Setor Hoteleiro Sul), Guarã I, SCS (Setor Comercial Sul), SQSs (Superquadras Sul) 102/302, Paranoá Velho, Planaltina, centro de Taguatinga e Paranoá Novo.

estudado, que se traduz em barreiras e permeabilidades do movimento. São utilizados no estudo o mapa convexo e o mapa axial, este último analisado a partir das seguintes variáveis: axialidade da trama (TRL), Integração (núcleo de integração), força do núcleo de integração (F) e inteligibilidade (RIGATTI, 1997).

Outro destaque para nosso trabalho é a tese de doutorado do professor Valério Medeiros (*Urbis Brasiliae* ou sobre cidades do Brasil: inserindo assentamentos urbanos no país em investigações configuracionais comparativas) no ano de 2006, na qual o pesquisador investiga, em uma amostra composta por 44 cidades brasileiras¹⁸⁰, “de maneira específica como leitura da cidade por sua configuração pode auxiliar em *ações reflexivas* sobre os espaços urbanos”¹⁸¹. Para o pesquisador, as formas espaciais das cidades se relacionam aos problemas urbanos no momento em que estabelecem permeabilidades e restrições, portanto, a interpretação urbana requer uma investigação da forma espacial por meio não só de atributos geométricos e físicos, mas pela articulação topológica. Em relação à cidade brasileira, Medeiros (2006) se inquieta com o enfoque tradicionalmente temporal ou social dado às pesquisas sobre os processos de urbanização no país, encontrando uma lacuna no aprofundamento quanto à articulação em termos de hierarquia e permeabilidades, fatores ligados diretamente à forma urbana. Para resolver sua questão de pesquisa, utilizando a Sintaxe Espacial, o autor se propõe a investigar se 1) existem semelhanças configuracionais entre cidades brasileiras, e 2) com base na configuração, se é possível identificar uma cidade tipicamente brasileira. O pesquisador percebe que nas cidades do país, há o predomínio de um padrão *colcha de retalhos*, formado por um processo diacrônico de agrupamento de grelhas independentes, ou seja, sem clara articulação entrepertes, associado à ampliação (horizontal e vertical) da malha urbana.

No mesmo ano de 2006, a dissertação de Barros (Estudo Exploratório da Sintaxe Espacial como Ferramenta de Alocação de Tráfego) utiliza o setor Noroeste¹⁸² da cidade de Brasília como estudo de caso para investigar o potencial da Sintaxe Espacial para estimação de rotas potencialmente atraentes, envolvendo a comparação entre a Sintaxe Espacial e o SATURN¹⁸³ (*Simulation and Assignment of Traffic to Urban Road Network*) para analisar categorias físicas (potenciais de acessibilidade da malha) e sociais (fluxos veiculares). A pesquisadora foca na axialidade da via, gerando mapas axiais e de segmentos da cidade com e sem a implantação do projeto de ocupação do Noroeste, concluindo que não há alteração na malha viária de maneira geral, mas há diferença

¹⁸⁰ Cidades com mais de 300.000 habitantes e/ou cidades inscritas como de interesse patrimonial. A amostra de cidades brasileiras foi inserida na base de dados que compreendia, à época, 120 mapas axiais de cidades ao redor do mundo, correspondendo a 27% da amostra total.

¹⁸¹ Medeiros (2006, p. 7 - resumo).

¹⁸² O setor foi escolhido por estar localizado entre o local mais integrado do DF (a EPIA) e o local concentrador da maior oferta de empregos (o Plano Piloto) (BARROS, 2006, p. 81).

¹⁸³ Trata-se de um programa de análise de redes desenvolvido pelo *Institute for Transport Studies* da *University of Leeds* no final da década de 1970, composto por 2 funções: módulo de alocação de tráfego e módulo de simulação (BARROS, 2006, p. 28).

significativa nas áreas e vias que o circundam. Também conclui, ao interpretar o mapa global do sistema que ambos os modelos podem ser utilizados de maneira complementar.

Sobre o uso da Sintaxe Espacial na cidade de Teresina, estudo de caso desta pesquisa, citamos a dissertação de Rocha (2012), na qual a pesquisadora elabora 3 propostas de projeto de intervenção para a Praça Marchal Deodoro, localizada no centro antigo de Teresina, partindo da investigação de acessibilidade e vitalidade do espaço público por meio da relação entre forma e uso. Com os 3 projetos, a pesquisadora utiliza as variáveis de integração e visibilidade para análise de desempenho, por fim escolhendo a que apresenta melhor desempenho nesses quesitos, além do que melhor atende às orientações do IPHAN quanto à questão dos jardins históricos.

Em 2014, a tese de Barros (2014) explora a caminhabilidade, investigando de que maneira a forma urbana interfere nos deslocamentos de pedestres e quais fatores interferem nas escolhas dos percursos. A autora defende que, a respeito da forma urbana, a morfologia se refere a um estudo da forma sem o viés relacional, enquanto a sintaxe se trata do estudo com foco no viés relacional, portanto, para o estudo urbano com análise morfológica e sintática simultâneas, a autora utiliza o termo “morfofossintaxe”. Como objeto de estudo, a autora seleciona 3 bairros da cidade de Lisboa¹⁸⁴, concluindo que a forma urbana, traduzida pela variável sintática “integração”, é um elemento importante para a escolha do caminho do pedestre, superando o quesito “uso do solo” e ficando atrás de tempo de acesso ao metrô e presença de escadas.

No ano de 2017, a tese de Loureiro (2017) realiza uma investigação a respeito de comunidades enquanto entidades auto-organizadas dentro do tecido urbano, com objetivo de analisar em que medida a configuração daqueles espaços urbanos afeta as suas dinâmicas socioespaciais. Com uma amostra de 120 assentamentos ao redor do mundo¹⁸⁵, a pesquisadora compara os padrões das comunidades aos padrões de cidades orgânicas portuguesas historicamente consolidadas, concluindo que se trata de um modelo semelhante, porém mais adensado. De acordo com Loureiro (2017), dentro de sua auto-organização, as comunidades tentam organizar-se dentro do sistema urbano que a cerca diretamente, tendendo a se localizar em planos posicionados contiguamente à mancha urbana.

A considerar as estratégias aplicadas nos trabalhos acima, pela variedade de estratégias, é possível perceber que pesquisadores brasileiros não só contribuem com a base de dados mundial a respeito da sintaxe, como também investigam diversas possibilidades de desenvolvimento e aplicação da teoria.

¹⁸⁴ Os bairros selecionados pela autora são: Graça, Campos de Ourique e Telheiras.

¹⁸⁵ A amostra final é de 39 comunidades da América Latina, 43 na Ásia e 38 no continente africano (LOUREIRO, 2017, p. 90-93).

4.3. METODOLOGIA: USO DA SINTAXE ESPACIAL NA DISSERTAÇÃO

A estratégia escolhida para a análise configuracional desta pesquisa é a Sintaxe Espacial. De acordo com Medeiros (2013), a SE possibilita que fatores configuracionais de um determinado espaço sejam mensurados matematicamente e visualizados de maneira clara, permitindo sua correlação com diversas outras informações que ajudam a elucidar o ambiente urbano. A cidade, segundo Holanda (2002), é constituída por espaços convexos, que correspondem a “lugares” numa pequena escala, ou espaços axiais, que são os eixos de deslocamento, ou seja, a maneira que as sequências de ruas e outros espaços livres se ordenam ao longo de linhas retas. Para a confecção de um mapa axial, esses eixos de deslocamento devem ser representados de maneira linear, recebendo a denominação de linhas axiais.

Para o desenho de uma representação linear a primeira etapa é o acesso ao mapa do espaço urbano a ser estudado, preferencialmente georreferenciado, por fornecer uma informação mais atualizada. Para isso, são utilizados alguns softwares que utilizam a tecnologia SIG (Sistema de Informações Geográficas), em inglês GIS (*Geographic Information System*), como o QGIS, adotado neste estudo¹⁸⁶, livre e de código-fonte aberto. A seguir, as linhas são desenhadas nos espaços que correspondem às áreas passíveis de movimento (sem barreiras), sendo interrompidas quando atingem um possível obstáculo ao deslocamento, a implicar mudança de rota¹⁸⁷. A Figura 26 mostra como exemplo a marcação das linhas em um determinado fragmento de espaço urbano.

¹⁸⁶ Versão 2.18.11 – Las Palmas.

¹⁸⁷ Em outras palavras, as linhas axiais são estendidas enquanto seria possível observando, no mapa do sistema estudado, até que atinja um ponto em que o movimento teria que ser interrompido e seria necessário mudar de direção para continuar o deslocamento, seja uma construção (fim da rua – muro ou uma edificação) ou um elemento urbano (poste, árvore, banco, lixeira, ponto de ônibus etc.).



Figura 26: Exemplo de decomposição do espaço urbano em linhas (representação linear), para trecho da cidade de Teresina (PI). Fonte: Elaborado pela Autora.

Medeiros (2013, p. 150) explica que uma representação linear deve ter a menor quantidade possível das maiores linhas, que irão representar todos os possíveis acessos através de uma trama viária¹⁸⁸. Mesmo vias curvas devem ser decompostas em retas, conforme expresso na Figura 27. Por esse viés, é lógico presumir que malhas ortogonais, cujas vias são retilíneas, serão formadas por menos linhas do que malhas de estruturas orgânicas.

¹⁸⁸ Portanto, todo o sistema estudado deve ser desenhado em linhas (representação linear).

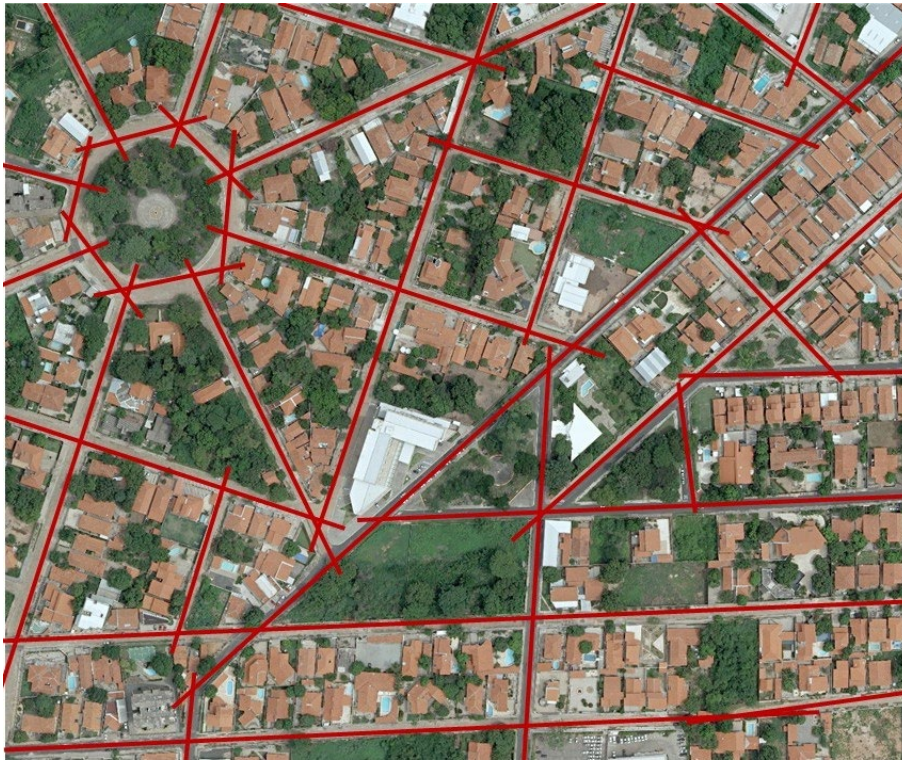


Figura 27: Exemplo de marcação de linhas axiais em vias curvas em trecho da cidade de Teresina (PI). As linhas devem ser interrompidas quando encontrarem uma barreira física que impeça o movimento. Fonte: Elaborado pela Autora.

A representação linear, ou seja, o conjunto de linhas que sintetizam as possibilidades de movimento, ao ser processada gerará o mapa axial, ou mapa de axialidade¹⁸⁹, do qual resultarão diversas variáveis geométricas e topológicas. Não há limite para a definição do sistema ou tamanho da representação, que será produto do sistema de interesse para a investigação, podendo ser um trecho urbano, bairros (Figura 28), zonas urbanas (Figura 29), a continuidade do tecido urbano ou perímetro de um município (Figura 30), regiões metropolitanas (Figura 31) etc., desde que represente continuidade, ou seja, que haja interligação de linhas da modelagem (Figura 32).

¹⁸⁹ Holanda (2002, p. 99).



Figura 28: Bairro São Cristóvão (Teresina - PI), em imagem de satélite (esquerda) e sua representação linear.
Fonte: Elaborado pela Autora.

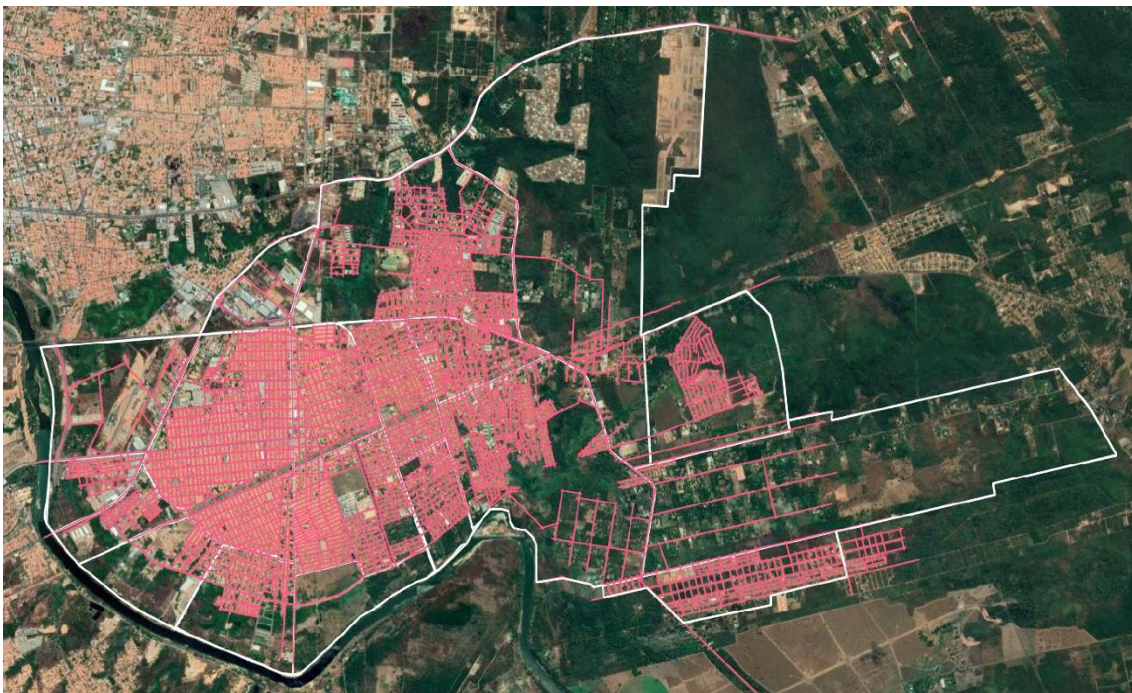


Figura 29: Representação linear da Zona Sudeste da cidade de Teresina (PI) sobre imagem de satélite. As linhas da modelagem estão marcadas em vermelho e os bairros delimitados em linha branca. Fonte: Elaborado pela Autora.

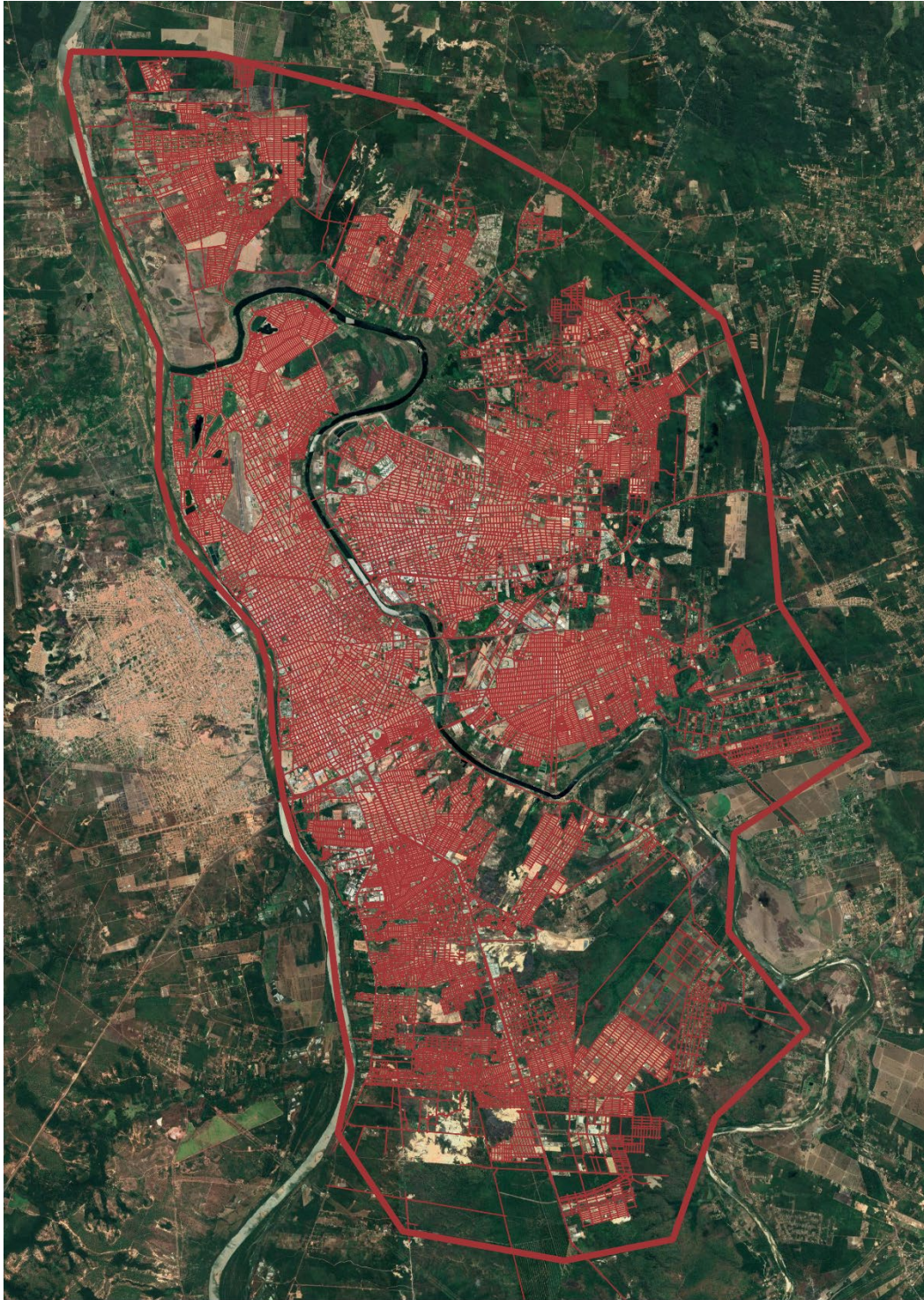


Figura 30: Representação linear da cidade de Teresina (PI), marcado sobre imagem de satélite. A delimitação da área se deu por continuidade do tecido urbano. Fonte: Elaborado pela Autora.



Figura 31: Representação linear do sistema urbano Teresina-Timon. As duas cidades pertencem a dois estados diferentes, Piauí e Maranhão, e são separadas pelo Rio Parnaíba, apesar dos tecidos urbanos contínuos. Fonte: Elaborado pela Autora.

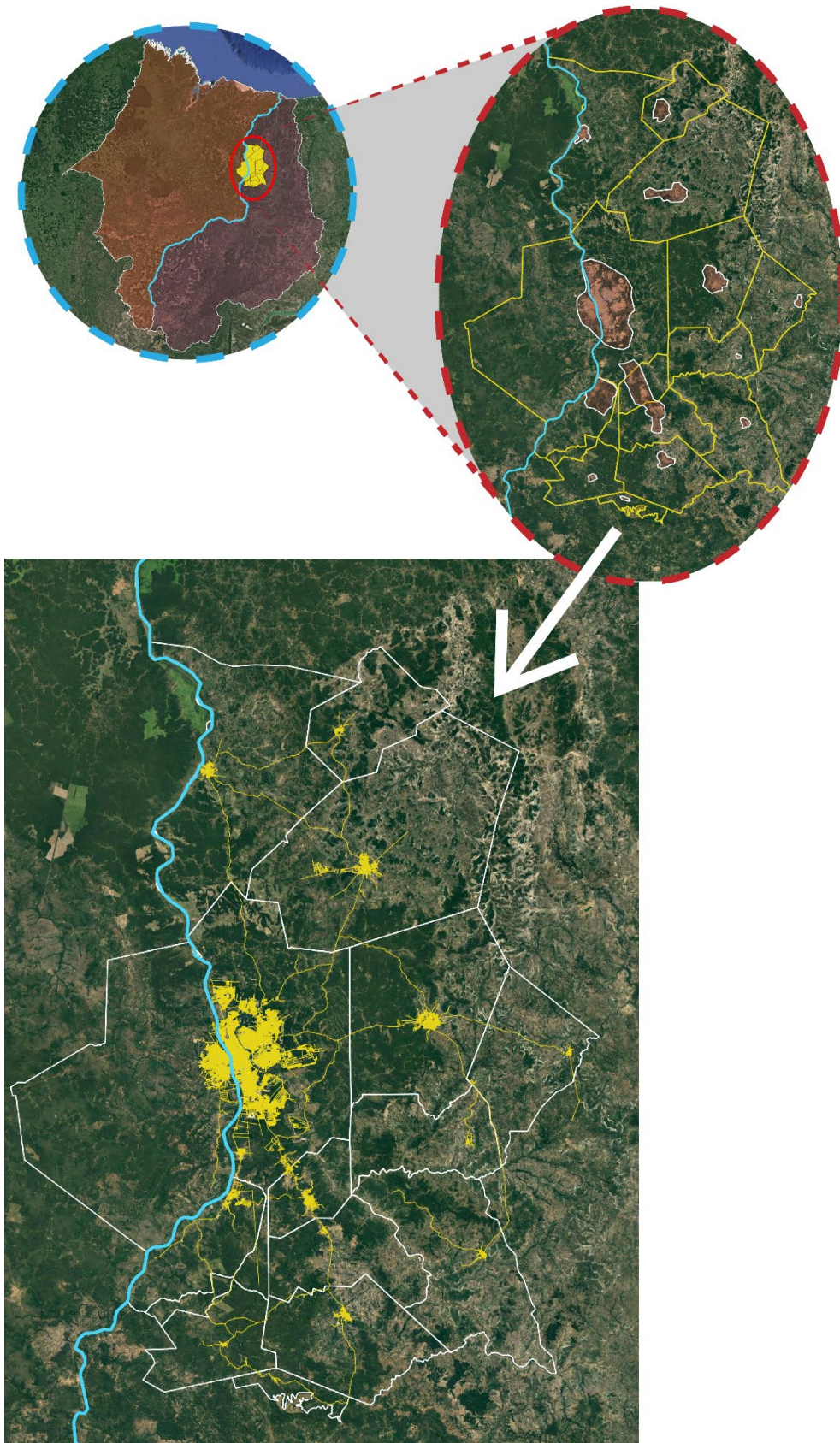


Figura 32: Representação linear dos 15 municípios que compõem a RIDE Grande Teresina sobre imagem de satélite. Acima e à direita, a demarcação da localização da RIDE na divisa entre Piauí e Maranhão; acima e à esquerda, a demarcação dos municípios e as respectivas manchas urbanas; abaixo, as linhas amarelas indicando os eixos da representação linear, que estão pouco visíveis devido à escala. Em azul, a demarcação do Rio Parnaíba, dividindo o PI do MA. Fonte: Elaborado pela Autora.

As linhas do mapa axial, na sintaxe, são processadas e analisadas tanto em escala local, quando se destacam as características do elemento diante do seu entorno imediato, quanto global, quando são observadas características de articulação entre os elementos em relação ao sistema completo, o que permite avaliar o papel de cada um deles diante da entidade urbana, como indicado na Figura 33. Os resultados são oriundos da matriz de intersecções entre eixos, o que permite o cálculo dos valores que representam as relações axiais (HOLANDA, 2002; MEDEIROS, 2013). Para esse processamento, são utilizados *softwares* apropriados, como o *DepthMap*¹⁹⁰, que funciona integrado ao QGis.

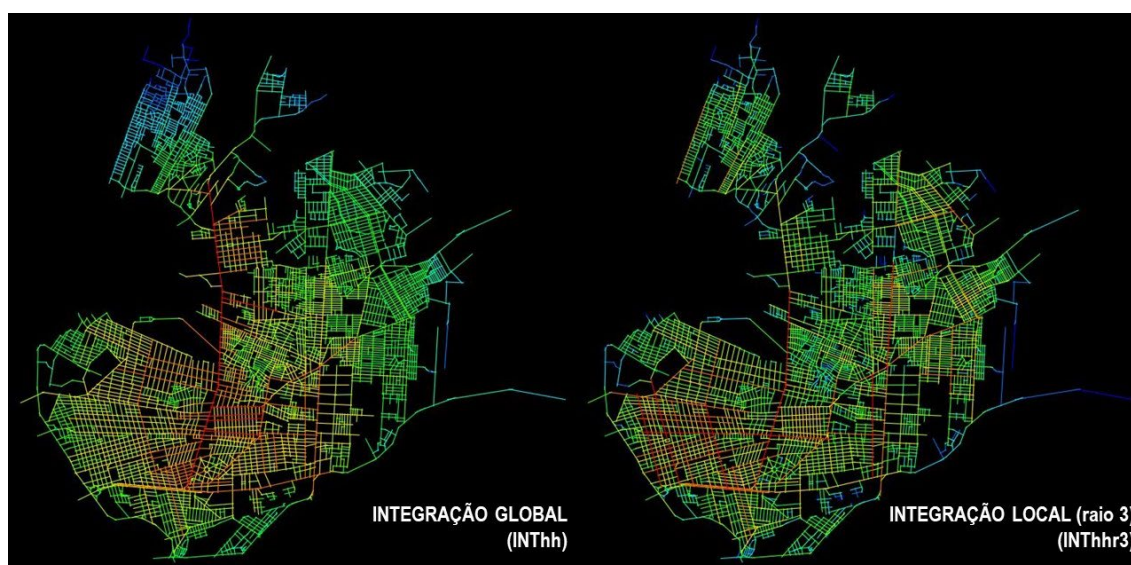


Figura 33: Mapa axial com representação das variáveis integração global (INThh – à esquerda) e integração local (INThr3 – à direita) do mesmo espaço urbano (Zona Leste da cidade de Teresina). O mapa é apresentado em escala de cores, onde quanto mais quente a cor, maior é o valor da acessibilidade daquela linha. É possível perceber as diferenças de cores nos dois mapas, indicando que linhas mais integradas globalmente (em relação a todo o sistema) podem ser menos integradas quando analisadas em nível local (raio 3), e vice-versa. Fonte: Elaborado pela Autora.

Conforme explicado anteriormente, a representação linear que processada resulta no mapa axial “representa a menor quantidade das maiores linhas que percorrem um sistema urbano” (PEREIRA *et al.*, 2011, p. 15). No entanto, quando ocorre o cruzamento das linhas axiais, o eixo pode ser fracionado, tornando-se uma unidade independente a qual chamamos de segmento (Figura 34, Figura 35 e Figura 36), o que permite uma interpretação mais precisa das variações de desempenho ao longo de um mesmo canal de circulação. Para Loureiro (2017, p. 83), o mapa de segmentos é um refinamento do mapa axial que permite estudo mais detalhados sobre deslocamentos ao ponderar variações angulares mínimas como continuação de um caminho, e não mudança de direção. A autora explica que as dimensões dos segmentos potencialmente correspondem, de modo simplificado, às dimensões das quadras do sistema.

¹⁹⁰ Versão experimental DepthmapXnet0.35 – 2011-2017.



Figura 34: Exemplo de marcação de linhas axiais para a confecção de mapa axial a partir dos eixos viários.
Fonte: Elaborado pela Autora.

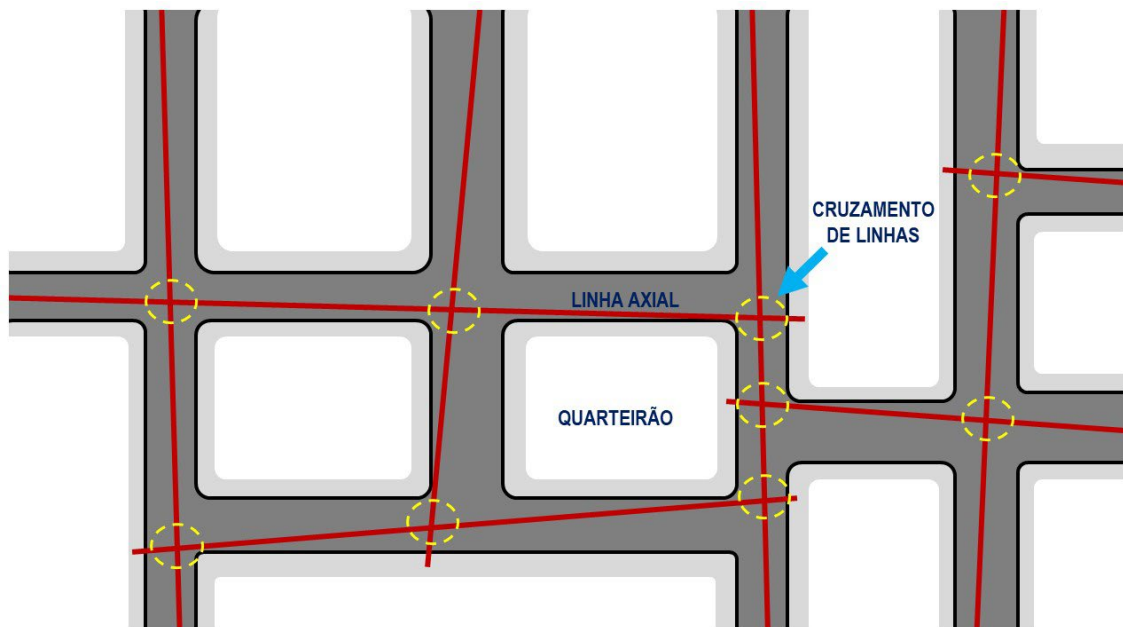


Figura 35: Esquema de linhas axiais marcadas, mostrando os cruzamentos dos eixos, que resultarão no fracionamento em segmentos. Fonte: Elaborado pela Autora.



Figura 36: Exemplo de mapa de segmentos gerado a partir de um mapa axial: cada cruzamento de linha gera um segmento. Fonte: Elaborado pela Autora.

Como ocorre com o mapa axial, ao ser processado, as variáveis oriundas do mapa de segmento também podem ser apresentadas em escala cromática, permitindo interpretações visuais do espaço urbano. A Figura 37 mostra o bairro São Cristóvão, em Teresina (PI), representado como mapa axial (à esquerda) e mapa de segmentos (à direita).

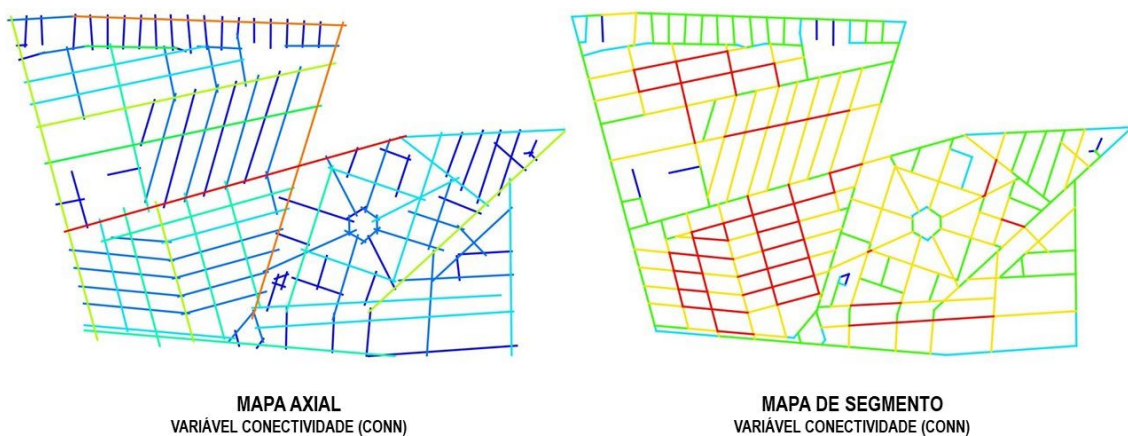


Figura 37: Mapa axial (esquerda) e mapa de segmentos (direita) do bairro São Cristóvão (Teresina - PI), na variável conectividade: é possível observar a diferença entre eixos (linhas completas) e segmentos (porções das linhas).

Fonte: Elaborado pela Autora.

4.3.1. VARIÁVEIS DA SINTAXE ESPACIAL

Os resultados do processamento da representação linear em mapa axial e este em mapa de segmentos fornecem um conjunto de variáveis geométricas e topológicas que permitem ler o espaço urbano. As variáveis geométricas dão indícios sobre dimensões, escalas e adensamento. As variáveis topológicas permitem a interpretação do aspecto relacional dos elementos constituintes da modelagem, informando de que forma eles interagem entre si (BARROS, 2014; COELHO, 2017; LOUREIRO, 2017). Dentre as variáveis configuracionais¹⁹¹, as que serão utilizadas nesta pesquisa são:

A) Variáveis Geométricas:

- **Área do sistema:** medida em quilômetro quadrado (km²), corresponde ao polígono que delimita o sistema urbano analisado, permitindo, caso seja acompanhada por um determinado período, identificar expansões ou supressões de áreas diacronicamente;
- **Quantidade de linhas ou número total de eixos:** corresponde ao número total de linhas que existem no sistema, o que expressa ordem de grandeza;
- **Comprimento total das linhas:** fornece a informação do comprimento total de todas as linhas do sistema (em km), possibilitando o cálculo do comprimento médio dos caminhos existentes na modelagem;
- **Tamanho médio dos eixos:** média do tamanho dos eixos (em m), o que pode ser associado ao tamanho médio de ruas;
- **Compacidade:** a compacidade é uma variável obtida a partir de duas outras medidas. No caso da análise configuracional, podem ser calculados dois tipos:
 - **Compacidade A (nº linhas/km²):** corresponde ao número de linhas dividido pela área total do sistema. Da compacidade A, podemos verificar o quanto o sistema é compacto (muitas linhas por quilômetro quadrado) ou disperso (poucas linhas por quilômetro quadrado);
 - **Compacidade B (km/km²):** obtida pela divisão entre o comprimento total das linhas e a área total do sistema. A compacidade B permite avaliar quantos quilômetros de caminho existem por quilômetro quadrado, o que também contribui para a interpretação do grau de compactação de um sistema;

¹⁹¹ As referências para essa descrição são: Holanda (2002); Medeiros (2013); Barros (2014); Loureiro (2017); Coelho (2017).

- **Número de segmentos:** quantidade total de segmentos¹⁹² que existe no sistema. Loureiro (2017) observa que relacionar o número de segmentos com o número de eixos permite obter a proporção de segmentos por eixo, o que aponta o grau de regularidade da malha.
- **Tamanho médio dos segmentos:** média de comprimento dos segmentos, o que pode ser associado ao tamanho médio da face dos quarteirões;

B) Variáveis topológicas:

- **Integração global (INT):** é a distância topológica de uma linha às demais que compõem o sistema analisado. Trata-se de uma medida de centralidade pois indica quais linhas são mais fáceis de serem alcançadas a partir das outras. O conjunto de linhas “mais fáceis de serem alcançadas” tendem a coincidir com centros urbanos ativos, que concentram atividades que se beneficiam da potencialidade de movimento, como comércio e serviços;
- **Integração local (INTr3):** distância topológica de uma linha às demais do sistema, conforme explicado no item anterior, porém, com limite de mudanças de direção indicado pelo raio (por exemplo, o raio 3). Refere-se ao potencial de atração de fluxo e movimento ante as vias do entorno imediato e permite identificar possíveis centralidades em nível local;
- **Conectividade (CONN):** variável que indica a quantidade média de conexões existentes entre as linhas de um sistema, permitindo verificar a disponibilidade de rotas e trajetos para deslocamento – quanto maior a conectividade, mais possibilidades de percurso existem, o que fará o sistema ser mais acessível. Importante observar que traçados retilíneos de vias urbanas apresentam altos valores de conectividade.
- **Inteligibilidade:** variável obtida pela associação de duas outras, a integração global (INT_{hh}) e a conectividade (CONN). Permite ver a legibilidade, ou seja, quão fácil é a orientação dentro de um sistema, já que quanto maior seu valor, mais a expectativa de que linhas mais conectadas sejam mais integradas é atendida;
- **NACH (“Normalized Choice” - escolha angular normalizada):** obtida a partir do mapa de segmentos, compreende a medida normalizada da escolha, relacionada à rede de distribuição de caminhos do sistema a partir da análise angular global. Indica o quanto um caminho tende a ser utilizado, mostrando os trajetos mais percorridos, por isso se mostra relevante na observação da hierarquia viária.
- **NAIN (“Normalized Integration” - integração angular normalizada):** obtida a partir do mapa de segmentos, consiste na medida normalizada da integração global, relacionada à

¹⁹² Lembrando que a quantidade de segmentos é diretamente relacionada com a dimensão de quadras (LOUREIRO, 2017).

centralidades. É lida a partir do menor caminho angular, ou seja, aquele que apresenta o menor ângulo de mudança de direção para ser percorrido.

4.4. CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

As variáveis obtidas através da análise sintática do espaço urbano serão lidas como uma “camada de ligação” entre os resultados obtidos pela morfologia urbana e pelo metabolismo urbano, utilizando variáveis configuracionais tanto geométricas quanto topológicas. A escolha da Sintaxe Espacial como camada de ligação se dá pelo seu foco nas vias de circulação, que funciona como meio de fluxo, tendo influência tanto nos aspectos morfológicos escolhidos como nos aspectos metabólicos. Dessa forma, entendemos ser possível relacionar os dados configuracionais com consumo, estoques e geração de resíduos, indicando se existe correlação entre eles.

Os resultados de uma análise sintática são apresentados em mapa com linhas em escala de cores que variam do vermelho (cor mais quente) ao azul (cor mais fria), sendo que quanto mais quente a cor da linha, maior o valor da variável analisada. A Figura 38 e a Figura 39 são exemplos de mapas axiais de integração global e conectividade, respectivamente, onde é possível verificar visualmente, pelas cores, quais linhas se destacam no sistema (apresentam os valores mais elevados).

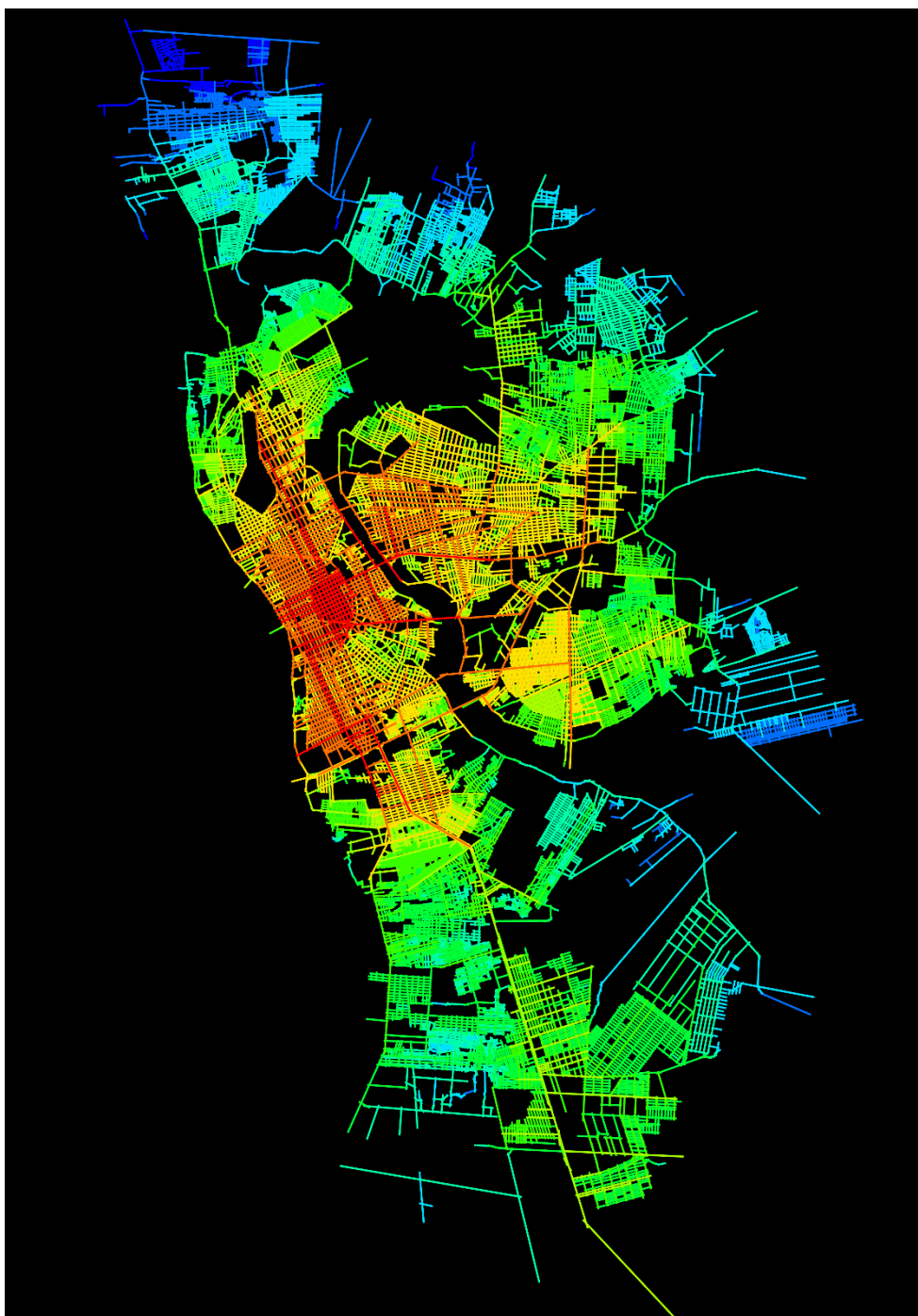


Figura 38: Mapa de integração global (INThh) de Teresina. O Centro (marcado) aparece como região mais integrada, o que atesta sua importância configuracional diante do sistema urbano completo – este é um claro exemplo de como o potencial obtido pelas modelagens configuracionais corresponde à realidade. Fonte: (ADÃO, MEDEIROS e HOLANDA, 2019).

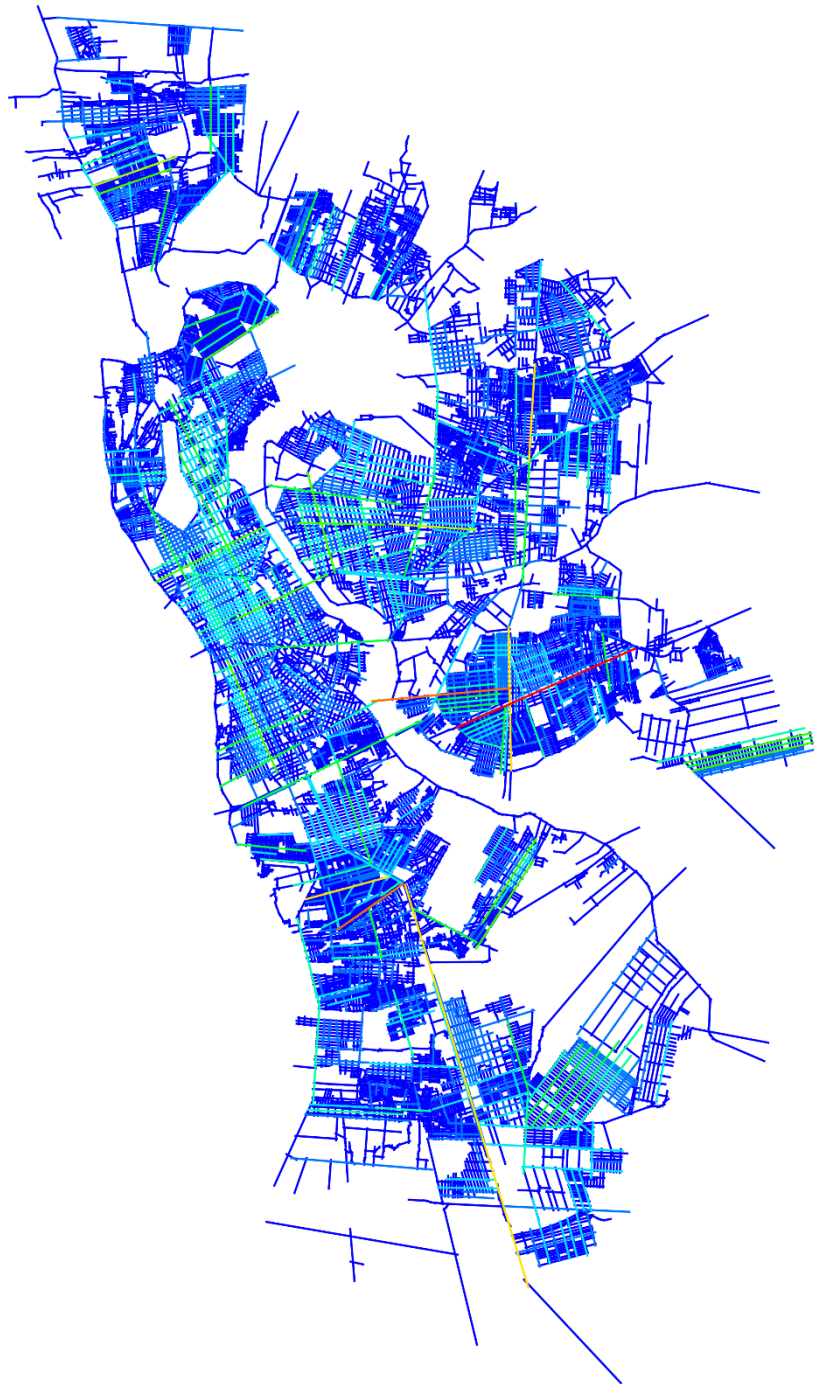


Figura 39: Mapa de conectividade (CONN) da cidade de Teresina (PI) no ano de 2018.
Fonte: Elaborado pela Autora.

5. TERESINA, UMA LEITURA GLOBAL E LOCAL

Segundo Ortiz Uribe (2003), o estudo de caso (método monográfico) é uma técnica de investigação qualitativa com foco em questões que especificamente podem ser conhecidas através do caso estudado. Para responder à nossa questão de pesquisa, a respeito do vínculo entre forma urbana e metabolismo urbano na investigação sistêmica da cidade, entendemos que a utilização de um estudo de caso é uma estratégia eficiente que nos permite compreender a relação entre os dois temas através das abordagens escolhidas: Sintaxe Espacial e Pegada Ecológica.

De acordo com Aragão e Neta (2017), o estudo de caso possibilita o entendimento dos fatos a partir de um caso isolado ou de pequenos grupos, já que parte do princípio de que o caso estudado em profundidade seja representativo de diversos outros casos semelhantes. No caso de nossa pesquisa, a cidade selecionada como estudo de caso para a pesquisa é Teresina (Figura 40), capital do Estado do Piauí. A escolha se deu, fundamentalmente, por consistir na primeira capital planejada do Brasil, projetada sob as orientações barrocas da Carta Régia de 1761. Teresina é a única capital de Estado nordestino que não se localiza no litoral, o que a aproxima de diversas outras estruturas nacionais. Trata-se de uma cidade com pouco menos de 900.000 habitantes, cujo apogeu do crescimento se deu durante a segunda metade do século XX, quando instaurou-se no país a política habitacional promovida pelo Banco Nacional de Habitação, histórico semelhante a grande parte das cidades brasileiras.

Nossa investigação se deu em dois níveis, um global, no qual foi realizada uma leitura do tecido urbano como um todo, e um local, onde foram estudados recortes com representações significativas do tecido urbano. Em nível local, utilizamos como base para esta pesquisa a amostra selecionada por Sousa (2018), que corresponde a uma representação da diversidade das características urbanas e socioeconômicas da cidade de Teresina.

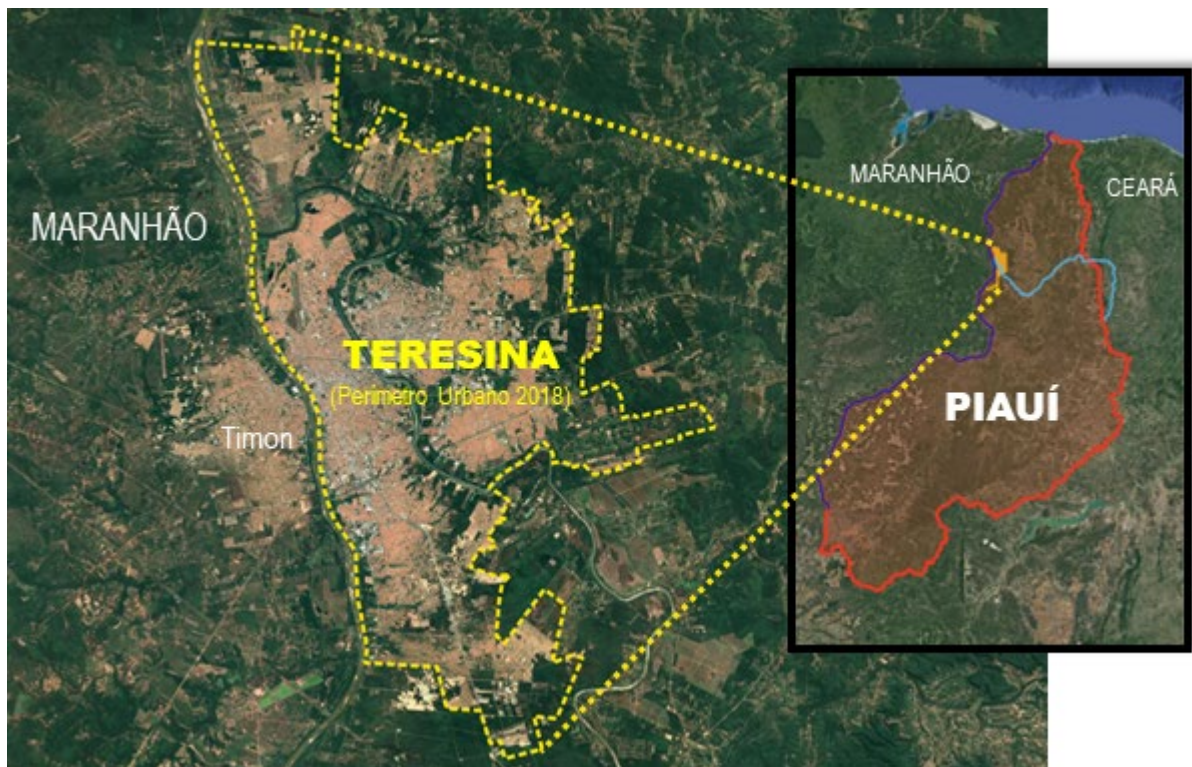


Figura 40: Localização da cidade de Teresina no mapa do Estado do Piauí. Fonte: Elaborado pela autora.

5.1. LEITURA GLOBAL: A CIDADE

Teresina é capital do Estado do Piauí, situado na região Nordeste do Brasil, às margens do Rio Parnaíba¹⁹³, na transição entre os biomas do Cerrado, da Caatinga e da Amazônia¹⁹⁴. A população local, estimada para 2021, é de 871.126 habitantes¹⁹⁵; o PIB per capita¹⁹⁶ alcança R\$ 25.458,50, enquanto o IDH¹⁹⁷ atinge 0,751, classificado como médio. É a sede da Região Integrada de Desenvolvimento Econômico (RIDE) Polo Grande Teresina, composta por mais 12 Municípios¹⁹⁸ do Piauí e do Maranhão. Com forte vocação para a prestação de serviços (51,72% do PIB), a cidade tem a maior parte da população trabalhando no setor público – a Administração Pública

¹⁹³ Na região chamada Médio Parnaíba, na confluência com o rio Poti (ANDRADE, 2016).

¹⁹⁴ Segundo Andrade (2016), estar numa zona de transição possibilita a existência de singularidades físicas expressas na vegetação, através da Mata dos Cocais, e permite a existência de ilhas de paisagens.

¹⁹⁵ No último Censo (2010), a população municipal era de 814.230 habitantes (IBGE, 2022).

¹⁹⁶ Valor referente a 2019, o que coloca o município na posição nacional de 1.830º (IBGE, 2022).

¹⁹⁷ Referente a 2010 (IBGE, 2022).

¹⁹⁸ A RIDE do Polo Grande Teresina foi criada pela Lei Complementar nº. 112, de 19 de setembro de 2001, regulamentada pelo Decreto nº. 4.367, de 09 de setembro de 2002 e atualizada pelo Decreto nº. 10.129, de 25 de novembro de 2019. Os outros municípios que a compõem, atualmente, são: Altos, Beneditinos, Coivaras, Curralinhos, Demerval Lobão, José de Freitas, Lagoa Alegre, Lagoa do Piauí, Miguel Leão, Monsenhor Gil, União e o município maranhense de Timon. Os municípios de Pau D'Arco e Nazária não fazem mais parte da RIDE.

sempre teve um papel fundamental no desenvolvimento local, inclusive no investimento em melhorias urbanas, a se conformar como principal empregador.

No ano 2000, com objetivo de descentralização administrativa, foram criadas as Superintendências de Desenvolvimento em Teresina¹⁹⁹, vinculadas à Secretaria de Planejamento (SEMPPLAN) da Prefeitura Municipal, sendo uma Rural (Superintendência de Desenvolvimento Rural – SDR) e quatro Urbanas, chamadas de SDUs, que fracionam a sede municipal em 4 regiões: Centro-Norte (38 bairros²⁰⁰ localizados a norte do Centro e a oeste do Rio Poti), Sul (36 bairros dispostos ao sul do bairro Centro, e a oeste do Rio Poti), Leste (29 bairros a leste do rio Poti e a norte da avenida João XXIII, exceto por 3 deles) e Sudeste (19 bairros localizados a leste do rio Poti e ao sul da avenida Frei Serafim, exceto por 3 deles que integram a SDU Leste).

No ano de 2021, com a Lei Complementar nº. 5.566, as SDUs foram renomeadas para Superintendências de Ações Administrativas Descentralizadas – SAADs e os bairros foram redistribuídos em agora 5 regiões (Figura 41):

- **SAAD Centro:** conta com 16 bairros – Acarape, Aeroporto, Cabral, Centro, Frei Serafim, Ilhotas, Mafuá, Marquês, Matadouro, Matinha, Morro da Esperança, Nova Brasília, Parque Alvorada, Pirajá, Porenquanto, Primavera, Real Copagre, São Joaquim e Vila Operária.
- **SAAD Norte:** conta com 20 bairros – Água Mineral, Alegre, Alto Alegre, Aroeiras, Bom Jesus, Buenos Aires, Chapadinha, Embrapa, Itaperu, Jacinta Andrade, Mafrense, Memorare, Mocambinho, Monte Verde, Olarias, Parque Brasil, Poti Velho, Santa Maria, Santa Rosa e Vila São Francisco.
- **SAAD Sul:** são 35 bairros ao todo – Angélica, Angelim, Areias, Bela Vista, Brasilar, Catarina, Cidade Nova, Cristo Rei, Distrito Industrial, Esplanada, Lourival Parente, Macaúba, Monte Castelo, Morada Nova, Nossa Senhora das Graças, Parque Jacinta, Parque Juliana, Parque Piauí, Parque São João, Parque Sul, Pedra Miúda, Piçarra, Pio XII, Portal da Alegria, Redenção, Saci, Santa Cruz, Santa Luzia, Santo Antônio, São Lourenço, São Pedro, Tabuleta, Três Andares, Triunfo e Vermelha.
- **SAAD Leste:** são 28 bairros – Árvores Verdes, Campestre, Cidade Jardim, Horto, Ininga, Jóquei, Morada do Sol, Morros, Noivos, Novo Uruguai, Pedra Mole, Piçarreira, Planalto, Porto do Centro, Recanto das Palmeiras, Samapi, Santa Isabel, Santa Lia, São Cristóvão, São João, Satélite, Socopo, Uruguai, Tabajaras, Vale do Gavião, Vale Quem Tem, Verde Lar e Zoobotânico.

¹⁹⁹ Leis Nº 2.960 e 2.965, de 26 de dezembro de 2000.

²⁰⁰ O bairro Piçarra é um caso à parte, porque pertence tanto à SDU Centro-Norte quanto à SDU Sul, dependendo da área.

- **SAAD Sudeste:** constam 19 bairros ao todo – Beira Rio, Bom Princípio, Colorado, Comprida, Extrema, Flor do Campo, Gurupi, Itararé, Livramento, Novo Horizonte, Parque Ideal, Parque Poti, Redonda, Renascença, São Raimundo, São Sebastião, Tancredo Neves, Todos os Santos e Verdecap.



Figura 41: Divisão atual de bairros de Teresina por Superintendências de Ações Administrativas Descentralizadas – SAADs. Fonte: Site da SEMPLAN (TERESINA, 2022).

Segundo Andrade (2016), o crescimento de Teresina tem sido rápido e fugaz, com prioridade para a expansão horizontal (Figura 42), o que provoca alterações em seu perímetro urbano (expansão), aumentando o fluxo de pessoas, de mercadorias, a construção de mais edificações, o uso de tecnologia, a pavimentação asfáltica. Esta dinâmica gera, conseqüentemente, transformações de cunho espaço-ambiental na vegetação nativa, relevo e hidrografia, mudando a qualidade do ambiente natural e construído. Tais características devem ser observadas com mais atenção, já que, por sua localização geográfica, a cidade possui características climáticas peculiares com elevadas temperaturas²⁰¹ e dispersão de sua forma construída (ANDRADE, 2016).



Figura 42: Vista aérea de Teresina, com destaque para o Rio Poti, ao Centro da imagem.
Fonte: <http://capitaisbr.blogspot.com/p/teresina-piaui.html>

²⁰¹ De acordo com Andrade (2016), os fatores climáticos naturais fundamentais que contribuem para as altas temperaturas teresinenses são: radiação solar, bastante expressiva na capital; latitude, devido à sua proximidade com a Linha do Equador, local de maior incidência solar no planeta; altitude de no máximo 130m acima do nível do mar, o que interfere no comportamento da pressão, dos ventos e da temperatura ambiente; vegetação, que interfere na umidade do ar, irradiação solar e temperatura no ar nas proximidades das superfícies; corpos d'água naturais, com destaque especial para os dois rios; e, por fim, a topografia, que afeta diretamente o padrão da temperatura do ar, produzindo microclimas. Também, segundo o autor, é importante levar em conta os fatores antrópicos, que são aqueles diretamente relacionados aos processos de urbanização e à vida humana nas cidades, como volume edificado, traçado urbano, impermeabilidade do solo e atividades humanas na cidade (ANDRADE, 2016).

5.2. LEITURA GLOBAL: HISTÓRICO DA EXPANSÃO URBANA

As origens coloniais do território da futura cidade de Teresina têm início no ano de 1758, quando é criada a capitania de São José do Piauí a partir da capitania do Maranhão, visando a manutenção da ocupação do sertão nordestino pela Coroa Portuguesa. Como capital, é escolhida a Vila do Mocha (elevada a cidade de Oeiras, a partir da *Carta Régia* de 1761), então ponto alto da economia sertaneja por ser entroncamento de caminhos interioranos do gado no epicentro nordestino. Porém, com o declínio da economia gadeira e a ascensão da agricultura algodoeira no cenário nacional, a cidade de Oeiras pouco evolui, o que faz com que as autoridades decidam transferir a capital, buscando a revitalização do quadro econômico do território (ARRAES, 2012).

Em 1852, é escolhida a localização da nova capital do Piauí para a implantação d'*a quadriculada Teresina*²⁰² que, recém-criada, ainda obedece na sua formação aos princípios barrocos da *Carta Régia* de 1761²⁰³. O espaço escolhido para fundar a nova capital fica à margem direita do Rio Parnaíba, num patamar mais alto da *Chapada do Corisco*²⁰⁴, pouco antes da *Barra do Poti*²⁰⁵, local que abrigava a Vila do Poti, região de constante alagamento (LIMA, 2002). A localização da nova capital se mostra fundamental para o seu futuro desenvolvimento: estar à beira do rio Parnaíba favorece as relações comerciais diretas com o Maranhão, sobretudo com a cidade de Caxias, um importante polo econômico, evidenciando o poder de articulação regional adquirido²⁰⁶. Por ser implantada a cerca de 6,35 km da antiga vila²⁰⁷, o local fica conhecido como *Nova Vila do Poti* (Figura 43).

O local escolhido para a nova capital pertence à fazenda de gado (sesmaria) *Data Covas*, correspondendo a uma área de aproximadamente 43 km², com cerca de 100 quarteirões (Figura 44 e Figura 45) dispostos a maneira pombalina (em forma de grelha, com ruas implantadas simetricamente e cruzamentos em linha reta), com previsão para abrigar igrejas e praças, comércio e residências, prédios públicos e, mais afastados do perímetro urbano inicial, um cemitério, a cadeia e um poço (MOREIRA, 2016; SILVA, 2017).

²⁰² Arraes (2012, p. 397).

²⁰³ A Carta Régia de 19 de junho de 1761, que elevou a Vila do Mocha à categoria de cidade, estabelecia que o aglomerado urbano deveria ser construído a partir de ideais renascentistas e iluministas – a chamada “urbanização pombalina”, que teve como característica o cuidado com a organização espacial da cidade, refletida no traçado regular das vias, geometrização de um espaço previamente concebido e regras de composição de fachadas, visando atender a necessidades objetivas de ocupação territorial rápida, sem grande preocupação com uma possível expansão da malha urbana (CASTRO, 1999; MEDRANO, 2008).

²⁰⁴ O patamar, por ser um pouco mais alto, presumidamente estaria protegido das cheias. O local recebeu essa denominação por ser uma região com alta incidência de descargas elétricas em períodos chuvosos (LIMA, 2002).

²⁰⁵ Barra do Poti é o terraço fluvial que se forma no desague do Rio Poti sobre o Rio Parnaíba (LIMA, 2002). O local hoje é a atração turística teresinense: “Encontro dos Rios”.

²⁰⁶ Silva (2017).

²⁰⁷ Medido no Google Earth.

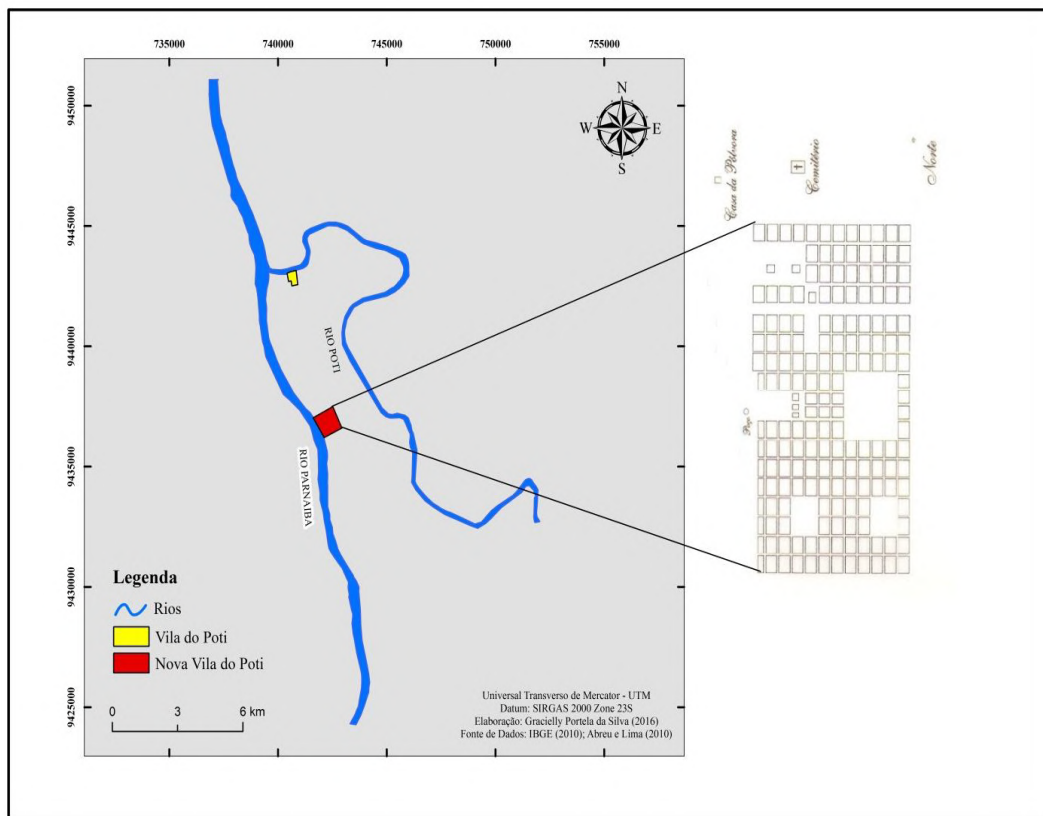


Figura 43: Mapa de localização da Nova Vila do Poti (1852 – em vermelho) em relação à antiga Vila do Poti (em amarelo). Fonte: Silva (2017, p. 40).



Figura 44: Plano original da cidade de Teresina, com a demarcação de praças e do Estádio Lindolfo Monteiro. Fonte: Braz e Silva (2012, p. 224).

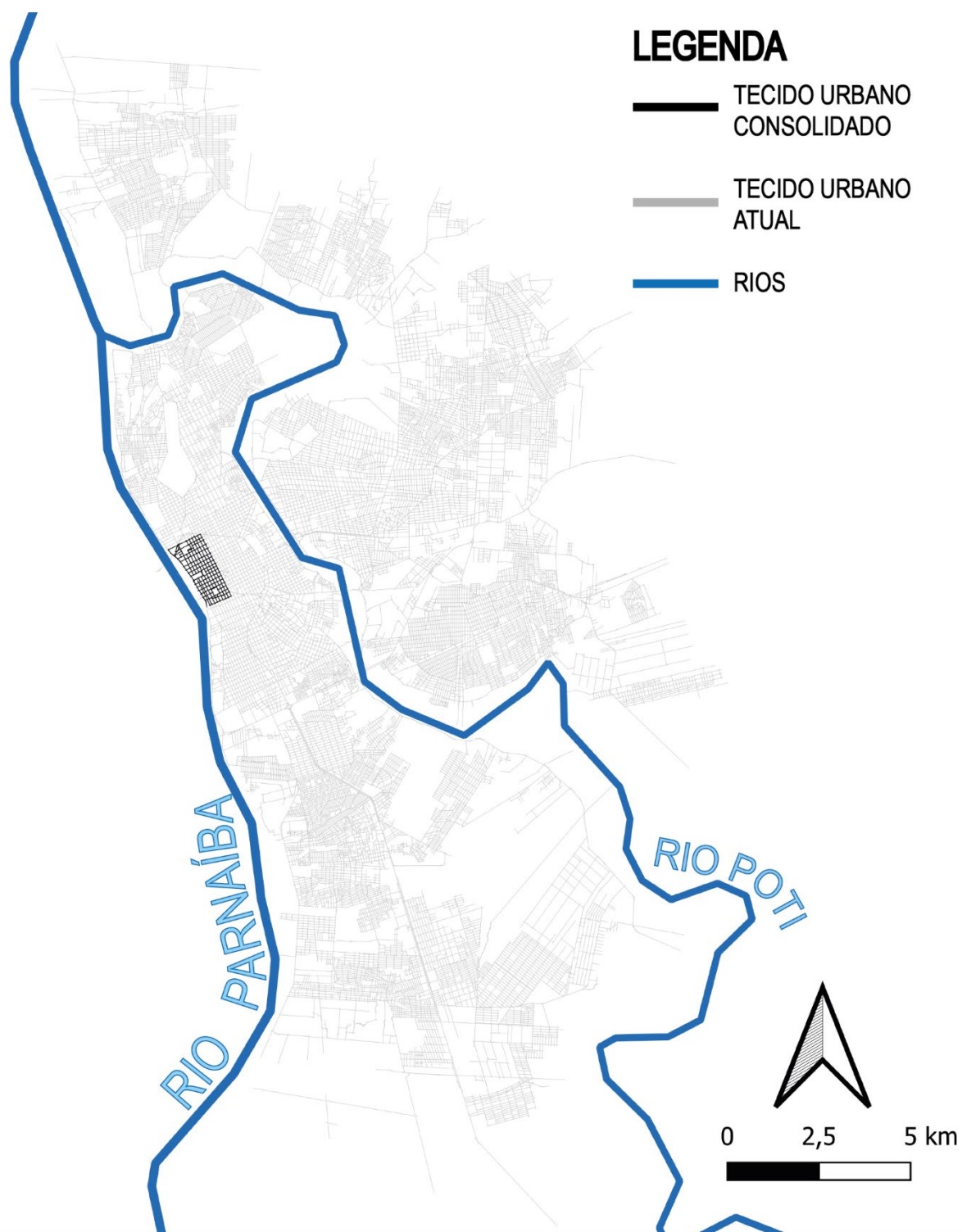


Figura 45: Mapa comparativo entre o tecido urbano de Teresina em 1852 e nos dias atuais. Fonte: Elaborado pela autora.

Segundo Moreira (1972, *apud* SILVA, 2017), a expansão de Teresina, num primeiro momento, dá-se lentamente, seguindo o traçado ortogonal ditado pelo plano original de Saraiva (Figura 46), até que o crescimento populacional da última década do século XIX impulsiona o tecido urbano para os sentidos Norte e Sul. O encontro com barreiras naturais, como o Riacho Barroco (posteriormente aterrado para dar lugar a Avenida José dos Santos e Silva) “quebra” o traçado xadrez da cidade, sendo o início de uma nova configuração. As famílias abastadas, que antes habitavam o Centro (núcleo original da cidade), agora se deslocam rumo ao leste com a abertura da Avenida Frei Serafim²⁰⁸ – futuramente esta será a via de ocupação do “lado de lá” do Rio Poti. Mesmo com os valores de crescimento populacional decaindo anualmente, o crescimento de Teresina prova-se constante e radial – em todas as direções.

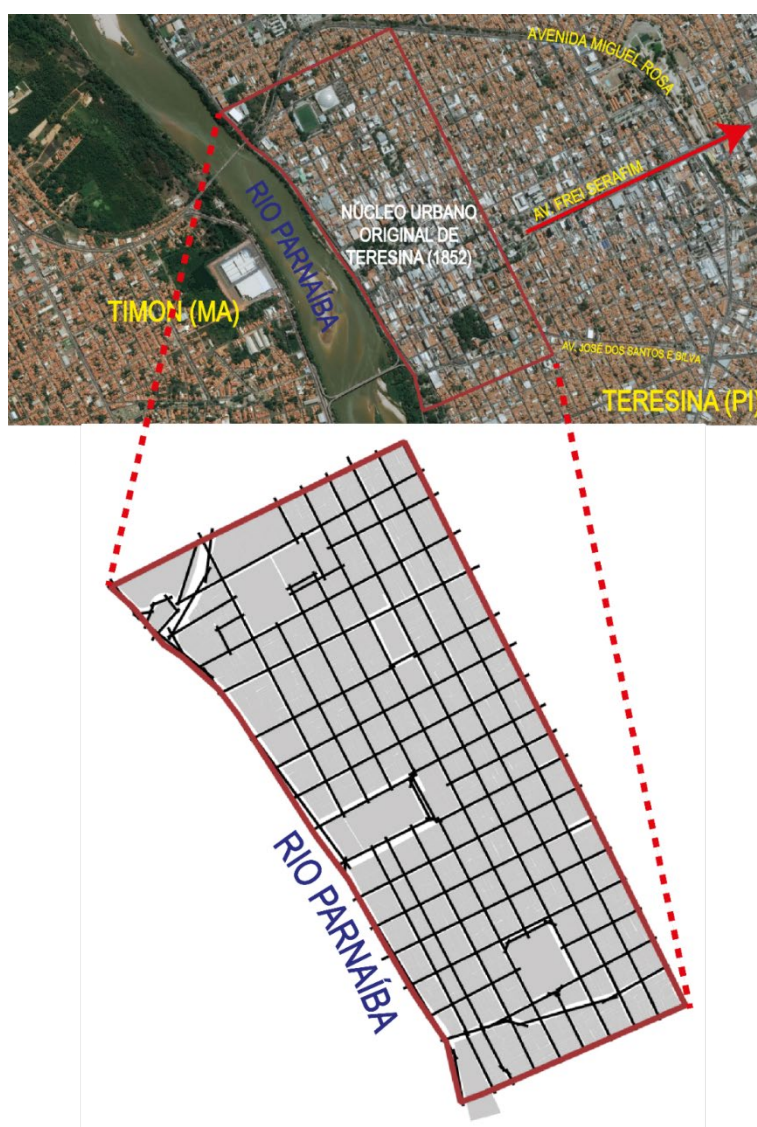


Figura 46: Marcação do núcleo original de Teresina (1852) e das principais avenidas que permitiram a expansão da malha urbana da cidade. É possível observar o aspecto reticulado da malha urbana original.
Fonte: Elaborado pela autora a partir de Braz e Silva (2012) e Silva (2017).

²⁰⁸ Castelo Branco (2012).

De acordo com Moreira (1972, *apud* SILVA, 2017) por quase 40 anos, a cidade de Teresina tem um crescimento compacto e lento, mantendo o formato xadrez do plano urbanístico inicial. Apenas a partir de 1889, quando passa a receber pessoas vindas do interior, a mancha urbana se expande, inicialmente no sentido norte, depois para o sul. Quanto aos serviços urbanos, até o início do século XX, não há na cidade água encanada para o abastecimento residencial²⁰⁹. Em 1905, é publicado o Código de Postura do Município que, além de tentar ensinar “bons modos” ao cidadão teresinense, busca aplacar a insalubridade urbana, regulamentando desde o destino dos resíduos sólidos até a comercialização de animais nos mercados. O primeiro grande problema a ser atacado pelo poder público, em 1907, é a falta de água²¹⁰, quando a Lei nº 445 instaura o serviço de abastecimento, embora atendendo apenas à parcela privilegiada da população que habita a área nobre da capital, pois se trata de um serviço oneroso que poucos têm como arcar com os custos – a maioria da população continua a se utilizar de chafarizes públicos, cargueiros de animais ou mesmo poços perfurados em seus próprios quintais (CASTELO BRANCO, 2012; MOREIRA, 2016). A Figura 47 e a Figura 48 expressam o tecido urbano de Teresina no ano de 1922, de acordo com Brito e Medeiros (2014).

²⁰⁹ Esse fato acabou por influenciar a tipologia de construções teresinenses, já que as casas eram construídas sem banheiro na parte interna da residência (MOREIRA, 2016).

²¹⁰ Segundo Castelo Branco (2012), o início do sistema de abastecimento se deu em 1906.

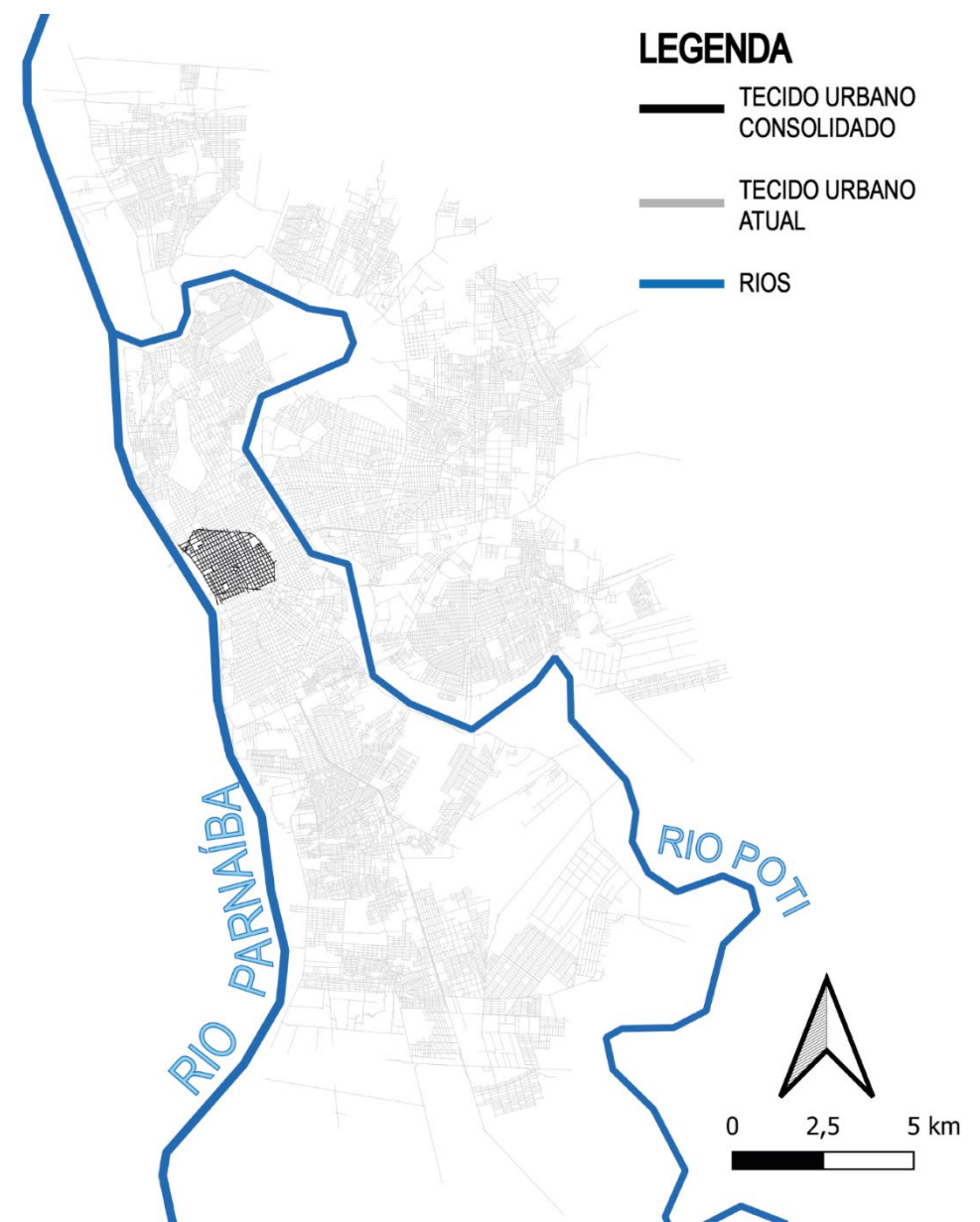


Figura 47: Mapa comparativo do tecido urbano de Teresina em 1922 e nos dias atuais. Fonte: Elaborado pela Autora.

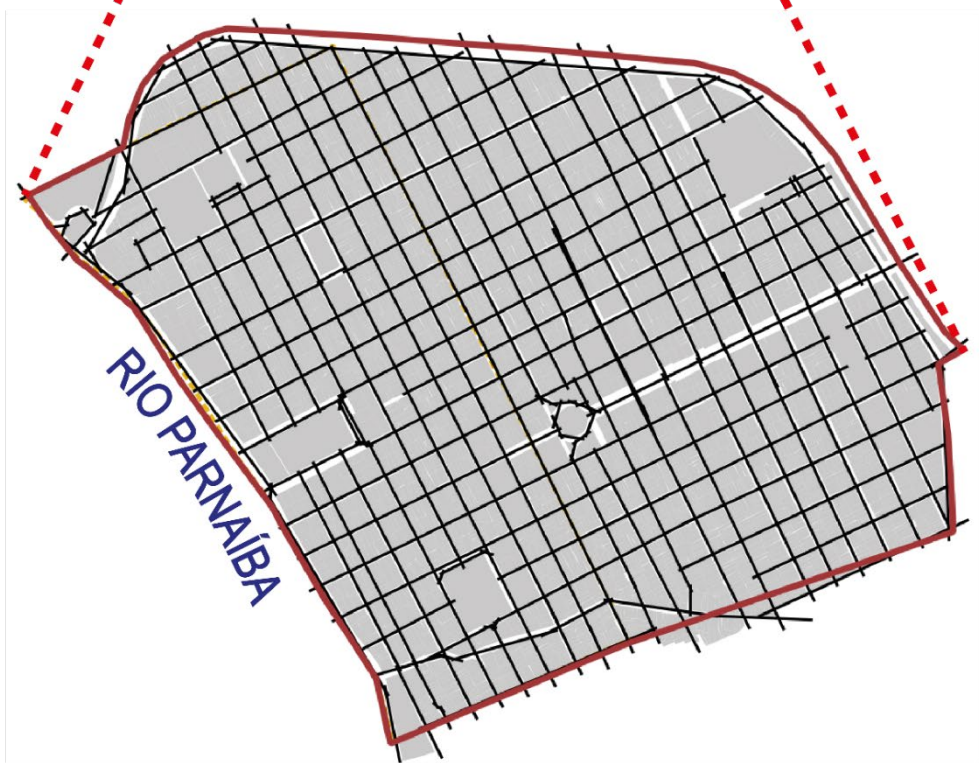
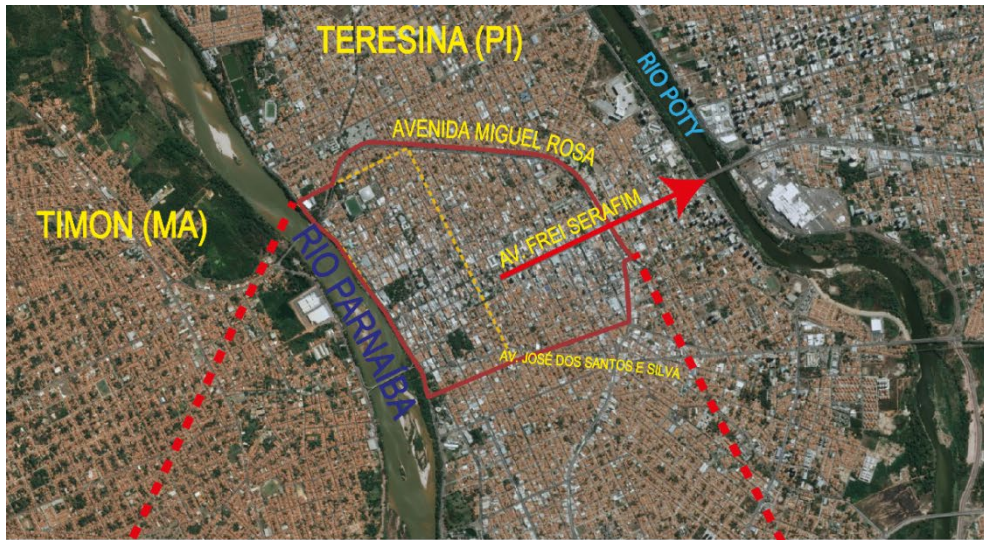


Figura 48: Núcleo urbano de Teresina no ano de 1922, limitado a norte e a leste pela Avenida Miguel Rosa, que acompanha a linha férrea. Fonte: Elaborado pela autora com base no estudo de Brito e Medeiros (2014).

Entre as décadas de 1920 e 1950, a cidade se consolida como polo administrativo com vocação para o comércio regional e a prestação de serviços, apesar de situar apenas as filiais das empresas importadoras, cujas matrizes ainda se localizam na cidade de Parnaíba²¹¹ (PI). Também nesse período, Teresina passa a se apresentar com forte tendência para a educação e para a saúde²¹² (CASTELO BRANCO, 2012).

Em 1939, é aprovado mais um Código de Posturas do município (Lei nº 54, de 3 de abril de 1939), com objetivo de melhorar o ambiente urbano de maneira geral a partir de medidas como a varredura diária das calçadas, exigência para que o lixo seja depositado em local estanque e fechado, para ser recolhido pela prefeitura, e multa para quem despeje suas águas sujas/servidas na via pública, em terrenos baldios ou na vizinhança (MOREIRA, 2016).

O crescimento urbano vertiginoso que assola o Brasil a partir da década de 1940 atinge, também, a cidade de Teresina. A expansão urbana vai incorporando sítios e fazendas do entorno ao perímetro urbano, a partir das ocupações espontâneas das margens das estradas, o que começa a “desfazer” o traçado antes regular e retilíneo²¹³ (Figura 49). Segundo Lima (2002), inicia-se, nesse período, a pavimentação dos “grotões” e “baixas”²¹⁴, sem, no entanto, se pensar no sistema de escoamento das águas.

Na década de 1940, quase $\frac{3}{4}$ das residências teresinenses não têm água encanada²¹⁵, de modo que os moradores precisam comprar água *in natura* do Rio Parnaíba, trazidas em depósitos por carroças²¹⁶. Em 1941, o então prefeito Luís Pires Chaves²¹⁷ torna público o Plano Regulador de Teresina²¹⁸, que estabelece diretrizes para sanar os problemas causados, segundo ele, pelo Plano Saraiva e já em ritmo de preparação da cidade para o centenário (em 1952). De acordo com Silva (2011, *apud* MOREIRA, 2016), os objetivos são:

- Alargamento progressivo das futuras vias, já que as do Centro, originais do Plano, com apenas 11m, não podiam ser alargadas àquela altura; as vias se tornam mão única a partir de então, o que permite o alargamento dos passeios para a implantação das redes de abastecimento.
- As quadras originais do Plano Saraiva, de 70mx70m e 90mx90m, resultam em número excessivo de cruzamentos, o que ocasiona acidentes, encarecimento dos gastos com a

²¹¹ Cidade do litoral piauiense.

²¹² Vocações que perduram até os dias de hoje – Teresina é polo educacional e de saúde regional e nacional.

²¹³ Lima (2002).

²¹⁴ Áreas mais baixas do sítio urbano, provocando a formação de lagoas – vale lembrar que Teresina se localiza entre os rios Poti e Parnaíba.

²¹⁵ No total, 5.789 residências (74,1%) não eram abastecidas por água (MOREIRA, 2016, p. 258).

²¹⁶ Ramos (2014, *apud* MOREIRA, 2016, p. 262).

²¹⁷ Ele era engenheiro e assumiu a prefeitura da cidade no ano de 1932 (MOREIRA, 2016).

²¹⁸ É desse período (1941-52) a implantação da Avenida Centenário (vetor de crescimento da Zona Norte de Teresina), a construção do Hospital Getúlio Vargas (na Avenida Frei Serafim) e a conclusão do Sanatório Meduna, que servia de hospedagem para visitantes ilustres enquanto o Hotel do Estado não ficava pronto (MOREIRA, 2016).

manutenção dessas vias e necessidade de maior extensão das redes de serviço (água, esgoto e energia elétrica).

- Remoção das antigas edificações de palha (que propagam incêndios rapidamente) e diretrizes para as novas áreas de expansão: uma praça central com 110m x 213m e quadras de, pelo menos, 100m x 100m; avenida central com 30m de largura e ruas com, no mínimo, 18m; além de um estádio e um grupo escolar.
- Arborização para prevenir a incidência solar e o calor²¹⁹.

Para Moreira (2016), o plano de 1941 mostra uma nova forma de planejar a cidade, no momento em que a rua foi o principal elemento de reestruturação urbana, propondo uma rede principal de vias e a definição de linhas de comunicação entre a área central e as áreas de expansão, com a divisão da cidade por zonas e alinhando o plano com as propostas urbanísticas vigentes na época: embelezamento e modernização²²⁰. Atenção especial é dada à Avenida Frei Serafim (Figura 50), que se torna o reduto das classes abastadas da cidade. Porém, apesar dos esforços, especialmente após o centenário da cidade (1952), a modernidade não acompanha o tamanho da capital, que tem serviços de infraestrutura precários (abastecimento de água, coleta de esgoto, energia elétrica etc.).

²¹⁹ Teresina está a cerca de 5° da Linha do Equador, com clima quente e temperaturas elevadas o ano inteiro.

²²⁰ É dessa época a obrigatoriedade de apresentar o projeto da futura construção à prefeitura, mostrando preocupação do poder público com o caráter estético das edificações (MOREIRA, 2016).

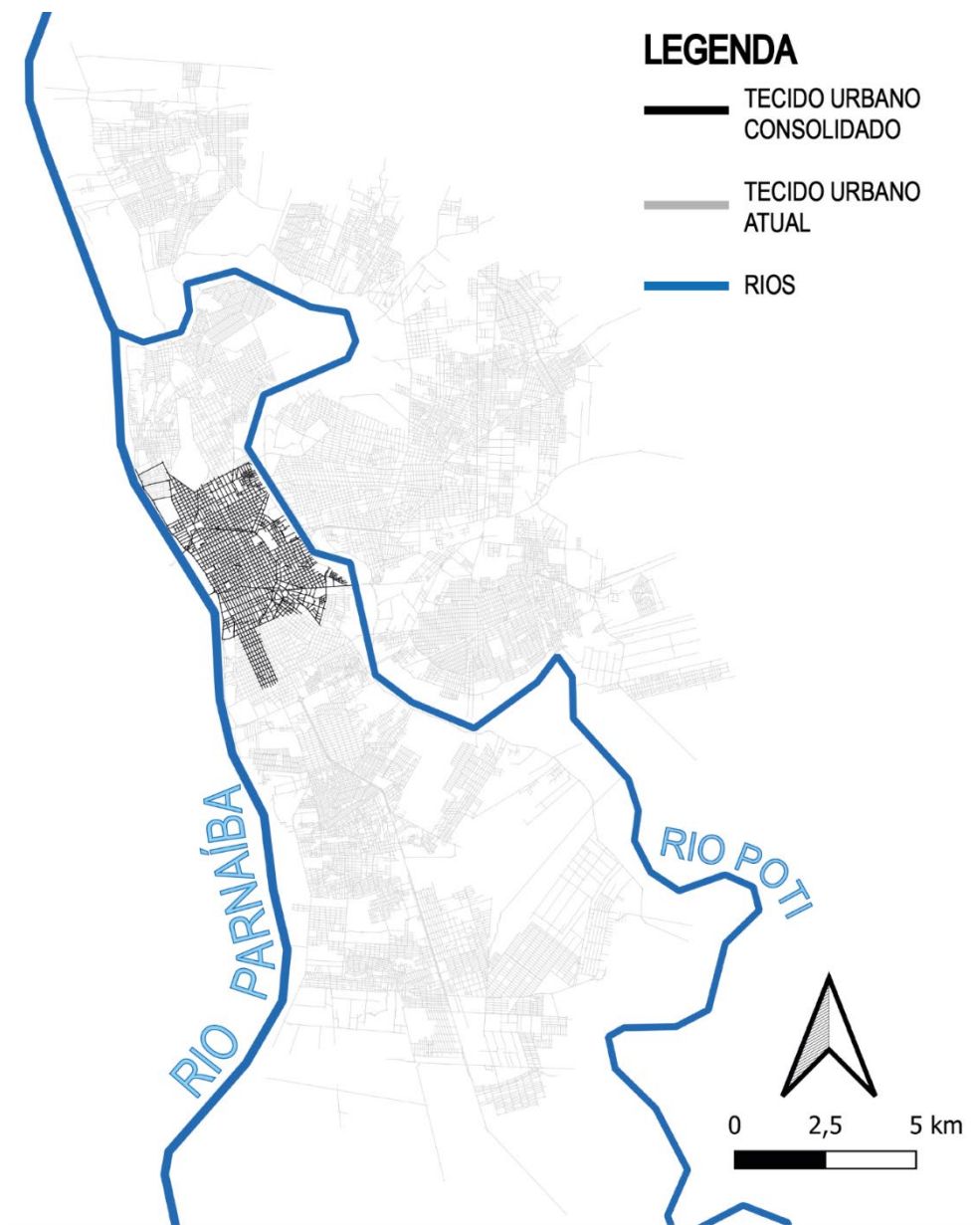


Figura 49: Mapa comparativo entre o tecido urbano de Teresina em 1952 e atualmente.
Fonte: Elaborado pela Autora.



Figura 50: Mancha urbana no início da década de 1950, com base nos estudos de Brito e Medeiros (2014) e Silva (2017). Fonte: Elaborado pela autora.

A partir de meados da década de 1950 se inicia a consolidação da ocupação da margem leste do Rio Poti, que viria a se tornar a futura Zona Leste de Teresina²²¹ (Figura 51). O processo começa no centenário da cidade (1952) com o empreendimento SOCOPO²²² – Cidade Jardim. No mesmo ano, em setembro, é implementado o Jóquei Clube do Piauí como opção de lazer para o teresinense (e prática de turfe). Em seguida, ocorre a implantação dos loteamentos²²³ Parque Ceará (hoje bairro Jóquei Clube) e Vila de Fátima (parte do atual bairro de Fátima), cada um com área de, aproximadamente, 6.400 m², o que causa o “deslocamento da riqueza”: as famílias mais ricas da cidade começam a estabelecer suas residências nesses novos loteamentos. Essas famílias, acompanhando as tendências católicas da sociedade piauiense, reclamam por um local para as práticas religiosas, o que faz iniciar, a partir de 1955-56, o processo de construção da Paróquia de Fátima²²⁴ (consolidada em 1963). No entanto, até então, o acesso à zona Leste da cidade se dá, desde 1936, por uma precária ponte de madeira sobre o Rio Poti, frequentemente derrubada por enchentes. No ano de 1957, é inaugurado o primeiro vão da Ponte Juscelino Kubitschek em concreto armado, que liga a Av. Frei Serafim à BR 343²²⁵ (Av. João XXIII), facilitando a consolidação da ocupação do “lado de lá” do rio Poti (CASTELO BRANCO, 2012). Também, a partir de 1959, se inicia o processo de aprovação da Construção do Aeroporto de Teresina, na Zona Norte da cidade (avenida Centenário), inaugurado no ano de 1967.

²²¹ A zona mais rica e abastada da cidade atualmente.

²²² Topônimo originado da expressão SOciedade COonstrutora do POTy (CASTELO BRANCO, 2012).

²²³ As quadras dos loteamentos eram quadradas, com cerca de 80 m de frente, divididas em 4 lotes de 1.600 m² cada. Os dois bairros formados a partir desses loteamentos são, hoje, os metros quadrados mais caros da cidade, correspondentes à Zona Residencial 3, cujo índice de aproveitamento é 2,5 – devido ao potencial construtivo, está em franca verticalização (CASTELO BRANCO, 2012).

²²⁴ A questão das igrejas é um ponto importante na formação do tecido urbano teresinense no século XX, aliás, toda a formação urbana piauiense (e nordestina) tem forte caráter católico.

²²⁵ Com as políticas nacionais de urbanização e industrialização, Teresina passou a se conectar com outras cidades e capitais nordestinas, tornando-se um polo atrator da população circunvizinha (ABREU, 1983, *apud* SILVA, 2017).

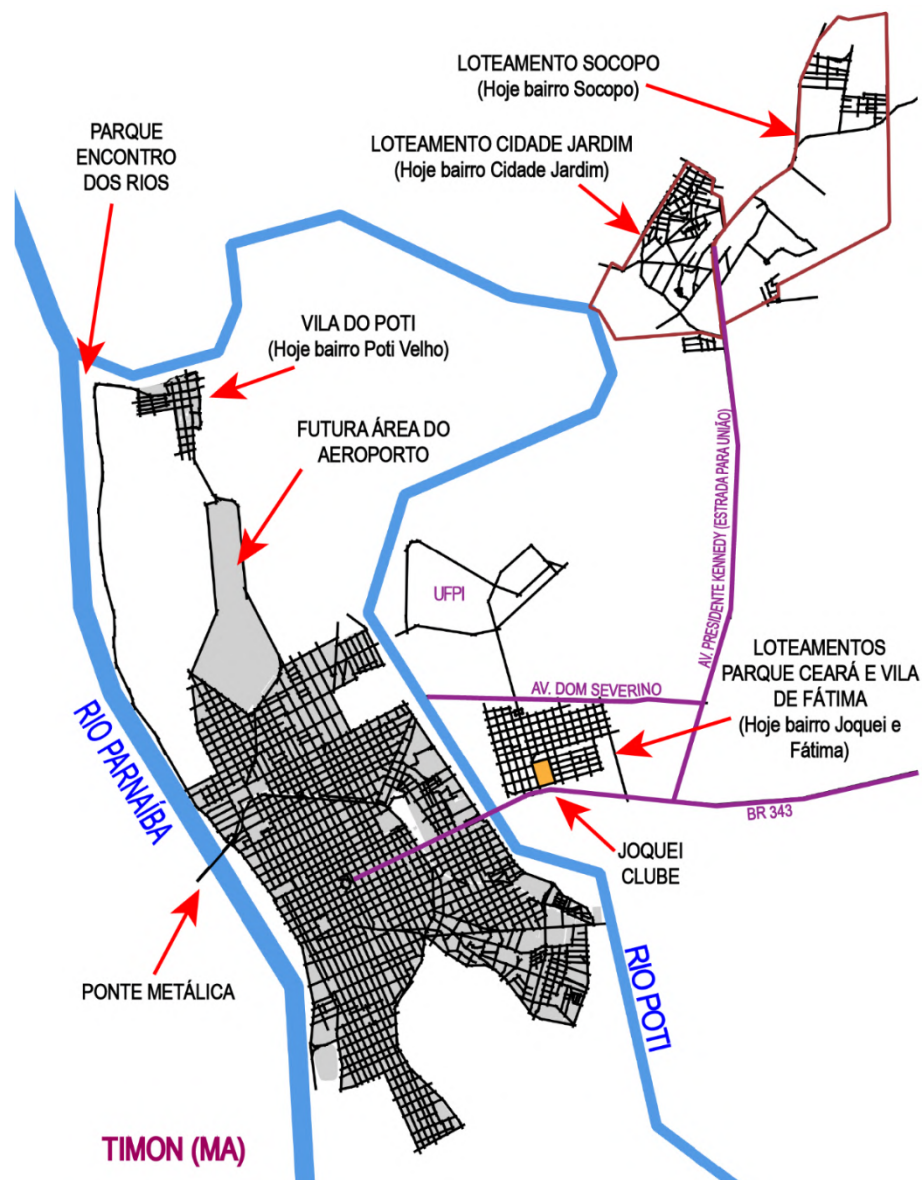


Figura 51: Mapa com marcações axiais das vias de Teresina no início dos anos 1960, baseado nas informações de Silva (2017) e Castelo Branco (2012). Fonte: Elaborado pela Autora.

Na década de 1960, é criada a Companhia de Habitação do Piauí (COHAB – PI) que, promovendo a política nacional do Banco Nacional de Habitação (BNH), intensifica a construção de conjuntos habitacionais na cidade. Os primeiros foram Tabuleta (1966 – 118 unidades), São Raimundo²²⁶ (1966 – 49 unidades) e Monte Castelo (1966 – 302 unidades). Em 1968, é implantado o Conjunto Habitacional Parque Piauí, na zona sul de Teresina, com 2.294 unidades e, mais tarde, em 1969, o Conjunto Primavera I, na Zona Norte (SILVA, 2017). A Figura 52 mostra a área do tecido urbano em que esses conjuntos são construídos.

²²⁶ Início da ocupação da Zona Sudeste de Teresina, presentemente a mais adensada.

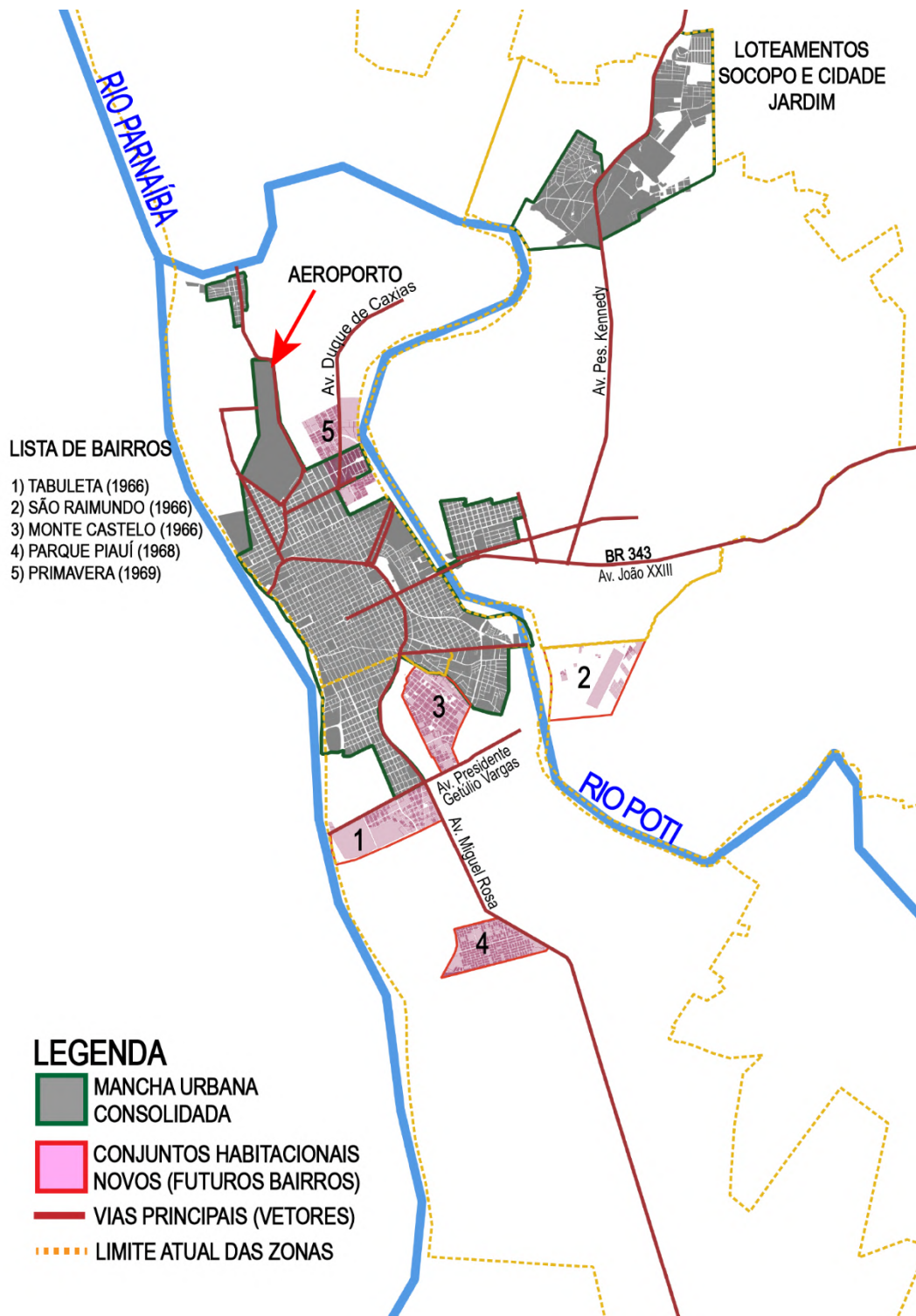


Figura 52: Conjuntos habitacionais construídos na década de 1960 (60-69), conforme registro de Silva (2017). Fonte: Elaborado pela autora.

Com as grandes mudanças ocorrendo em Teresina, no ano de 1969 é publicado o Plano de Desenvolvimento Local Integrado (PDLI), considerado o primeiro instrumento de planejamento urbano do município, contratado entre a Prefeitura de Teresina e a COPLAN (Construções e Planejamento) S.A., intermediado pelo Ministério do Interior, através do Serviço Federal de Habitação e Urbanismo (SEFHAU). O plano é dividido em 4 seções: diagnóstico, estratégias, ações e implementação (CASTELO BRANCO, 2012). Nesse período, o abastecimento de água de permanece bastante precário, tendo evoluído muito pouco desde sua implantação, no início do século. Apenas o centro da cidade e alguns bairros adjacentes (Pirajá, Vila Operária, Mafuá, Matinha, Marquês, Porenquanto, Piçarra e Monte Castelo) são cobertos pelo sistema de abastecimento.

De acordo com Castelo Branco (2012), o sistema frágil força a população, principalmente da Zona Leste, que começa a ocupar a margem leste do rio Poti, a captar água para consumo a partir do rio e por poços cacimbões²²⁷, solução que logo teve que ser substituída devido à contaminação do lençol freático por fossas/sumidouros, já que o sistema de coleta de efluentes só cobre o Centro e alguns bairros adjacentes.

Da década de 1970 em diante, a cidade se expande de maneira bastante intensa, principalmente a partir das implantações de conjuntos habitacionais²²⁸ (Figura 52), ora expandindo o tecido urbano, ora adensando-o – especialmente nas regiões sul e sudeste da capital. Destaque deve ser dado para o Conjunto Habitacional Mocambinho, na Zona Norte, que se dividiu em 4 fases²²⁹, e para os conjuntos residenciais Renascença (4 fases) e Dirceu Arcoverde²³⁰ (2 fases), na Zona Sudeste, que transformaram a menor zona na mais adensada. A Figura 53, a Figura 54 e a Figura 55 expressam a evolução do tecido urbano teresinense a partir dos empreendimentos.

²²⁷ O lençol freático, em Teresina, é pouco profundo, já que o sítio urbano se encontra numa região muito próxima de rios (CASTELO BRANCO, 2012)

²²⁸ Zonas Norte, Sul e Sudeste. A Zona Leste, devido ao alto poder aquisitivo dos seus moradores, acabou se expandindo a partir de loteamentos de médio e alto padrão – apenas na década de 1990 (em 1996) será implantado o primeiro conjunto habitacional, o Saturno I (que, mais tarde, junto com o empreendimento Saturno II, transforma-se no bairro Satélite).

²²⁹ As três primeiras foram na década de 1980 e a quarta, em meados dos anos 1990.

²³⁰ A Zona Sudeste é denominada popularmente de “Grande Dirceu”.

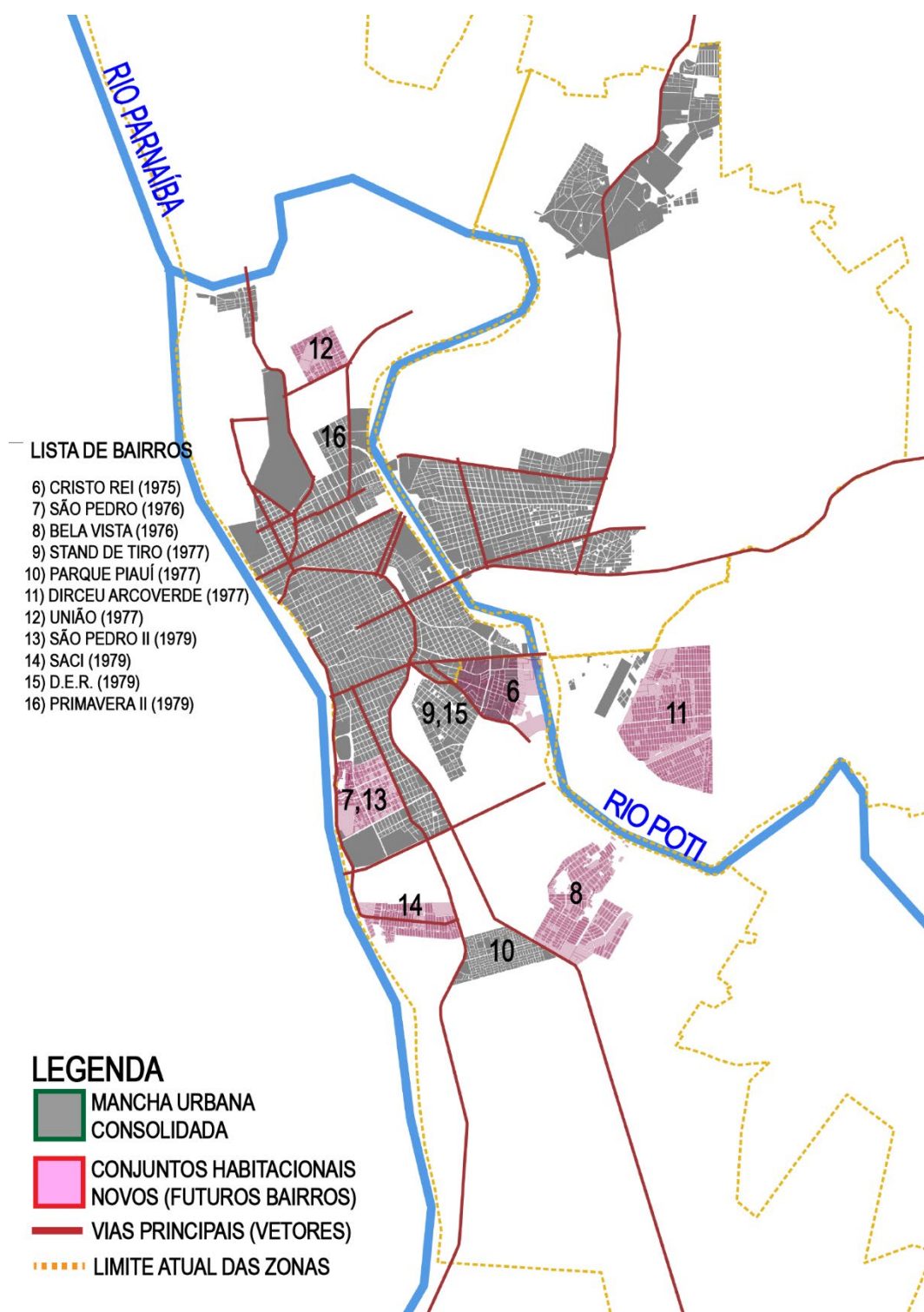


Figura 53: Conjuntos habitacionais construídos na década de 1970 (70-79), conforme registro de Silva (2017). Fonte: Elaborado pela autora.

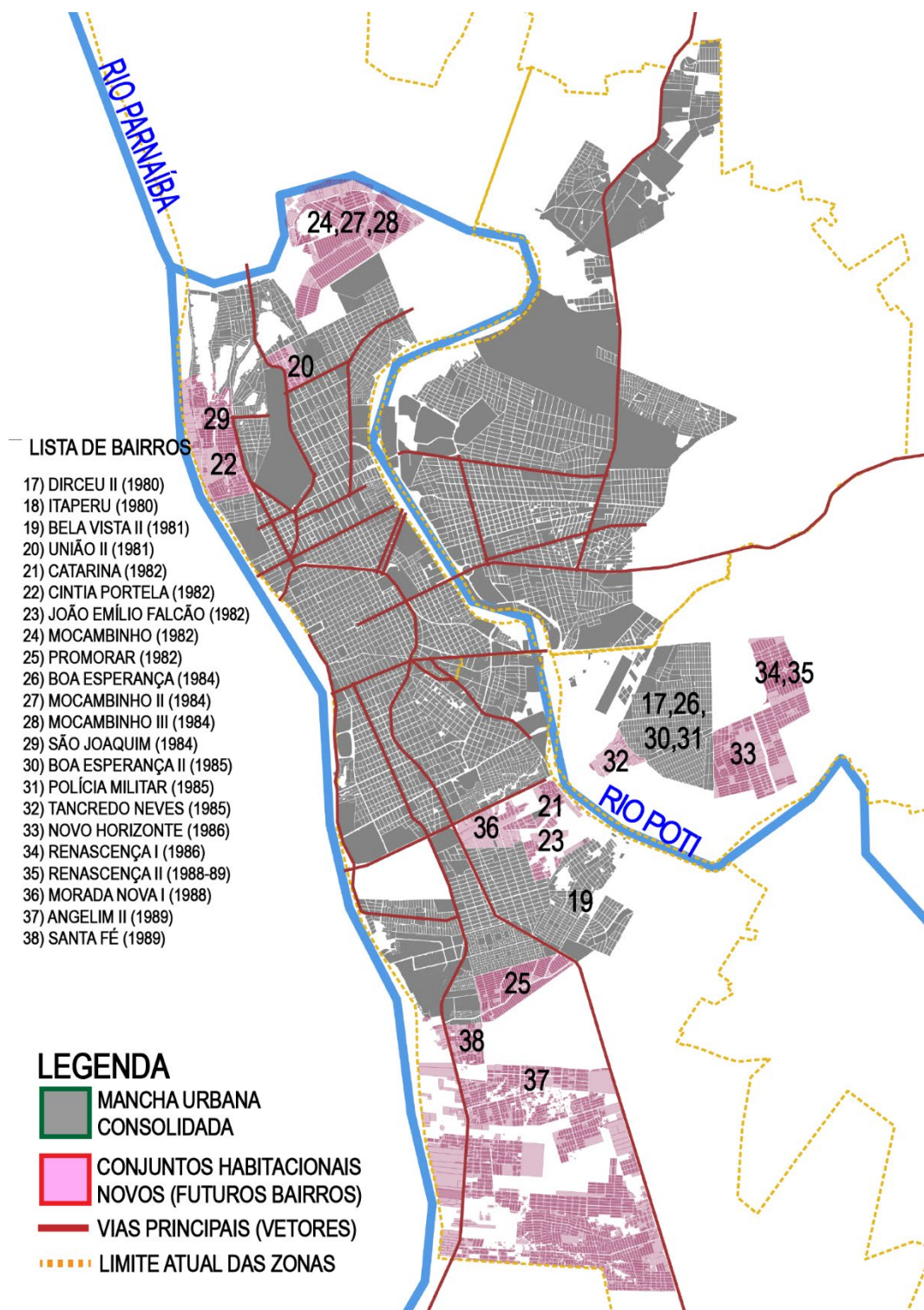


Figura 54: Conjuntos habitacionais construídos na década de 1980 (80-89), conforme registro de Silva (2017). Fonte: Elaborado pela autora.

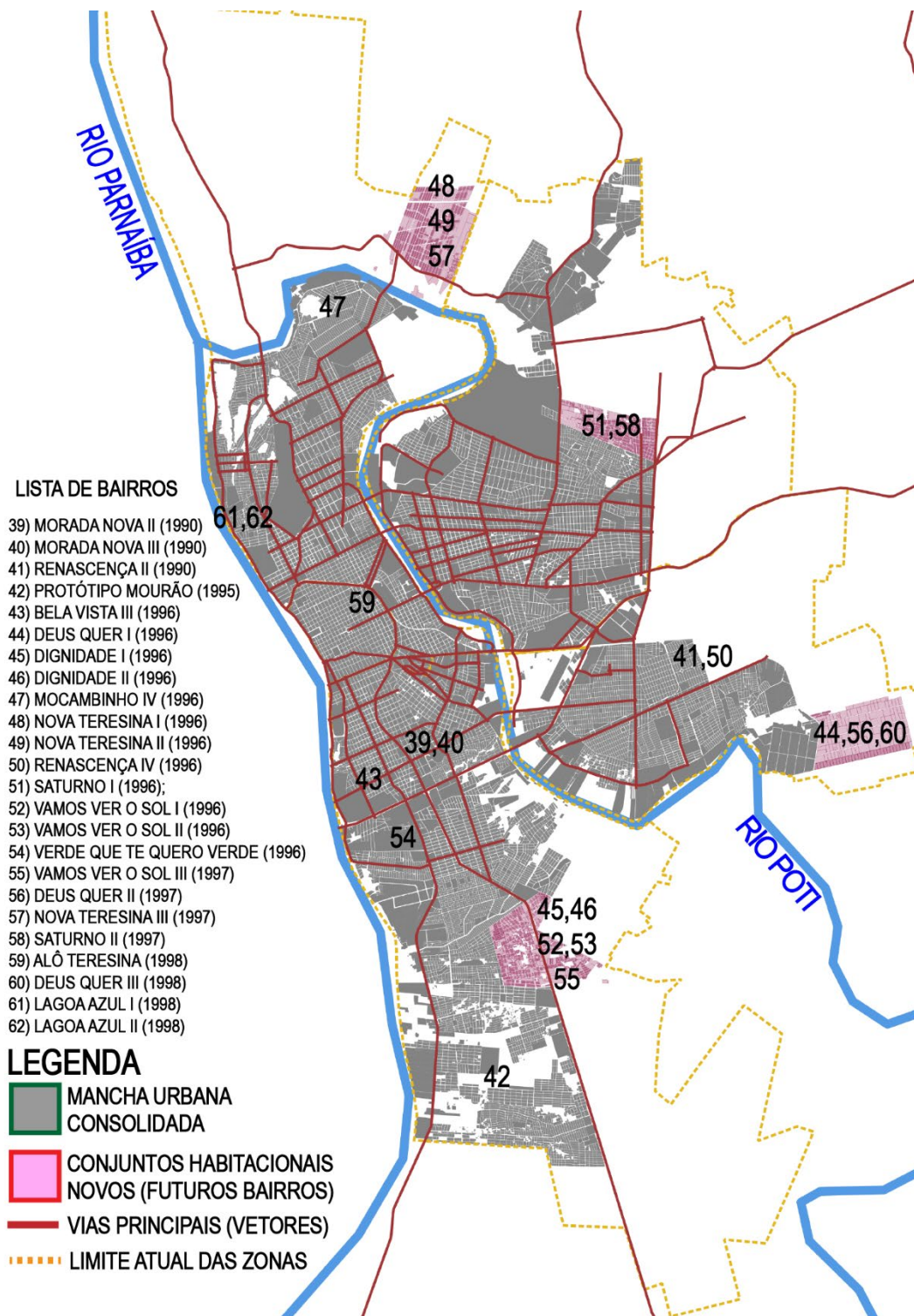


Figura 55: Conjuntos habitacionais construídos na década de 1990 (90-99), conforme registro de Silva (2017). Fonte: Elaborado pela autora.

É na década de 1970 que Teresina se transforma “em um grande canteiro de obras”²³¹, sendo contemplada com um hospital geral (Hospital Getúlio Vargas) e outro de doenças infectocontagiosas (HDIC); um estádio de futebol (Albertão); um terminal rodoviário e o palácio do governo do Estado (Palácio de Karnak, com projeto paisagístico de Burle Marx), além de reforma de praças, definição e construção do anel viário e a estruturação da malha rodoviária. É nesse período (em 1975) que é instituída a Secretaria Municipal de Planejamento (SEMPPLAN – pela Lei nº. 1.490, de 20 de outubro de 1975) com intuito de, dentre outras atribuições, realizar o planejamento econômico, social e urbanístico do município (RESENDE, 2013).

Em 1978, é publicado o Primeiro Plano Estrutural de Teresina (I PET), que prevê, entre outras questões, as tendências de expansão do perímetro urbano. A considerar que a expansão oeste é fisicamente impossível, devido ao Rio Parnaíba e a cidade de Timon, e a expansão norte está limitada pelo Rio Poti e pela área ocupada pelo Campus da Universidade Federal do Piauí (UFPI), estabelece-se que os prováveis vetores de crescimento urbano são: a norte, pela PI-112 (hoje Av. Presidente Kennedy) em direção ao loteamento SOCOPO, e a sul, rumo ao território de implantação dos conjuntos habitacionais, tais como o Parque Piauí, Saci e equivalentes. Também, nesse PET, é constatada a consolidação da ocupação de alta renda da zona leste.

Segundo Façanha (1998, *apud* RESENDE, 2013, p. 97), os anos de 1980 a 1995 reúnem grande quantidade de indústrias em Teresina, no entanto, o setor terciário (comércio, serviços, setor bancário e administração pública) se sobressai economicamente na capital, com grande participação na estrutura produtiva da cidade e do Estado do Piauí. Teresina se torna um polo atrativo de imigrantes não só de outros municípios, como também de outros estados e até mesmo de outros países. Num primeiro momento, a população imigrante, ao invés de ocupar novas áreas, concentra-se majoritariamente em assentamentos já existentes, mas como decorrer do tempo, avança em direção aos conjuntos habitacionais localizados nas periferias da cidade. No ano de 1988, é lançado o II Plano Estrutural de Teresina (II PET), elaborado por uma equipe pertencente à própria estrutura organizacional da Prefeitura, com o qual se iniciam intervenções urbanísticas na cidade previstas para durarem até o ano 2000 (LIMA, 2003; RESENDE, 2013) (Figura 56).

²³¹ Resende (2013, p. 97).

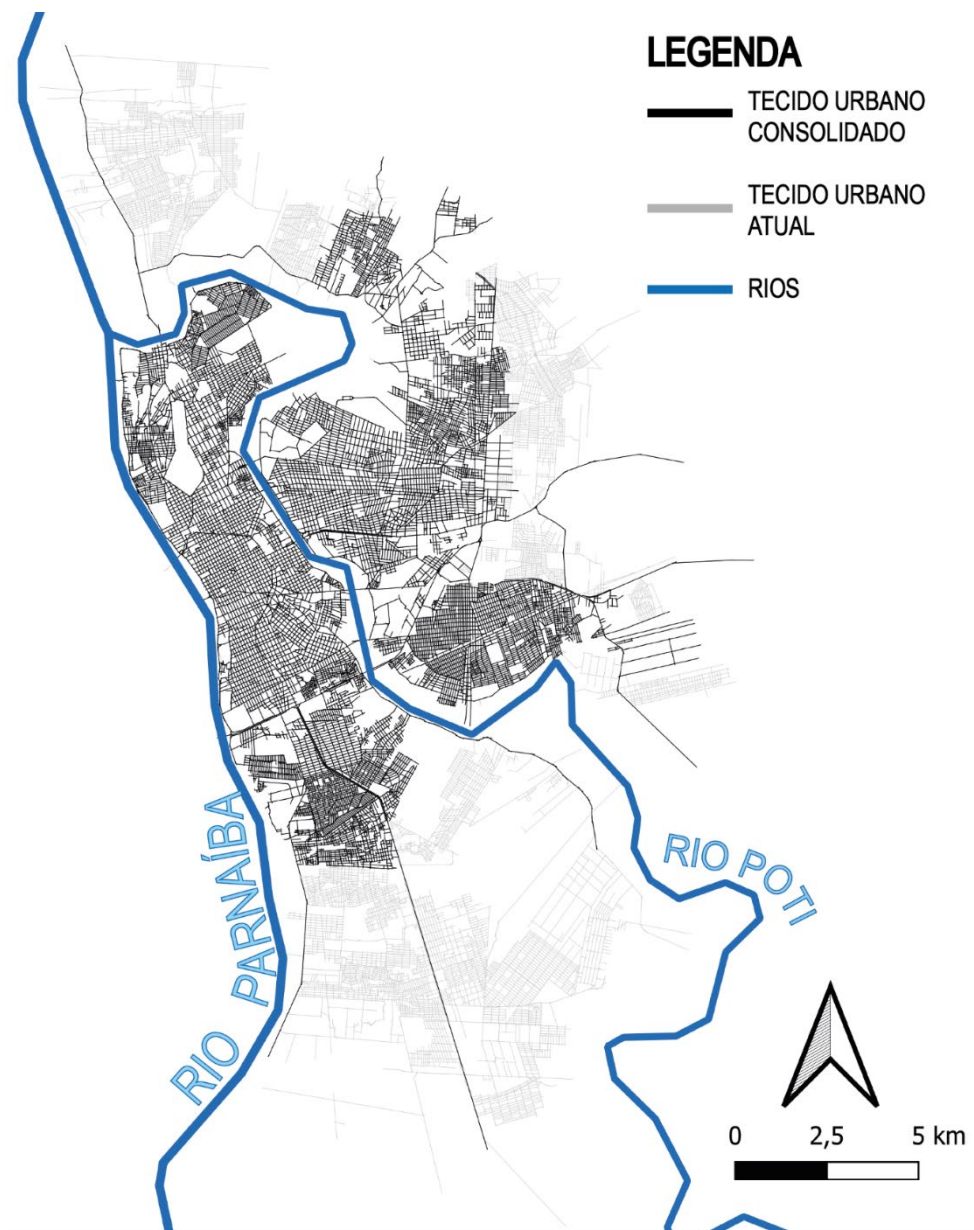


Figura 56: Mapa comparativo do tecido urbano no ano de 1992 e nos dias de hoje. Fonte: Elaborado pela autora.

Na década de 1990, a Prefeitura de Teresina adota como estratégia a alteração do perímetro urbano²³², ampliando-o de acordo com as demandas da periferização acelerada que ocorre a partir da implantação de conjuntos habitacionais, especialmente os de baixa renda. Desse modo, se dá o espraiamento das atividades econômicas por todo o assentamento, o que gera reflexos até os

²³² De acordo com Resende (2013, p. 101), na década de 1990 foram instituídas 7 leis que alteram o perímetro urbano, sendo 4 delas apenas no ano de 1997.

dias atuais. Também é desse período o início do processo de verticalização urbana, com a construção de edificações multifamiliares nos bairros da margem oeste do rio Poti (Ilhotas e Cabral) e na zona leste. Dois shopping centers (Riverside e Teresina Shopping) são construídos à margem leste do rio Poti.

Após o intenso crescimento decorrido anteriormente, após a década de 1990, a expansão urbana passa a se dar de maneira mais contida²³³. Legalmente, no entanto, a Lei Federal nº. 10.257 (Estatuto das Cidades) obriga os municípios a elaborarem/revisarem seus planos diretores, momento em que é produzida a Agenda 21 de Teresina, na forma da Lei Municipal nº. 3.151, de 23 de dezembro de 2002. Tal instrumento torna-se balizador de políticas de desenvolvimento urbanístico, socioeconômico, político-institucional e ambiental do município (RESENDE, 2013).

No ano de 2006 são sancionadas importantes leis que definem a configuração urbana das décadas seguintes: a Lei Municipal nº. 3.558 (20 de outubro de 2006) reinstituí o plano diretor de Teresina (Agenda 2015); a Lei Municipal nº. 3.559 (20 de outubro de 2006) delimita o perímetro da zona urbana, e permite o parcelamento junto à linha do perímetro urbano²³⁴; e a Lei Municipal nº. 3.561 (20 de outubro de 2006) dispõe sobre o parcelamento do solo urbano²³⁵. Daquele ano em diante, até os dias atuais, surgem novos empreendimentos nas “bordas” da cidade, no entanto, sem grandes alterações no perímetro (Figura 57 e Figura 58).

²³³ Silva (2017).

²³⁴ Esta lei permitiu a implantação de loteamentos fora do perímetro urbano da cidade, que posteriormente foram abarcados.

²³⁵ As outras leis sancionadas foram a 3560, que define as diretrizes para o uso do solo urbano, e a 3.562, cujo conteúdo se refere à ocupação do solo – tais leis ainda possuem dispositivos em vigor até os dias atuais, sendo utilizadas em conjunto com o novo Plano Diretor de Ordenamento Territorial – PDOT (Lei Municipal nº. 5.481, de 20 de dezembro de 2019).

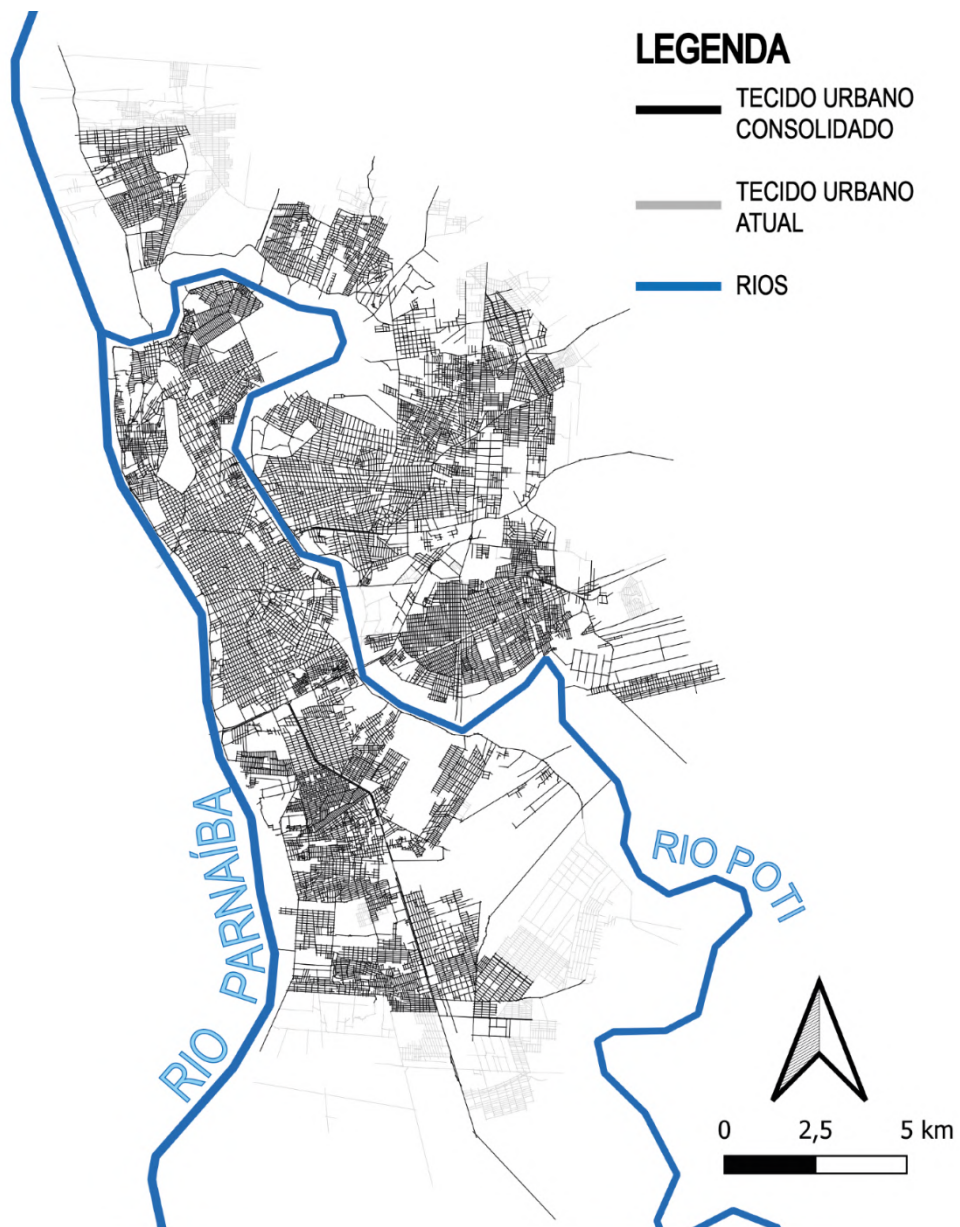


Figura 57: Tecido urbano consolidado da cidade de Teresina no ano de 2006, e a comparação com os dias atuais. Fonte: Elaborado pela autora.

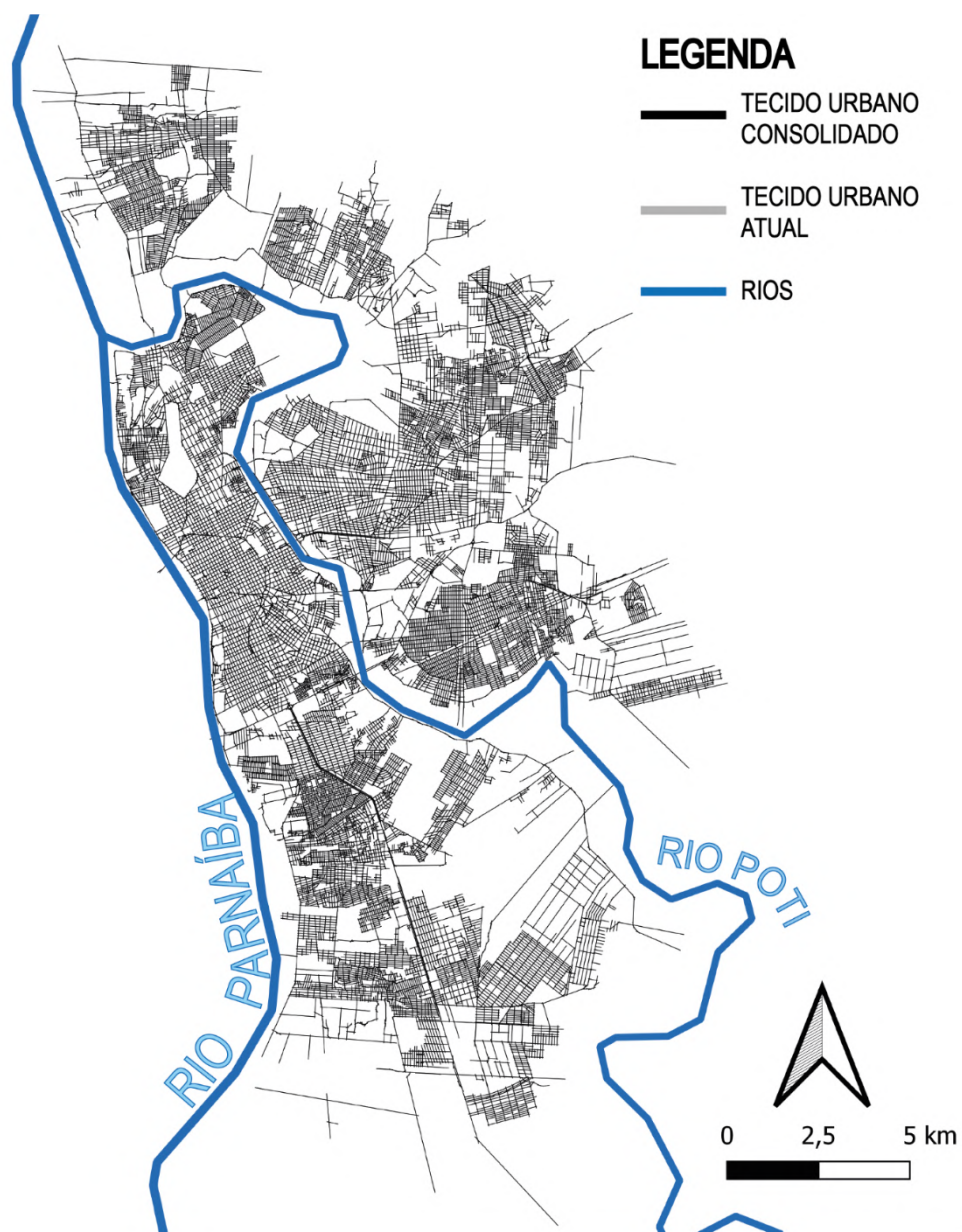


Figura 58: Tecido urbano dos dias atuais da cidade de Teresina (ano de referência: 2018).
Fonte: Elaborado pela autora.

5.3. LEITURA LOCAL: OS SETORES

Iremos nesta seção analisar as partes urbanas, utilizando, como base, a pesquisa de Sousa (2018). O investigador seleciona, em seu trabalho, 31 rotas de coleta de resíduos sólidos urbanos, correspondente ao atendimento de 39,56% da população, e adota a subdivisão das zonas conforme sugestão da Secretaria de Planejamento de Teresina (SEMPPLAN): Subzonas Leste I, Leste II e

Leste III, dentro da Zona Leste de Teresina; Subzona Centro, correspondente ao bairro Centro; Subzonas Norte I e Norte II, dentro da Zona Norte; Subzonas Sul I e Sul II, na Zona Sul; e Subzonas Sudeste I e Sudeste II, na Zona Sudeste. A seleção do autor corresponde a bairros que representam melhor os contextos socioeconômicos de cada subzona, escolhendo pelo menos um bairro entendido como típico, e um bairro periférico. Para a definição de renda e número de moradores por domicílio, Sousa (2018) utiliza dados da base de informações do Censo 2010, ajustando-os estatisticamente para 2017 pela estimativa populacional²³⁶, de modo a obter a densidade demográfica e renda *per capita* média, conforme demonstrado na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Dados dos setores urbanos de Teresina selecionados para análise. Fonte: Elaborada pela autora com base em Sousa (2018).

| ROTA | NOME DA ROTA | POP. (hab) | DENS. DEMOG. (hab/km ²) | RENDA DOMICILIAR (2017) | RENDA PER CAPITA (2017) |
|-------|--------------------------|------------|--|-------------------------------|-------------------------------|
| 01-03 | GURUPI | 10531,77 | 4568,53 | 1081,47 | 329,68 |
| 01-15 | PARQUE BRASIL | 13584,60 | 6679,98 | 773,98 | 217,04 |
| 01-21 | REDENÇÃO | 16553,29 | 9574,82 | 1359,18 | 341,41 |
| 01-27 | TABULETA | 9732,75 | 2018,53 | 2172,96 | 629,87 |
| 01-35 | URUGUAI | 13877,08 | 7468,01 | 1610,30 | 478,71 |
| 01-41 | SATÉLITE | 14812,43 | 3505,08 | 1463,13 | 331,34 |
| 01-45 | JACINTA ANDRADE | 7961,93 | 1290,01 | 892,32 | 232,43 |
| 02-04 | ANGELIM | 20004,28 | 4009,80 | 759,01 | 225,82 |
| 02-08 | (não identificada) | 11081,68 | 16256,45 | 1212,99 | 337,27 |
| 02-10 | PROMORAR | 12885,11 | 14553,04 | 1525,21 | 425,95 |
| 02-14 | ESPLANADA | 7336,88 | 752,33 | 925,43 | 296,68 |
| 02-20 | ITARARÉ | 10479,33 | 12224,57 | 1537,29 | 400,63 |
| 02-26 | PARQUE POTI | 14586,58 | 5759,79 | 1088,99 | 332,71 |
| 02-30 | EXTREMA | 14236,93 | 4673,15 | 1212,37 | 352,35 |
| 02-36 | SANTO ANTÔNIO | 6782,96 | 783,04 | 1804,24 | 420,64 |
| 03-01 | MOCAMBINHO | 9830,90 | 8431,50 | 1405,86 | 400,70 |
| 03-05 | BUENOS AIRES | 10069,43 | 6436,61 | 1460,42 | 401,94 |
| 03-09 | PRIMAVERA | 11838,85 | 4502,62 | 2597,82 | 769,80 |
| 03-15 | POTI VELHO | 13124,80 | 4911,19 | 875,86 | 227,84 |
| 03-17 | PIÇARRA | 8243,52 | 6853,58 | 2944,21 | 845,95 |
| 03-21 | VERMELHA | 10091,60 | 4836,09 | 1933,31 | 491,89 |
| 04-06 | MORADA DO SOL | 5873,73 | 4565,47 | 7275,72 | 2106,71 |
| 04-16 | SÃO CRISTÓVÃO | 7149,97 | 4132,66 | 5292,44 | 1781,25 |
| 04-18 | RECANTO DAS PALMEIRAS | 6648,41 | 2146,67 | 4097,20 | 1116,89 |
| 04-20 | NOIVOS | 7258,15 | 2946,04 | 5287,40 | 1549,67 |
| 04-22 | ILHOTAS | 7265,04 | 6268,05 | 5047,11 | 1655,90 |
| 04-26 | MATADOURO | 8551,74 | 4579,94 | 2509,94 | 733,23 |

²³⁶ Estimativa populacional produzida pelo IBGE para a data de referência de 01 de julho de 2017.

| | | | | | |
|-------|-------------|----------|----------|---------|---------|
| 04-30 | JÓQUEI | 10169,28 | 10217,96 | 9563,83 | 2746,10 |
| 04-32 | PORENQUANTO | 5523,68 | 3681,18 | 4128,55 | 1224,18 |
| 05-01 | CENTRO | 5323,02 | 4221,16 | 4466,59 | 1139,98 |
| 05-05 | CENTRO | 4746,19 | 3755,56 | 4198,64 | 1200,76 |

5.3.1. ESCOLHA DOS SETORES PARA ANÁLISE

Primeiramente, identificamos as porções de tecido urbano que foram utilizadas pelo autor²³⁷ e as demarcamos em polígono sobre o mapa de Teresina utilizando o *software* Google Earth, com cuidado de fazer com que as extremidades das figuras geométricas coincidam com as demarcações censitárias²³⁸, quando possível. As áreas obtidas, então, são comparadas aos dados²³⁹ do autor para verificar se as áreas demarcadas estão próximas daquelas consideradas, como pode ser verificado na Tabela 2, abaixo. A margem de erro considerada para a manutenção ou descarte do setor na pesquisa foi de 10% de diferença entre áreas para mais ou para menos.

Tabela 2: Cálculo e conferência das áreas dos setores demarcadas em frações urbanas de Teresina. Fonte: Elaborada pela autora, com base em Sousa (2018).

| (A) | (B) | (C) | (D) | (E) – (D)/(C) | (F) | (G) – 100*(F)/(E) |
|-------|--------------------|------------|-------------------------------------|--|-----------------------------------|---------------------------|
| ROTA | NOME DA ROTA | POP. (hab) | DENS. DEMOG. (hab/km ²) | ÁREA CALCULADA (DD/POP) EM km ² | ÁREA DEMARCADA A PARTIR DAS ROTAS | DIFERENÇA ENTRE ÁREAS (%) |
| 01-03 | GURUPI | 10531,77 | 4568,53 | 2,305 | 2,235 | 3,05% |
| 01-15 | PARQUE BRASIL | 13584,60 | 6679,98 | 2,034 | 2,067 | 1,64% |
| 01-21 | REDENÇÃO | 16553,29 | 9574,82 | 1,729 | 1,708 | 1,21% |
| 01-27 | TABULETA | 9732,75 | 2018,53 | 4,822 | 3,440 | 28,66% |
| 01-35 | URUGUAI | 13877,08 | 7468,01 | 1,858 | 1,947 | 4,78% |
| 01-41 | SATÉLITE | 14812,43 | 3505,08 | 4,226 | 3,948 | 6,58% |
| 01-45 | JACINTA ANDRADE | 7961,93 | 1290,01 | 6,172 | 2,961 | 52,03% |
| 02-04 | ANGELIM | 20004,28 | 4009,80 | 4,989 | 4,685 | 6,09% |
| 02-08 | (não identificada) | 11081,68 | 16256,45 | 0,682 | --- | --- |
| 02-10 | PROMORAR | 12885,11 | 14553,04 | 0,885 | 0,667 | 24,67% |
| 02-14 | ESPLANADA | 7336,88 | 752,33 | 9,752 | 5,461 | 44,00% |

²³⁷ Sousa (2018, p. 88).

²³⁸ O arquivo com as demarcações está disponível no site do IBGE, em formato *.kml.

²³⁹ Não obtivemos a área correspondente a cada setor, portanto, para saber qual foi a área utilizada pelo autor, fizemos o procedimento inverso, no qual dividimos a densidade demográfica pela população.

| | | | | | | |
|-------|-----------------------|----------|----------|-------|--------|--------|
| 02-20 | ITARARÉ | 10479,33 | 12224,57 | 0,857 | 0,854 | 0,38% |
| 02-26 | PARQUE POTI | 14586,58 | 5759,79 | 2,532 | 2,521 | 0,45% |
| 02-30 | EXTREMA | 14236,93 | 4673,15 | 3,047 | 3,035 | 0,38% |
| 02-36 | SANTO ANTÔNIO | 6782,96 | 783,04 | 8,662 | 10,349 | 19,47% |
| 03-01 | MOCAMBINHO | 9830,90 | 8431,50 | 1,166 | 1,303 | 11,75% |
| 03-05 | BUENOS AIRES | 10069,43 | 6436,61 | 1,564 | 1,604 | 2,53% |
| 03-09 | PRIMAVERA | 11838,85 | 4502,62 | 2,629 | 1,543 | 41,32% |
| 03-15 | POTI VELHO | 13124,80 | 4911,19 | 2,672 | 2,613 | 2,22% |
| 03-17 | PIÇARRA | 8243,52 | 6853,58 | 1,203 | 1,347 | 11,99% |
| 03-21 | VERMELHA | 10091,60 | 4836,09 | 2,087 | 1,706 | 18,25% |
| 04-06 | MORADA DO SOL | 5873,73 | 4565,47 | 1,287 | 1,378 | 7,11% |
| 04-16 | SÃO CRISTÓVÃO | 7149,97 | 4132,66 | 1,730 | 1,805 | 4,33% |
| 04-18 | RECANTO DAS PALMEIRAS | 6648,41 | 2146,67 | 3,097 | 3,218 | 3,90% |
| 04-20 | NOIVOS | 7258,15 | 2946,04 | 2,464 | 2,244 | 8,92% |
| 04-22 | ILHOTAS | 7265,04 | 6268,05 | 1,159 | 1,191 | 2,76% |
| 04-26 | MATADOURO | 8551,74 | 4579,94 | 1,867 | 1,529 | 18,11% |
| 04-30 | JÓQUEI | 10169,28 | 10217,96 | 0,995 | 0,989 | 0,63% |
| 04-32 | PORENQUANTO | 5523,68 | 3681,18 | 1,501 | 1,404 | 6,43% |
| 05-01 | CENTRO 1 | 5323,02 | 4221,16 | 1,261 | 1,340 | 6,26% |
| 05-05 | CENTRO 3 | 4746,19 | 3755,56 | 1,264 | 1,267 | 0,25% |

Esse procedimento elimina os setores nos quais não há proximidade entre a área calculada e a área demarcada. Dessa forma, os 20 setores que permanecem na pesquisa estão elencados na Tabela 3, abaixo, e demonstrados em mapa na Figura 59.

Tabela 3: Setores urbanos que permanecem na pesquisa (20), após verificação das áreas. Fonte: elaborado pela autora.

| ZONA URBANA | SETOR |
|---------------------|---|
| NORTE – 3 setores | Parque Brasil, Buenos Aires, Poti Velho. |
| LESTE – 7 setores | Uruguai, Satélite, Morada do Sol, São Cristóvão, Recanto das Palmeiras, Noivos, Jóquei. |
| SUDESTE – 4 setores | Gurupi, Itararé, Parque Poti, Extrema. |
| SUL – 2 setores | Redenção, Angelim. |
| CENTRO – 4 setores | Ilhotas, Porenquanto, Centro 1, Centro 3. |

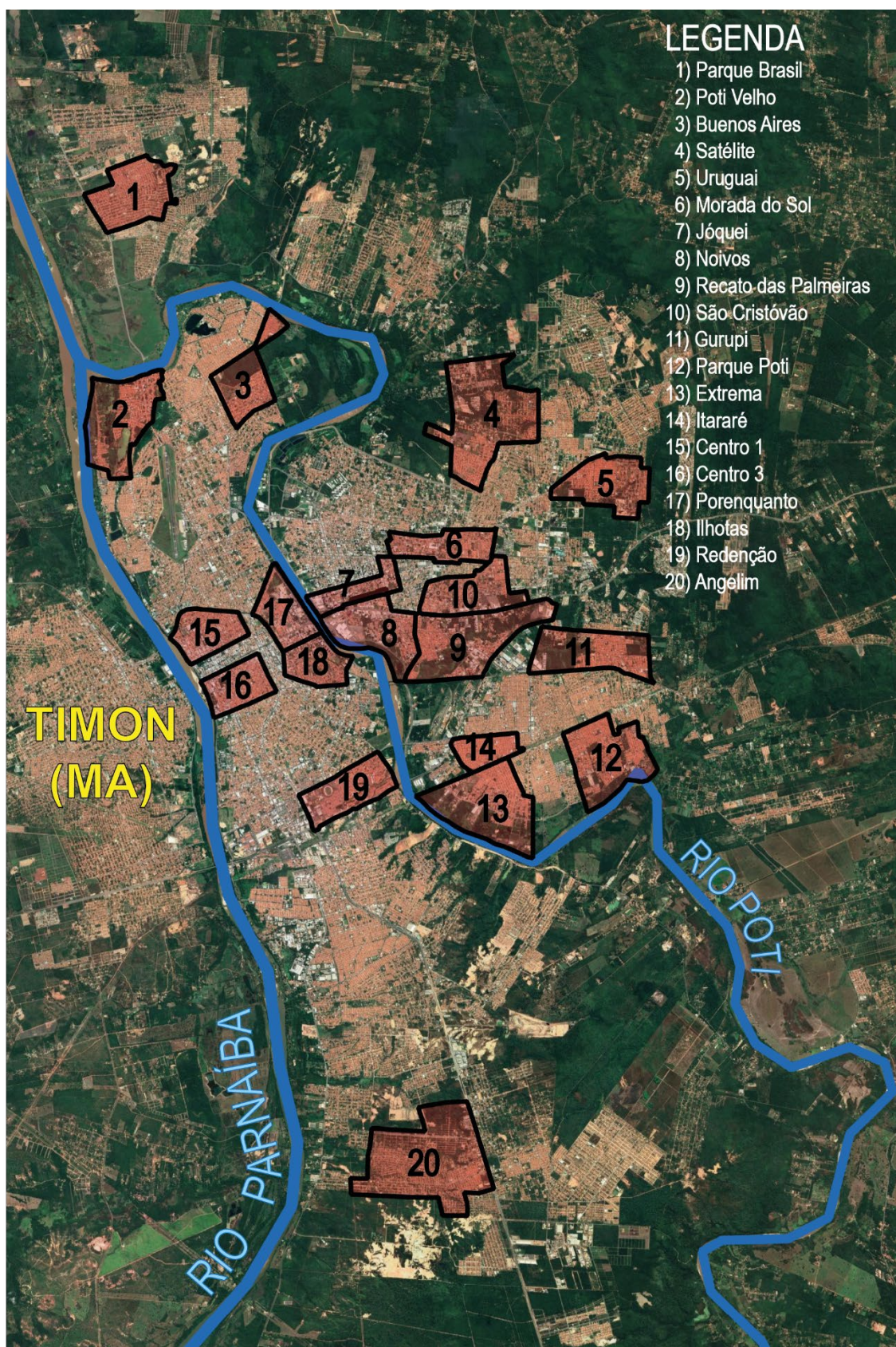


Figura 59: Setores selecionados para cálculo da Pegada Ecológica em Teresina. Fonte: Elaborado pela autora.

Com relação ao nível socioeconômico (Figura 60), adicionamos as informações de Sousa (2018) a respeito da renda *per capita* e da classe socioeconômica para compor a Tabela 4. Observamos que, dos 20 setores pré-selecionados, apenas um (Jóquei) pertence à classe A, 4 são da classe B (Morada do Sol, São Cristóvão, Noivos e Ilhotas), 4 são classe C (Recanto das Palmeiras, Porenquanto, Centro 1 e Centro 3) e os demais, totalizando 11 setores (Parque Brasil, Buenos Aires, Poti Velho, Uruguai, Satélite, Gurupi, Itararé, Parque Poti, Extrema, Redenção e Angelim), pertencem à classe D. Os setores de maior classe socioeconômica²⁴⁰ (A e B) se encontram nas zonas Leste e Centro; classe intermediária (C), Leste e Centro e classe baixa (D) em todas as zonas urbanas²⁴¹.

A soma da população de todos os setores é de **211.818 habitantes**, o que corresponde à 24,91% da população total do município para o ano de 2017, referência do estudo.

²⁴⁰ Os dados das duas maiores classes socioeconômicas, A e B, foram agregados.

²⁴¹ Para esta pesquisa, utilizamos a mesma classificação utilizada por Sousa (2018, p. 85), baseada na renda domiciliar: Classe A corresponde a mais de 10 salários mínimos; Classe B corresponde à faixa entre 5 e 10 salários mínimos; Classe C corresponde à faixa entre 2 e 5 salários mínimos; e Classe D corresponde à renda menor do que 2 salários mínimos. O salário mínimo, à época do estudo do autor (2017) era de R\$ 937,00.

Tabela 4: Setores com suas respectivas informações socioeconômicas. Fonte: Elaborado pela autora, com base nas informações de Sousa (2018).

| SETOR | ZONA | ÁREA (km ²) | POP. (hab.) | CLASSE SOCIOECONÔMICA | RENDA (R\$) | |
|-----------------------|---------|-------------------------|-------------|-----------------------|-------------|------------|
| | | | | | DOMICILIAR | PER CAPITA |
| Parque Brasil | NORTE | 2,235 | 13.584,60 | Classe D | 773,98 | 217,04 |
| Buenos Aires | NORTE | 1,604 | 10.069,43 | Classe D | 1.460,42 | 401,94 |
| Poti Velho | NORTE | 2,521 | 13.124,80 | Classe D | 875,86 | 227,84 |
| Uruguai | LESTE | 1,947 | 13.877,08 | Classe D | 1.610,30 | 478,71 |
| Satélite | LESTE | 3,948 | 14.812,43 | Classe D | 1.463,13 | 331,34 |
| Morada do Sol | LESTE | 1,378 | 5.873,73 | Classe B | 7.275,72 | 2.106,71 |
| São Cristóvão | LESTE | 1,805 | 7.149,97 | Classe B | 5.292,44 | 1.781,25 |
| Recanto das Palmeiras | LESTE | 3,218 | 6.648,41 | Classe C | 4.097,20 | 1.116,89 |
| Noivos | LESTE | 2,244 | 7.258,15 | Classe B | 5.287,40 | 1.549,67 |
| Jóquei | LESTE | 0,989 | 10.169,28 | Classe A | 9.563,83 | 2.746,10 |
| Gurupi | SUDESTE | 2,235 | 10.531,77 | Classe D | 1.081,47 | 329,68 |
| Itararé | SUDESTE | 0,854 | 10.479,33 | Classe D | 1.537,29 | 400,63 |
| Parque Poti | SUDESTE | 2,521 | 14.586,58 | Classe D | 1.088,99 | 332,71 |
| Extrema | SUDESTE | 3,035 | 14.236,93 | Classe D | 1.212,37 | 352,35 |
| Redenção | SUL | 1,708 | 16.553,29 | Classe D | 1.359,18 | 341,41 |
| Angelim | SUL | 4,685 | 20.004,28 | Classe D | 759,01 | 225,82 |
| Ilhotas | CENTRO | 1,191 | 7.265,04 | Classe B | 5.047,11 | 1.655,90 |
| Porenquanto | CENTRO | 1,404 | 5.523,68 | Classe C | 4.128,55 | 1.224,18 |
| Centro 1 | CENTRO | 1,340 | 5.323,02 | Classe C | 4.466,59 | 1.139,98 |
| Centro 3 | CENTRO | 1,267 | 4.746,19 | Classe C | 4.198,64 | 1.200,76 |

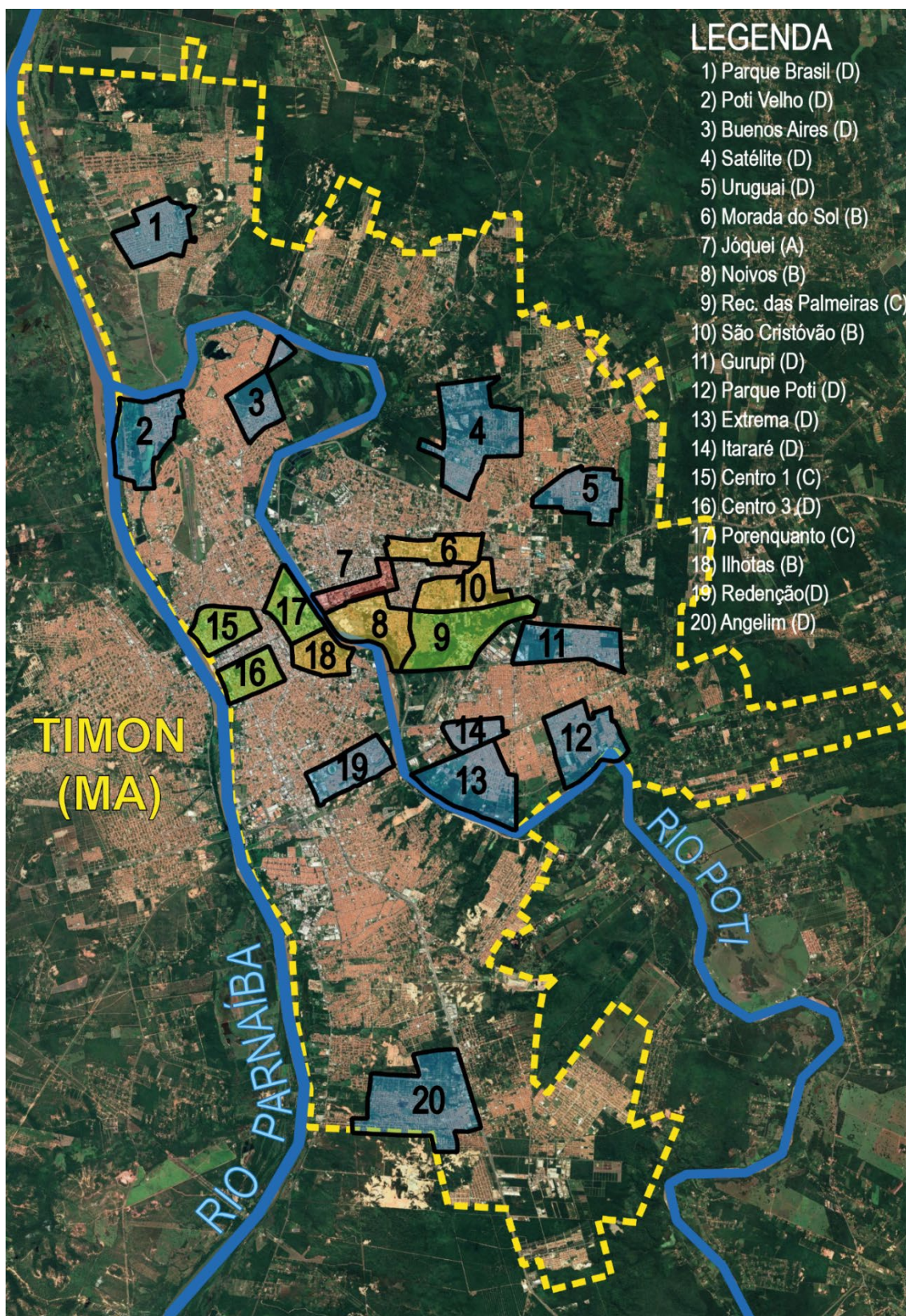


Figura 60: Setores urbanos analisados em Teresina, com distinção em relação à classe socioeconômica.
 Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS SETORES

5.3.2.1. PARQUE BRASIL

O setor nomeado Parque Brasil (**Figura 61**) está localizado mais a norte na pesquisa, pertencendo à Zona Norte de Teresina. Trata-se de um setor que pertence à classe D, com área de 2,235 km² e densidade demográfica de 4.568,53 hab./km². Trata-se de uma área bastante adensada, com traçados de vias que tendem ao reticulado retangular, mesmo em partes onde houve uma ocupação espontânea.

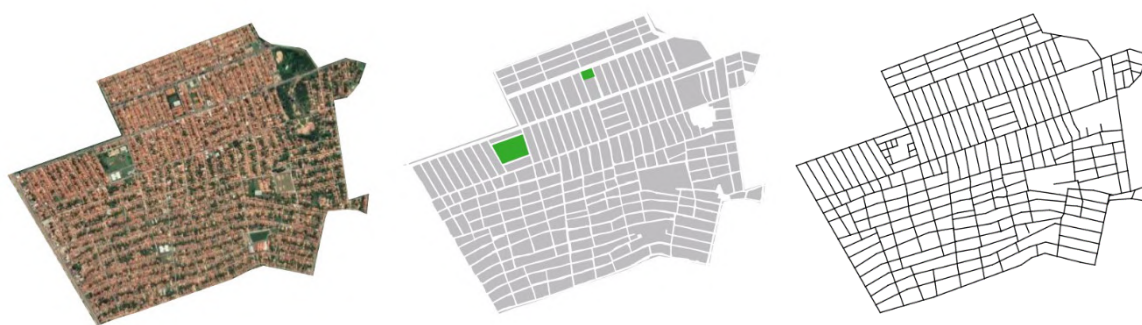


Figura 61: Setor Parque Brasil - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.2.2. BUENOS AIRES

O setor que foi nomeado Buenos Aires (**Figura 62**), que surgiu a partir dos conjuntos habitacionais implantados entre a década de 1950 e 1990, localiza-se na Zona Norte da cidade, com área de 1,604 km² e densidade de 6.679,98 hab./km². Possui dois grandes vazios urbanos, referentes ao Jardim Botânico de Teresina e ao cemitério Santo Antônio. Este é um setor que também pertence à classe D.



Figura 62: Setor Buenos Aires - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.2.3. POTI VELHO

O último setor dos analisados localizado na zona norte de Teresina é também um dos mais antigos, pois se trata da antiga Vila do Poti, vila de pescadores localizada às margens do rio Poti antes mesmo da implantação da nova capital – daí vem seu nome, Poti Velho (Figura 63). Também é uma área com grande vazios urbanos devido às lagoas naturais. A área do setor corresponde a 2,521 km² e a densidade demográfica é de 4.911 hab./km². O setor também pertence à classe D.

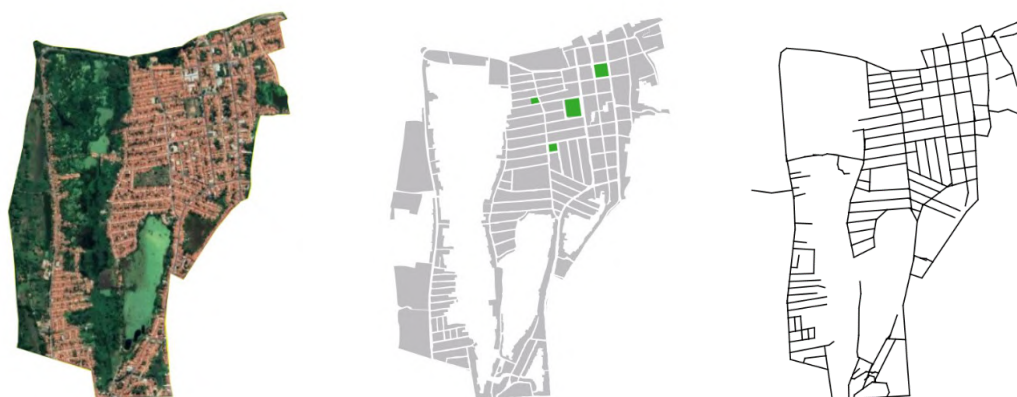


Figura 63: Setor Poti Velho - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.2.4. SATÉLITE

O setor urbano Satélite (Figura 64) é um dos maiores desta pesquisa, com área total de 3,948 km². A malha urbana possui um caráter mais irregular, o que é possível de ser observado à leste e ao sul do setor, apesar de sua porção mais ao norte contar com uma malha urbana reticulada. Trata-se de uma área em processo de adensamento, com densidade populacional de 3.505,08 hab./km², O setor pertence à classe D.



Figura 64: Setor urbano Satélite - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.2.5. URUGUAI

O setor urbano Uruguai (**Figura 65**) é o mais à leste dentre os setores da zona leste. É uma área cuja expansão tem sido mais intensa na última década, com a implantação de empreendimentos habitacionais – ainda há vazios urbanos, indicando se tratar de uma área em processo de adensamento. Possui área de 1,947 km² e densidade demográfica de 7.468,01 hab./km². O setor pertence à classe D.

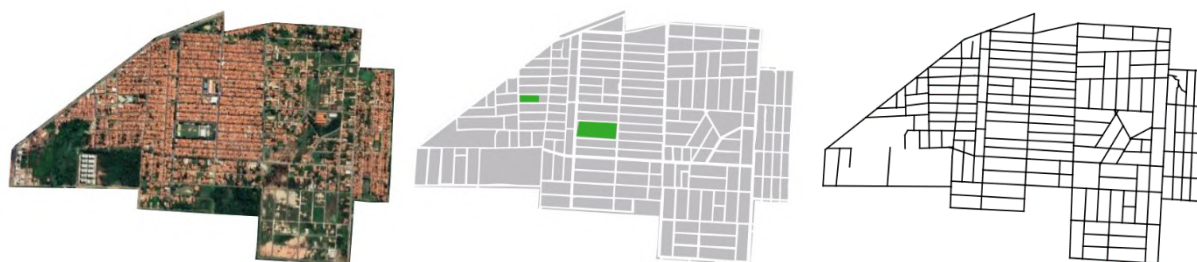


Figura 65: Setor Uruguai - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.2.6. MORADA DO SOL

O setor urbano Morada do Sol (**Figura 66**), cujo caráter regular em formato de grelha da malha urbana é bastante marcante, tem uma área de 1,378 km². O setor tem densidade demográfica de 4.565,47 hab./km², sendo uma área consolidada no tecido urbano, embora basicamente ocupada por residências unifamiliares. O setor pertence à classe B.



Figura 66: Setor urbano Morada do Sol - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.2.7. JÓQUEI

O setor urbano Jóquei (**Figura 67**) é o menor a ser avaliado, também o de maior classe socioeconômica (Classe A). Formado a partir de loteamentos voltados para a classe mais abastada da cidade, é marcante o caráter retilíneo das vias. Trata-se de uma área em processo de verticalização. A área do setor é de 0,989 km² e a densidade demográfica, 10217,96 hab./km².



Figura 67: Setor Jóquei - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.2.8. NOIVOS

O setor Noivos (**Figura 68**) é adjacente ao setor Jóquei, também se encontra em processo de verticalização. É onde se localiza um dos shopping centers e um dos parques mais importantes da cidade e surgiu como alternativa aos que queriam morar na zona leste, mas não tinham condições de arcar com os valores praticados na região. É uma área que, apesar de ter muitas residências unifamiliares, está em fase de verticalização. A área do setor é de 2,244 km², com densidade demográfica de 2946,04 hab./km². O setor pertence à classe B.

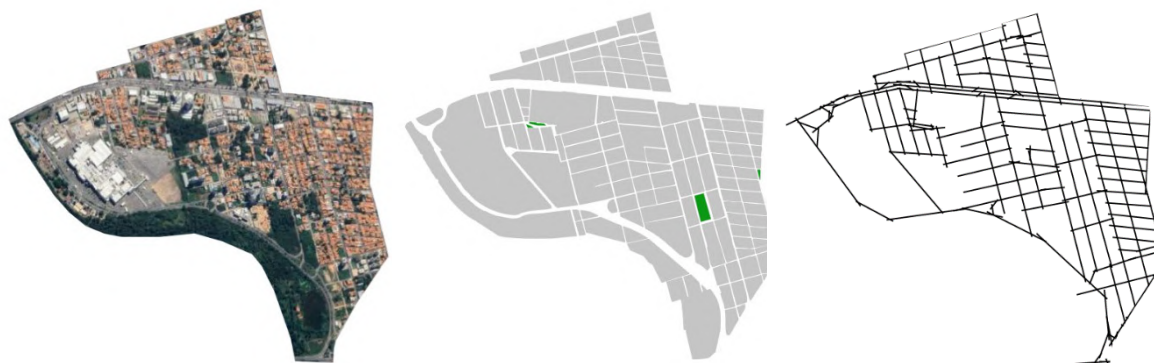


Figura 68: Setor Noivos - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.2.9. RECANTO DAS PALMEIRAS

O setor urbano Recanto das Palmeiras (Figura 69) se encontra na divisa entre as zonas leste e sudeste da capital do Piauí. Possui uma grande área de 3,218 km², marcada por grandes vazios urbanos. A densidade demográfica, por essa razão, é bem baixa em relação aos demais setores, com 2.146,67 hab./km². O setor pertence à classe C.



Figura 69: Setor urbano Recanto das Palmeiras - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.2.10. SÃO CRISTÓVÃO

O último setor urbano da zona leste é o São Cristóvão (Figura 70) corresponde a uma parte do bairro São Cristóvão e uma parte do bairro Santa Isabel, totalizando uma área de 1,805 km² e uma densidade demográfica de 4,123,66 hab./km². Trata-se de uma região pertencente à classe B, com tecido urbano consolidado e em processo de verticalização.



Figura 70: Setor urbano São Cristóvão - Vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.2.11.GURUPI

O setor Gurupi (**Figura 71**) corresponde a uma área localizada na zona sudeste da capital, estando em processo de adensamento atualmente. Trata-se de uma região com enorme vazio urbano a oeste e linhas que tendem à retícula a leste. Possui área de 2,235 km² e densidade demográfica de 4568,53 hab./km². O Gurupi pertence à classe D.

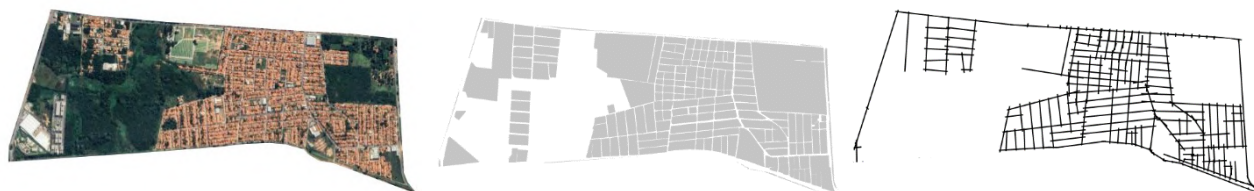


Figura 71: Setor urbano Gurupi - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.2.12.PARQUE POTI

O setor Parque Poti (**Figura 72**) se localiza na região sudeste da capital, às margens da curva do rio Poti. É um setor basicamente residencial unifamiliar pertencente à classe D, com alguns vazios urbanos. Possui uma área de 2,521 km² e densidade demográfica de 5759,79 hab./km².



Figura 72: Setor urbano Parque Poti - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: elaborado pela autora.

5.3.2.13.EXTREMA

O setor Extrema (Figura 73) é formado pelo bairro Extrema e parte do bairro Itararé – é possível ver a diferença na malha viária mais regular à nordeste (bairro Itararé) e levemente mais irregular (bairro Extrema). É um dos maiores setores, mas por estar às margens do rio Poti, conta com grandes vazios próximo ao rio, em oposição com sua região mais a nordeste, que é altamente povoada. Basicamente residencial unifamiliar. Possui uma área de 3,035 km² e densidade demográfica de 4673,15 hab./km². Pertence à classe D.



Figura 73: Setor urbano Extrema - vista aérea, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora

5.3.2.14.ITARARÉ

O setor urbano Itararé (Figura 74) é formado por parte do bairro Itararé, uma das regiões mais adensadas da cidade, porém, basicamente residencial unifamiliar. Por ser fruto de um grande loteamento voltado para pessoas de baixa renda, a malha urbana do setor é altamente regular, formada por quadras retangulares. É o menor setor desta pesquisa, com área de 0,854 km² e densidade demográfica muito alta de 12.224,57 hab./km². Pertence à classe D.



Figura 74: Setor urbano Itararé - vista aérea, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.2.15.CENTRO 1

O setor urbano Centro 1 (Figura 75) é, junto com o Centro 3, o mais antigo da cidade. Sua formatação remonta aos primeiros anos pós fundação de Teresina, portanto, mantém as características formais do projeto original da cidade: vias retilíneas e cruzamento em forma de grelha. Trata-se de uma região predominantemente comercial. Possui área de 1,340 km² e densidade demográfica de 4.221,16 hab./km². O setor pertence à classe C.

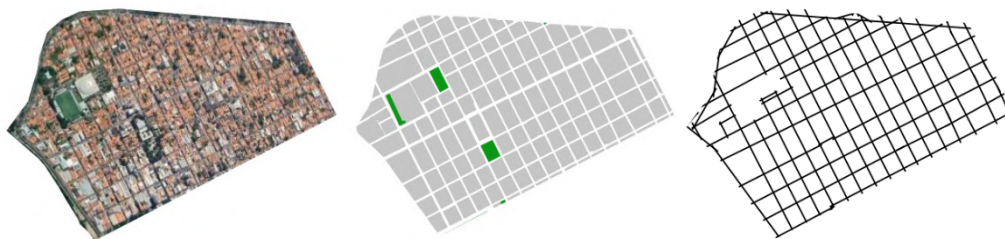


Figura 75: Setor urbano Centro 1 - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.2.16.CENTRO 3

O setor urbano Centro 3 (Figura 76), juntamente com o setor Centro 1, é o mais antigo desta pesquisa, remontando aos primeiros anos da fundação da cidade – por isso, ainda preserva as características urbanísticas do projeto original de Teresina. Essa porção do tecido é mais comercial, apesar de ainda possuir casarões antigos. Está em fase de desertificação. Tem área de 1,267 km² e densidade demográfica de 3.755,56 hab./km². Pertence à classe D.



Figura 76: Setor urbano Centro 3 - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.2.17.PORENQUANTO

O setor Porenquanto (Figura 77) se localiza à margem leste do Poti. É onde se localizam instituições públicas, como OAB, Câmara dos vereadores e Tribunais, e um dos maiores shopping centers da cidade. Seu processo de verticalização se iniciou na década de 1990, mas estagnou. Pertence à classe C. Possui área de 1,404 km² e densidade demográfica de 3.681,18 hab./km².

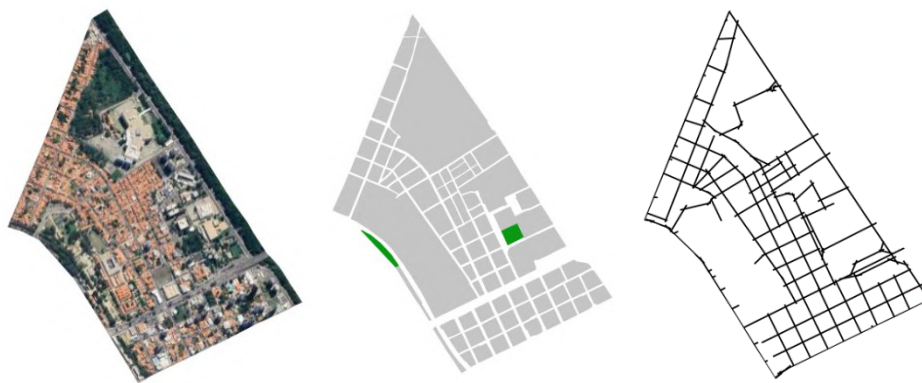


Figura 77: Setor urbano Porenquanto - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.2.18.ILHOTAS

O setor urbano Ilhotas (**Figura 78**) se localiza entre o Centro e a Zona Leste de Teresina, à margem leste do rio Poti. Trata-se de um tecido urbano antigo que hoje se encontra em fase de verticalização – a verticalização de Teresina começou por este setor na década de 1990. AS vias são reticuladas, com cruzamentos em forma de grelha. Possui uma área de 1,191 km² e densidade demográfica de 6268,05 hab./km². Pertence à classe socioeconômica B.

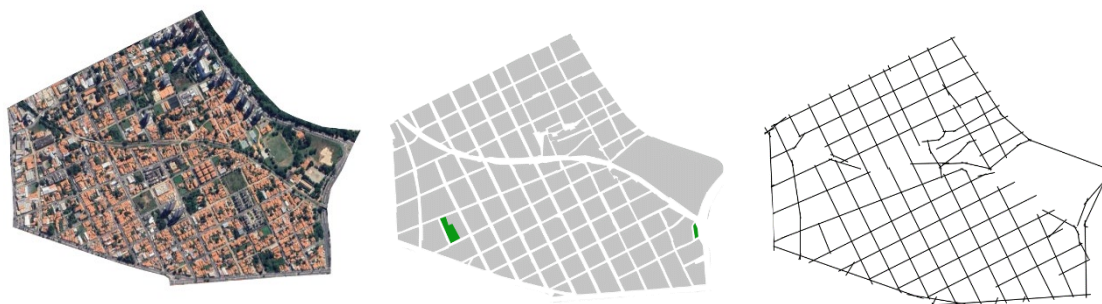


Figura 78: Setor urbano Ilhotas - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.2.19. REDENÇÃO

O setor urbano Redenção (**Figura 79**) localiza-se zona sul de Teresina. Trata-se de um espaço onde aconteceu ocupação espontânea, o que é possível perceber a partir de sua malha mais irregular. É onde está localizado o estádio Albertão. A região, que pertence à classe D, tem uma área de 1,708 km² e densidade demográfica de 9574,82 hab./km².



Figura 79: Setor urbano Redenção - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.2.20. ANGELIM

O setor urbano Angelim (**Figura 80**) é o maior desta pesquisa, com 4,685 km², no entanto, possui uma densidade demográfica baixa, de 4.009,80 hab./km². É um setor cuja ocupação se deu de forma espontânea, ainda com grandes vazios que estão sendo preenchidos, portanto, em fase de adensamento. A malha viária em partes é regular, em partes é mais orgânica, mas acompanhando o desenho urbano no qual está inserida. A região pertence à classe D.

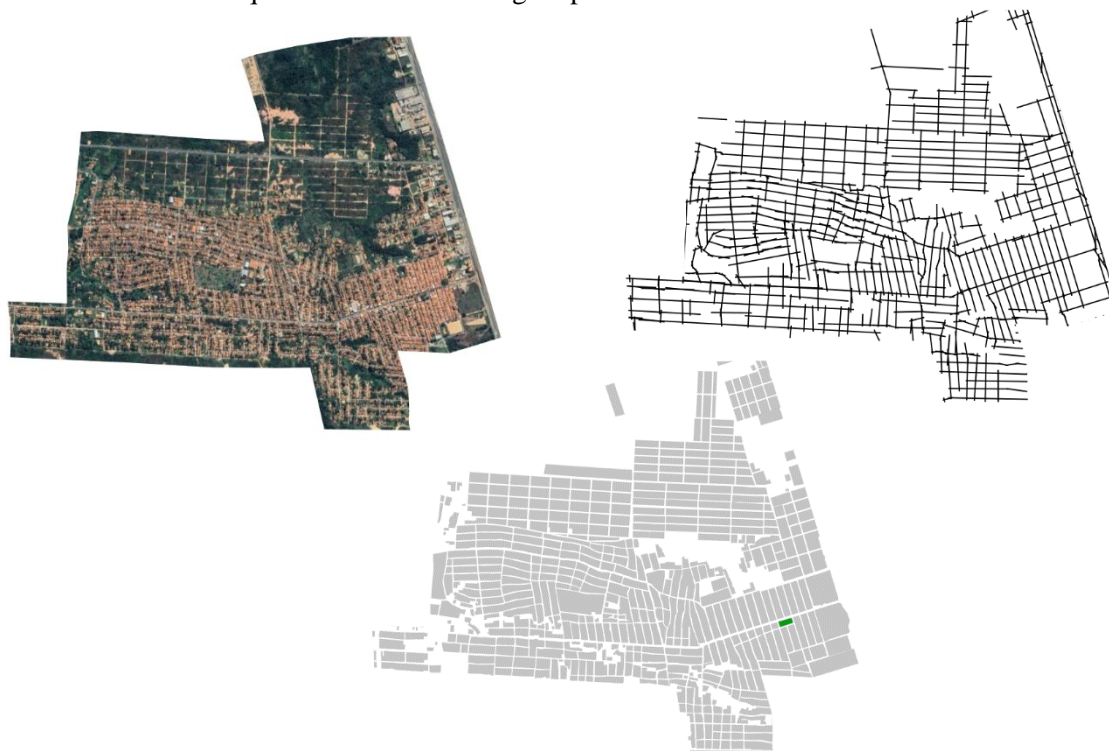


Figura 80: Setor urbano Angelim - vista de satélite, quadras e vias. Fonte: Elaborado pela autora.

5.4. CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Vimos, neste capítulo, a história do nosso estudo de caso, a cidade de Teresina, capital do Estado do Piauí. Em uma leitura global da história urbana, entendemos que se trata da primeira capital planejada do Brasil, pois, apesar de sua fundação datar de 1852, a cidade foi construída com elementos próprios do urbanismo colonial. Através da história da cidade, pudemos perceber o que motivou o crescimento do tecido urbano, que ora estendeu as fronteiras através de vias estruturais, ora adensou os vazios deixados pelo crescimento. Também entendemos que, apesar de ser a única capital nordestina que não se localiza no litoral, a água é um fator importante para a cidade, já que dois grandes rios, o Parnaíba e o Poti, fazem parte do tecido urbano, influenciando na forma com que Teresina se desenvolveu: com a limitação a oeste devido ao rio Parnaíba, a cidade cresceu, primeiramente, no sentido norte e sul, depois dirigindo-se ao leste até encontrar o rio Poti, levando, consigo, a classe mais abastada da cidade. O atravessamento do rio Poti, através de pontes, criou uma zona onde se concentra a população mais rica da cidade, a zona leste.

Em uma leitura local, separamos algumas porções do tecido urbano que nos nortearão na investigação de nossa pergunta de pesquisa. Utilizamos, como base, o trabalho de Sousa (2018), compilando dados de 20 setores urbanos espalhados pelas 5 zonas que existem hoje na cidade (Norte, Sul, Leste, Sudeste e Centro). Percebemos que a maior parte dos setores selecionados (11) se localizam na classe socioeconômica D, cuja renda é menos que dois salários-mínimos por domicílio. A soma da população de todos os setores soma 211.818 habitantes, o que corresponde à 24,91% da população total do município para o ano de 2017, referência do estudo.

6. TERESINA: UMA LEITURA MORFOLÓGICA

Neste capítulo, iremos tratar da leitura da forma urbana de nosso estudo de caso, apresentado no capítulo anterior. A abordagem utilizada aqui será a Sintaxe Espacial, uma forma de leitura urbana a partir da configuração de cheios e vazios que geram movimento dentro de um espaço, conforme explicado no Capítulo 4 desta pesquisa. Iremos, nesta seção, realizar uma leitura do espaço urbano a partir de 2 níveis: um global e um local.

No nível global, iremos analisar nosso estudo de caso (a cidade de Teresina) como um todo, procedendo com uma leitura diacrônica configuracional da cidade desde a sua fundação até os dias atuais, passando por períodos significativos de modificação do tecido urbano (1852, 1922, 1950, 1992, 2006 e 2018). Com isso pretendemos entender o espaço urbano atual através das dinâmicas configuracionais que construíram e modificaram a forma da cidade, nos permitindo uma leitura mais completa do que é a cidade hoje.

No nível local, iremos, através da análise de partes do tecido urbano já estabelecidas no item 5.3 desta dissertação, avaliar, de forma mais aprimorada, como são, nos dias atuais, as forças que atuam na formação atual de porções da cidade, com objetivo de construir uma das camadas que serão utilizadas futuramente na análise urbana.

6.1. EXPANSÃO URBANA CONFIGURACIONAL

Para discutir como se deu a expansão urbana de Teresina, esta seção dedica-se à leitura configuracional diacrônica da cidade, tendo como marcos temporais os anos de 1852 (fundação); 1922; 1950s; 1992; 2006 e os dias atuais (2018). Os períodos foram escolhidos com base no trabalho de Brito e Medeiros (2014)²⁴², embora com algumas diferenças, em razão dos marcos urbanos selecionados. A escolha de cada marco temporal está justificada antes de cada uma das análises.

Para a investigação, as variáveis analisadas compreendem: quantidade de linhas do sistema, compacidade (linhas/km²), comprimento médio dos eixos (que pode ser associado ao tamanho médio das vias) e as variáveis topológicas integração global (INT), integração local (INTr3) e conectividade (CONN). Em relação aos segmentos, serão explorados quantidade, dimensão média dos segmentos (que se refere ao tamanho dos quarteirões, por associação), NACH e NAIN.

²⁴² Os períodos de análise escolhidos pelos autores foram: 1852, 1922, 1959, 1998/2003, 2006 e 2010.

A partir das seções anteriores, percebe-se que, em Teresina, houve diversas modificações no tecido urbano, incluindo abertura e fechamento de vias devido a loteamentos e implantação de infraestruturas urbanas. Por isso, entendemos que ao estudar a expansão do tecido por meio de documentos históricos e da respectiva literatura é necessário compatibilizar os cenários ao longo do tempo, ação procedida para esta dissertação. A Figura 81, a seguir, contém o resumo da expansão do tecido urbano da, desde a sua fundação até os dias atuais. Na imagem, marcamos com cor mais clara, para efeito de comparação, o tecido urbano atual (referente ao ano de 2018), e na cor mais escura, o tecido urbano existente na época indicada.

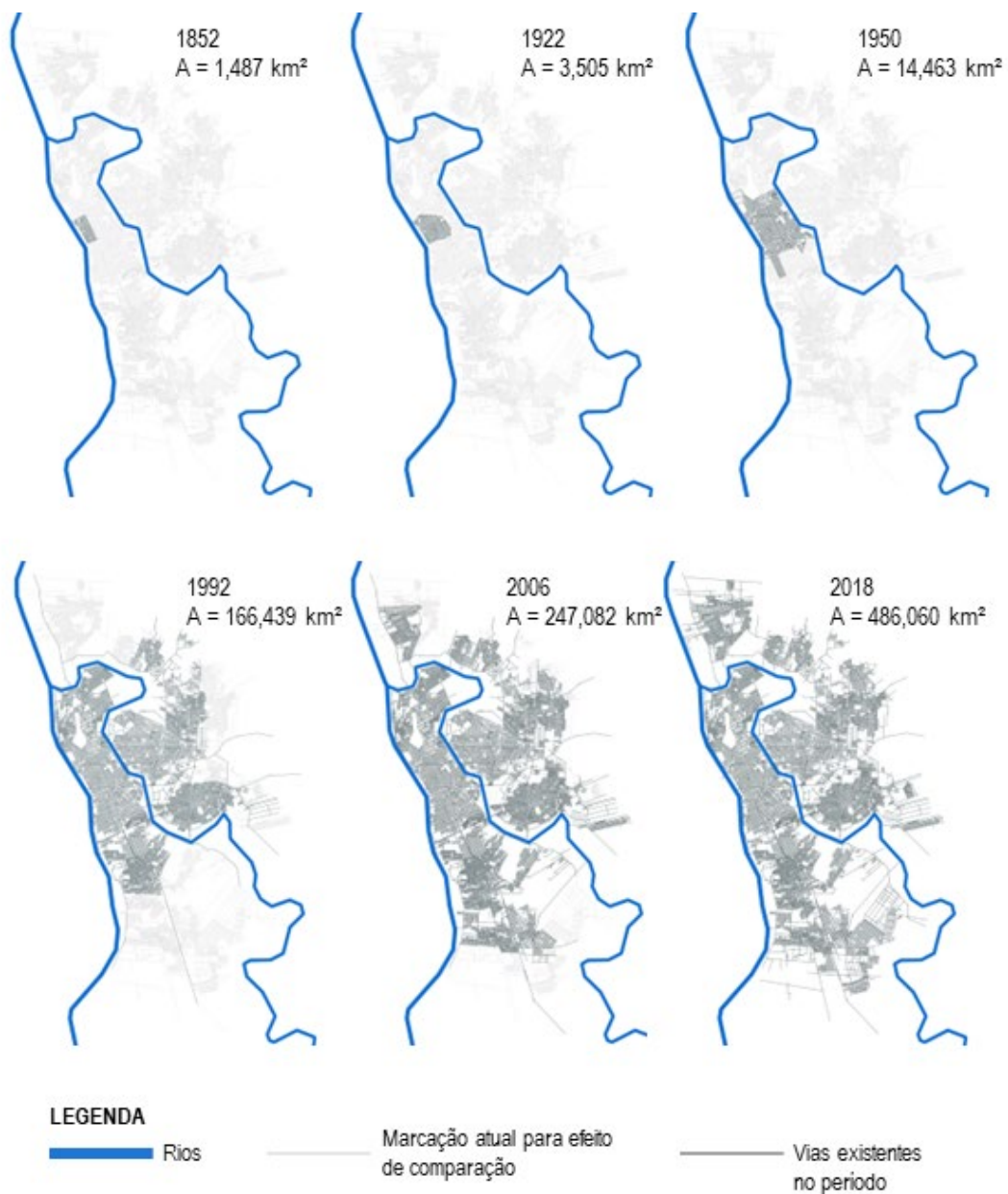


Figura 81: Expansão diacrônica do tecido urbano da cidade de Teresina, desde a fundação até os dias atuais (ano de referência: 2018). Fonte: Elaborado pela Autora.

6.1.1. 1852: O ANO DA FUNDAÇÃO

No ano de 1852, a cidade de Teresina é um núcleo urbano composto por quarteirões dispostos em grelha, aos moldes pombalinos, com uma área de aproximadamente 1,487km². O núcleo urbano original, levantado aqui a partir dos trabalhos de Braz e Silva (2012), Brito e Medeiros (2014) e Silva (2017), é formado por 77 linhas, o que corresponde a 51,78 linhas por quilômetro quadrado (linhas/km² - compacidade A). O comprimento médio dos eixos é de 446,54 metros, em que as vias mais longas são as atuais ruas Barroso (1.911,84m) e Treze de Maio (1.802,03m), ambas no sentido norte-sul.

Quanto aos atributos numéricos referentes à Sintaxe Espacial, os valores obtidos foram: integração global (INT) de 2,029 e conectividade (CONN) de 6,0: a Rua Barroso, novamente, é a via mais integrada (3,831) e, também, a mais conectada (21,0). Como pode ser conferido na Figura 82, os mapas de integração global e de conectividade são bem semelhantes.

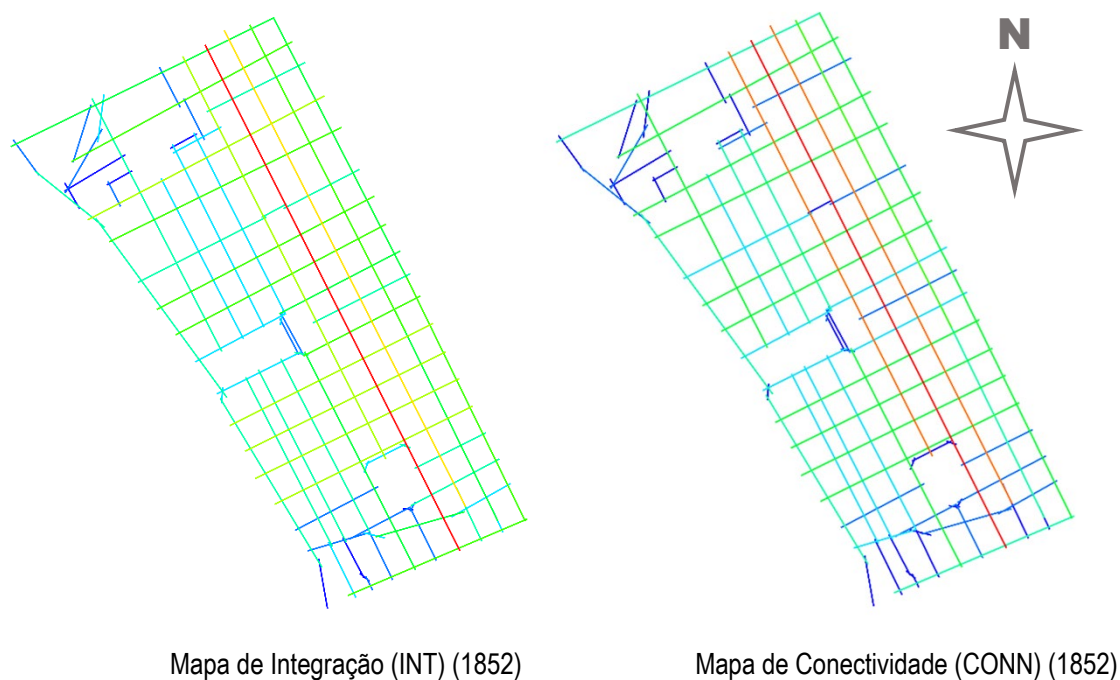


Figura 82: Mapa de Integração Global (INT – à esquerda) e de Conectividade (CONN – à direita) do tecido urbano de Teresina referente ao ano de 1852. Fonte: Elaborado pela autora.

Na análise de segmentos, no ano de 1852, o tecido era composto por 386 segmentos com dimensão média de 83,834 metros – o projeto urbano inicial de Teresina é composto por quarteirões regulares baseados no modelo pombalino. Os valores para o NACH e NAIN são, respectivamente, 1,118 e 1,715.

6.1.2. 1922: A PRIMEIRA GRANDE EXPANSÃO

O ano de 1922 é o marco da primeira grande expansão urbana de Teresina, quando a mancha urbana mais que dobra de tamanho, passando a ocupar uma área de 3,505km² (235,71% em relação ao período anterior - 1852)²⁴³ no decorrer de 70 anos. O sistema, agora é formado por 149 linhas, quase o dobro do período anterior, no entanto o aspecto reticulado da malha urbana ainda é bastante marcante. Foram calculadas 42,51 linhas/km², valor abaixo do anterior, o que reforça o caráter reticulado das vias.

Identificamos que a média de dimensão das linhas aumentou, alcançando agora de 522,868m – a rua Barroso e a rua Treze de Maio continuam em destaque como vias mais longas, mas agora aparecem duas outras no sentido leste-oeste, que são as hoje denominadas ruas Álvaro Mendes (1.900,97m) e Desembargador Freitas (1.833,07m). O aumento do tamanho médio dos eixos é um reforço de que o caráter reticulado foi mantido no crescimento do tecido urbano, em que as vias existentes foram sendo ampliadas a partir dos segmentos originais.

Para as variáveis topológicas (Figura 83), a integração global (INT) alcançou 2,171, valor um pouco superior ao do período prévio, o que expressa uma tendência contrário àquela identificada em cidades brasileiras: na medida em que crescem, as estruturas no país sofrem uma redução da acessibilidade potencial – o desempenho aqui é possivelmente resultado da manutenção rígida do tabuleiro de xadrez do assentamento como leiaute geral do assentamento. A via mais integrada do sistema, novamente, é a atual rua Barroso (INT = 3,990) no sentido norte-sul, seguida pela Treze de Maio (INT = 3,597), também norte-sul, e pela Álvaro Mendes (INT = 3,579), no sentido leste-oeste²⁴⁴. Quando observamos a integração local com raio 3 (INTr3), encontramos o valor médio de 2,544, com destaque, novamente para as ruas Barroso (INTr3 = 4,176) e Álvaro Mendes (INTr3 = 4,068). Quanto à conectividade (CONN), o valor para o sistema foi de 6,912, indicando que o tecido urbano teresinense, mesmo após mais que dobrar de tamanho, continuou bastante conectado. A via mais conectada foi a Álvaro Mendes (CONN = 27,0), seguida pela Barroso (CONN = 23,0) e pela Paissandu (CONN = 22,0), no sentido leste-oeste.

²⁴³ Esse crescimento ao longo de 70 anos corresponde a uma taxa média anual de 0,0123%, utilizando a fórmula de juro composto para esse cálculo, visto que o crescimento em área é cumulativo.

²⁴⁴ A via mais integrada no sentido leste-oeste em 1922.

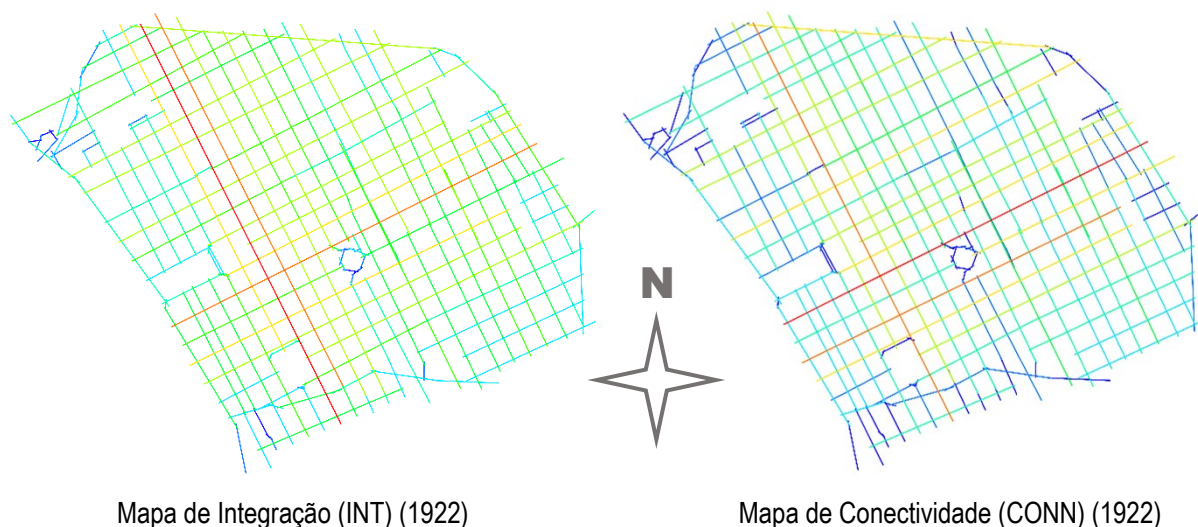


Figura 83: Mapa de Integração Global (INT – à esquerda) e de Conectividade (CONN – à direita) do tecido urbano de Teresina no ano de 1922. Fonte: Elaborado pela autora.

Na análise a respeito do ano de 1922, foram encontrados 888 segmentos com tamanho médio de 82,283 metros, indicando a continuação da regularidade da malha urbana. O valor de NACH obtido foi de 1,150 e o de NAIN, 1,950, medidas ligeiramente superiores às do período anterior, o que aponta uma estabilidade ascendente quanto às questões de centralidade e hierarquia viária, reforçadas, ao que parece, pela manutenção e rigidez da grelha implantada no assentamento.

6.1.3. DÉCADA DE 1950: OCUPAÇÃO ENTRE RIOS

No início da década de 1950, aproximadamente 100 anos após a fundação da cidade e ainda na pré-ocupação da margem leste do rio Poti, a mancha urbana teresinense já ocupa todo o espaço entre margens dos rios, expandindo-se em sentido norte e sul. Neste momento, o sistema corresponde a uma área de 14,463km² (412,64% superior em relação ao ano de 1922 e 912,62% maior diante do núcleo original)²⁴⁵. O aspecto reticulado ainda é bastante marcante no tecido urbano, como pode ser observado na Figura 84. Para este período, são encontradas 676 linhas, resultando numa proporção de 46,74 linhas/km², valor ligeiramente acima do prévio, o que aponta certo grau de adensamento. O comprimento médio das linhas diminuiu de 522,868 para 407,013 metros, com maior via correspondendo à alameda Parnaíba (2.876,40 metros), aberta nesse novo

²⁴⁵ A taxa de crescimento da malha urbana está na faixa de 0,052% ao ano.

período²⁴⁶, seguida pelo prolongamento da rua Treze de Maio²⁴⁷ (2.683,13 metros) e pela hoje avenida Barão de Gurguéia (2.591,46 metros).

Com relação às variáveis topológicas, temos agora uma integração global de 1,507, bem menor do que nos anos anteriores: a avenida Frei Serafim é uma das mais integradas do sistema (INT = 2,518). No caso da integração global, aliás, em análise visual do sistema, é possível perceber um elevado grau de coesão, com a predominância de cores quentes e intermediárias²⁴⁸. Para a integração local de raio 3 (INTr3), o valor encontrado foi de 2,285, o menor até o momento²⁴⁹. Para conectividade (CONN), 5,497 foi a média, com destaque para a Alameda Parnaíba, cujo valor de conectividade atinge 39,0, e para a Avenida Frei Serafim, com 30,0.

Com relação aos segmentos, o sistema cresce para 3.090 elementos, com tamanho médio de 82,525 metros, o que indica o quanto o caráter regular de grelha continua sendo uma forte característica da malha urbana de Teresina, 100 anos depois de sua fundação. A interpretação também é possível de constatar em análise visual (Figura 84), apesar da existência de alguns pontos de “quebra” da regularidade. Para o NACH, o valor encontrado é de 1,074 e para o NAIN, 1,649, em ligeiro declínio diante do cenário anterior.

²⁴⁶ A alameda Parnaíba ainda é, até os dias atuais, uma das vias mais importantes da Zona Central/Norte da cidade de Teresina.

²⁴⁷ O prolongamento é a continuação da via depois da avenida José dos Santos e Silva que foi, por muito tempo, o limite sul do tecido urbano teresinense.

²⁴⁸ Por se tratar de um esquema visual baseado em cores, sendo as cores mais quentes (vermelho/laranja) representando as vias mais integradas e as cores mais frias (ciano/azul) as vias menos integradas, a predominância de cores quentes e intermediárias/medianas indica um sistema grosso modo mais acessível, com vias de valores de integração altos.

²⁴⁹ Em comparação aos períodos anteriores, 1852 e 1922.

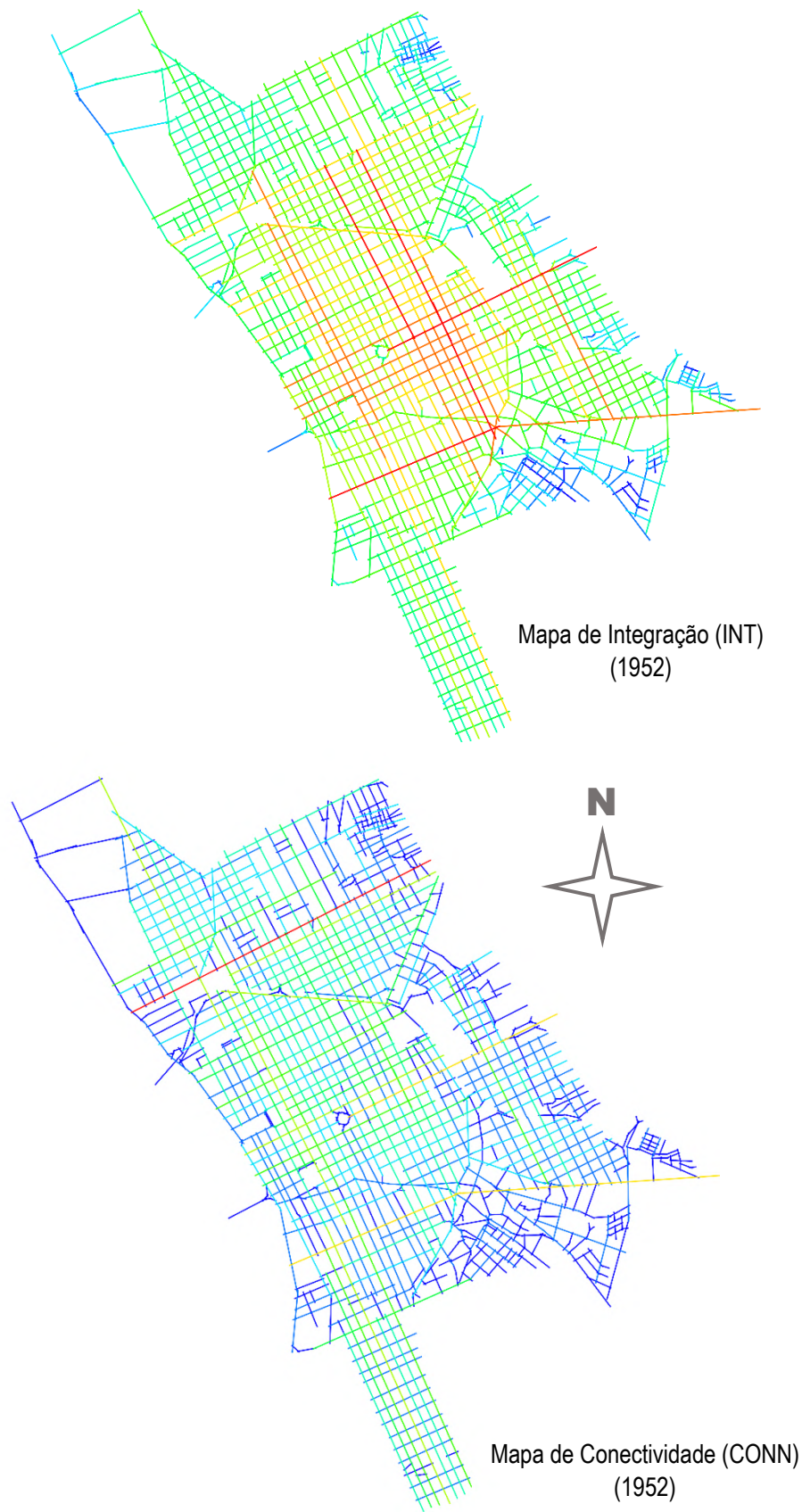


Figura 84: Mapa de Integração Global (INT – acima) e de Conectividade (CONN – abaixo) de Teresina no ano de 1952. Fonte: Elaborado pela autora.

6.1

Depois da forte expansão causada pela implantação dos conjuntos habitacionais no tecido urbano entre as décadas de 1960 e 1980, a cidade de Teresina tem, no ano de 1992, uma área²⁵⁰ de, aproximadamente (e impressionantes), 166,439km², correspondendo a uma taxa de crescimento anual de 0,06% em relação à década de 1950²⁵¹. Neste momento, a presença dos rios dois se torna marcante no tecido urbano. As vias ainda têm um aspecto regular, embora já seja possível, em uma análise mais minuciosa, perceber os formatos dos diferentes loteamentos que foram sendo implantados, divididos uns dos outros pelas grandes avenidas, as chamadas “vias arteriais”, que direcionam o crescimento do tecido. Foram contabilizadas 7.105 linhas no total, correspondendo a 42,69 linhas/km², uma média menor que a do marco temporal anterior (década de 1950). Os valores obtidos confirmam o que já foi observado em análise visual, ou seja, que apesar de ter crescido de forma bastante intensa, o tecido urbano ainda é formado, em grande parte, por linhas retas e mais alongadas, resultado dos loteamentos para implantação dos conjuntos habitacionais. O tamanho médio das vias é de 311,75 metros, bem menor do que o do período anterior, confirmando o caráter “retalhado”²⁵² do tecido urbano no período.

Em relação às variáveis topológicas, para a integração global (INT - Figura 85) em uma primeira análise visual, torna-se muito marcante o papel do antigo núcleo urbano, que corresponde ao centro da cidade, em seu caráter mais integrado, com predomínio de linhas em cores quentes (vermelho/laranja). Também se destacam, neste momento, as linhas mais próximas à margem leste do rio Poti, onde nasceu a chamada zona leste de Teresina²⁵³, com predomínio da cor alaranjada. Merece menção, igualmente, as linhas amarelas que formam o quadrante noroeste na Zona Sudeste, local em que foi implantada a primeira etapa do Conjunto Habitacional Itararé I (hoje, parte do bairro chamado Itararé²⁵⁴), indicando que se trata da área mais integrada da zona no momento, apesar de não tão acessível topologicamente quanto outras regiões – o produto é um valor de integração global do sistema de 0,851, o menor até o momento. No mapa de integração local com raio 3 (INTr3), observamos que apenas algumas vias²⁵⁵ se destacam com cores mais

²⁵⁰ A mancha urbana foi demarcada a partir da imagem histórica de satélite no Google Earth referente ao mês de dezembro de 1992. Neste caso, por escolha metodológica, a mancha não coincide com o perímetro urbano.

²⁵¹ Em comparação ao ano da fundação da cidade, 1852 (140 anos), a taxa de crescimento anual, calculada a partir da fórmula de juro composto, por se tratar de um crescimento cumulativo, é de 0,0343%.

²⁵² Em referência ao termo “colcha de retalhos” cunhado por Medeiros (2013).

²⁵³ Essa região corresponde aos primeiros loteamentos voltados para a classe mais rica da cidade, que hoje formam os bairros Jôquei, Fátima, Ininga e São Cristóvão. Para mais informações sobre o surgimento e desenvolvimento da Zona Leste, ver CASTELO BRANCO (2012).

²⁵⁴ O bairro Itararé, o mais emblemático da Zona Sudeste de Teresina, foi originalmente formado por dois conjuntos habitacionais, o Conjunto Itararé I, ao norte, e o Conjunto Dirceu II, ao sul. Para mais informações a respeito da formação do bairro, ver LIMA (2011).

²⁵⁵ Boa parte dessas vias que se destacam com cores quentes são as chamadas “arteriais”, que direcionam o crescimento urbano.

quentes: a via mais integrada localmente é a hoje denominada avenida Noé Fortes²⁵⁶ (INTr3 = 4,823), seguida pela Joaquim Nelson²⁵⁷ (INTr3 = 4,496) – as duas únicas na cor vermelha no mapa. O valor médio encontrado para a integração local com raio 3 foi de 2,200, menor que o do período anterior. Sobre a conectividade (Figura 86), o sistema chegou a 4,567 (inferior aos 5,497 prévios), com destaque, novamente, para a avenida Noé Fortes (CONN = 73,00), a única em vermelho no mapa.

²⁵⁶ A avenida Noé Fortes é a via que ladeia as hortas comunitárias do Dirceu, considerada a maior horta urbana do mundo. O eixo, que corre no sentido leste-oeste, atravessa boa parte dos bairros da Zona Sudeste: Itararé, Parque Ideal, Novo Horizonte, Renascença, Colorado e São Sebastião. A partir do marco 1992, essa via será sempre destaque no tecido urbano quando interpretadas as variáveis topológicas.

²⁵⁷ A avenida Joaquim Nelson corre no sentido norte-sul, é a via que divide o bairro Itararé dos bairros Parque Ideal (a norte da avenida Noé Fortes) e Novo Horizonte (ao sul da avenida Noé Fortes).

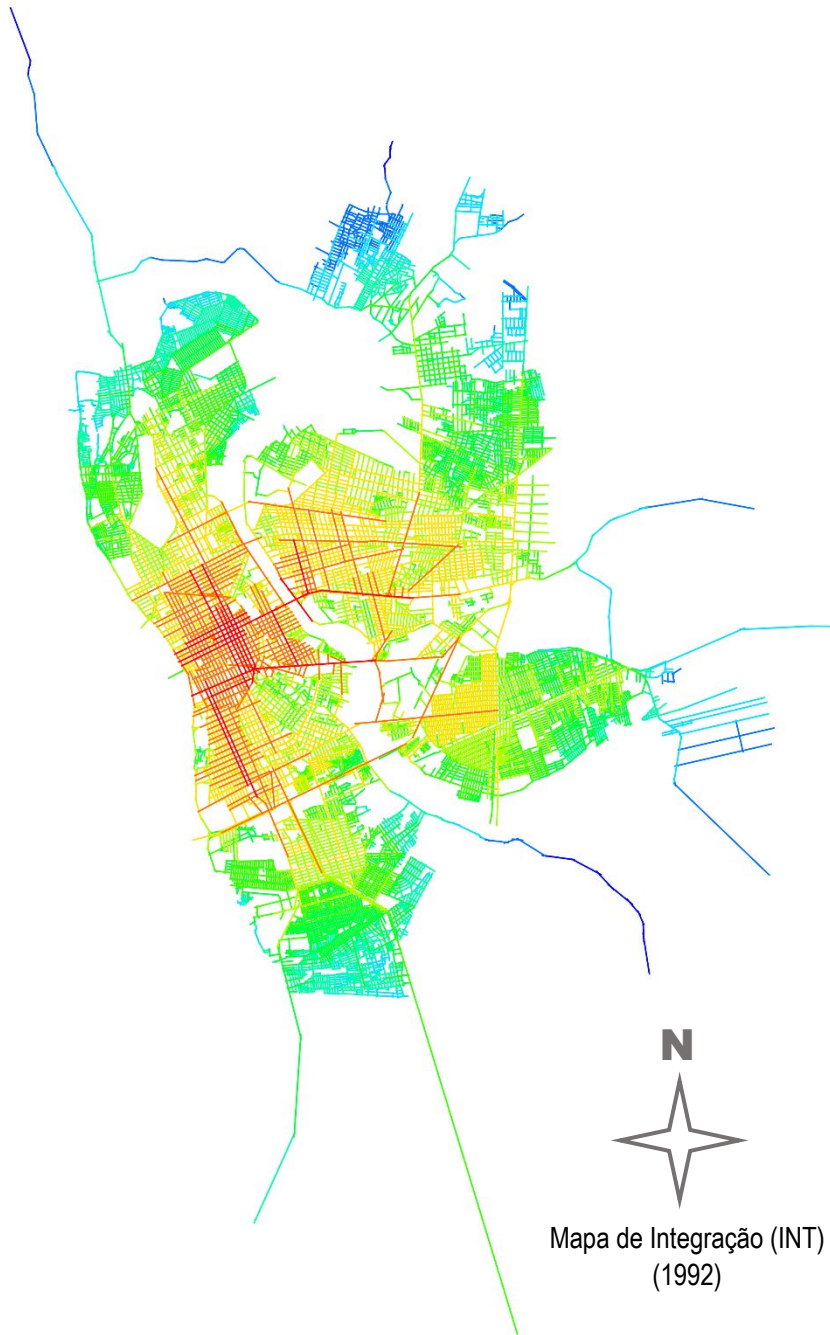


Figura 85: Mapa de Integração Global (INT) da cidade de Teresina no ano de 1992.
Fonte: Elaborado pela autora.

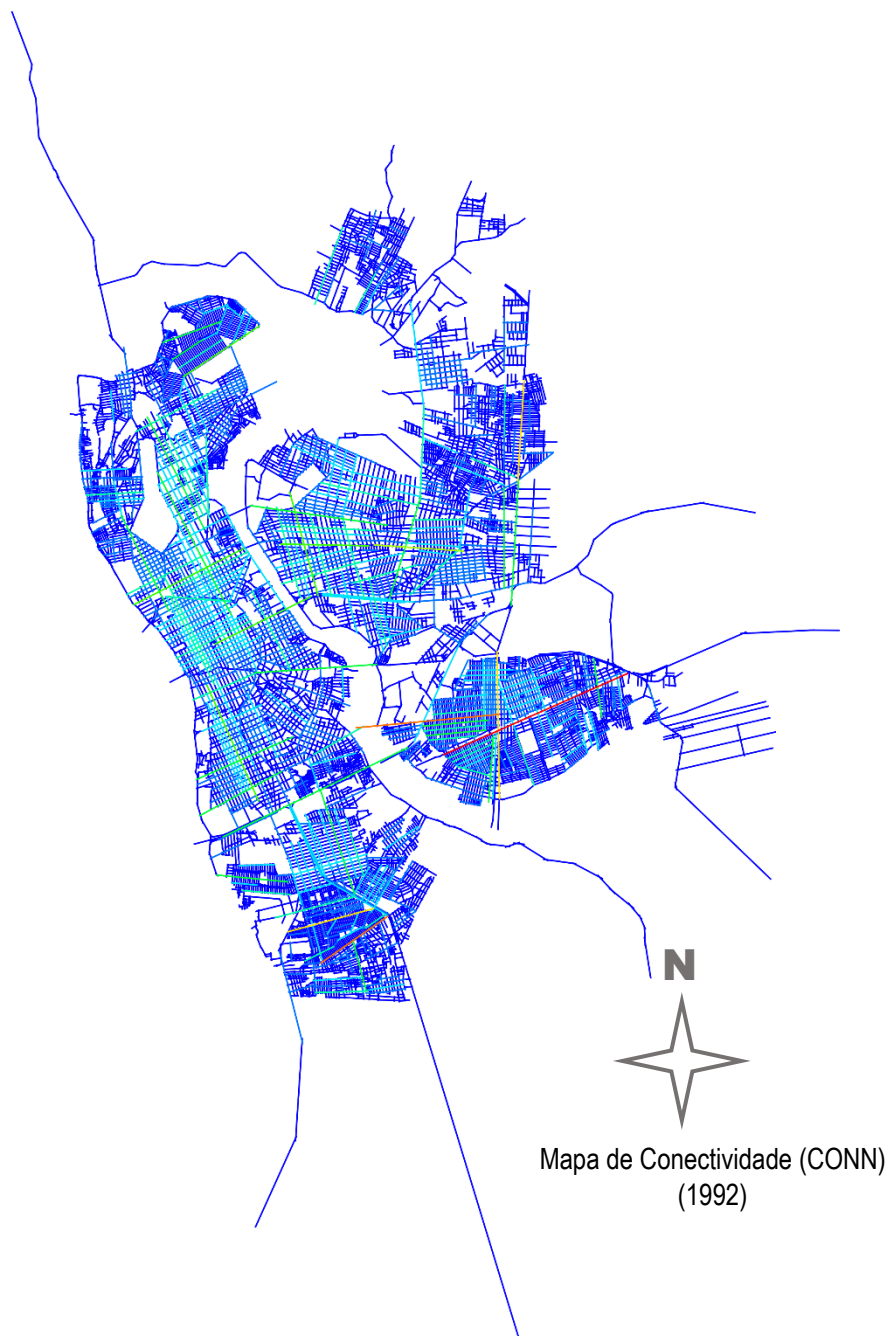


Figura 86: Mapa de Conectividade (CONN) das vias de Teresina no ano de 1992.
Fonte: Elaborado pela autora.

O sistema nesse período alcança 25.841 segmentos, que agora têm um tamanho inferior à estabilidade dos marcos temporais anteriores: 75,533 metros. Essa medida pode ser traduzida como uma continuação na regularidade da malha, no entanto, com os empreendimentos imobiliários implantados entre as décadas de 1960 e 1990, há uma significativa diminuição no tamanho médio dos quarteirões. O valor encontrado para o NACH foi de 0,957 e para o NAIN, 1,714, o que aponta ligeira estabilidade diante do cenário anterior.

6.1.5. 2006: SOB EFEITO DA AGENDA 2015

O ano de 2006 foi escolhido nesta análise por se tratar de um marco temporal relativo ao início dos efeitos da Agenda 2015 de Teresina. Mesmo ocorrendo apenas 14 anos após o marco temporal anterior, o menor intervalo até agora, 2006 foi o ano em que leis importantes, como a restituição do Plano Diretor de Teresina (3.558/2006), a Lei de Parcelamento do Solo (3.561/2006) e a Lei de Uso do Solo (3.562/2006)²⁵⁸, por exemplo, foram instituídas. Também é um ano no qual a margem norte do rio Poti, região “acima” do encontro dos rios, formando a região da Grande Santa Maria, já está com a ocupação consolidada.

A mancha urbana teresinense foi demarcada a partir de foto de satélite histórica obtida no software Google Earth²⁵⁹, conforme demonstrado na Figura 87. A área total é de 247,082 km², 48,45% superior ao marco temporal anterior (1992). Pela imagem é possível observar grandes vazios urbanos no tecido, indicando bairros em processo de implantação, especialmente nas bordas do assentamento.

²⁵⁸ Essas leis estiveram em vigor, sofrendo apenas pequenas alterações em seus dispositivos, até o ano de 2019, quando foi instituído o Plano Diretor de Ordenamento Territorial (PDOT – Lei nº. 5.481/2019) de Teresina. Portanto, o crescimento urbano passa a se dar sob influência dessa legislação a partir de 2006.

²⁵⁹ Referente ao mês de dezembro de 2006.

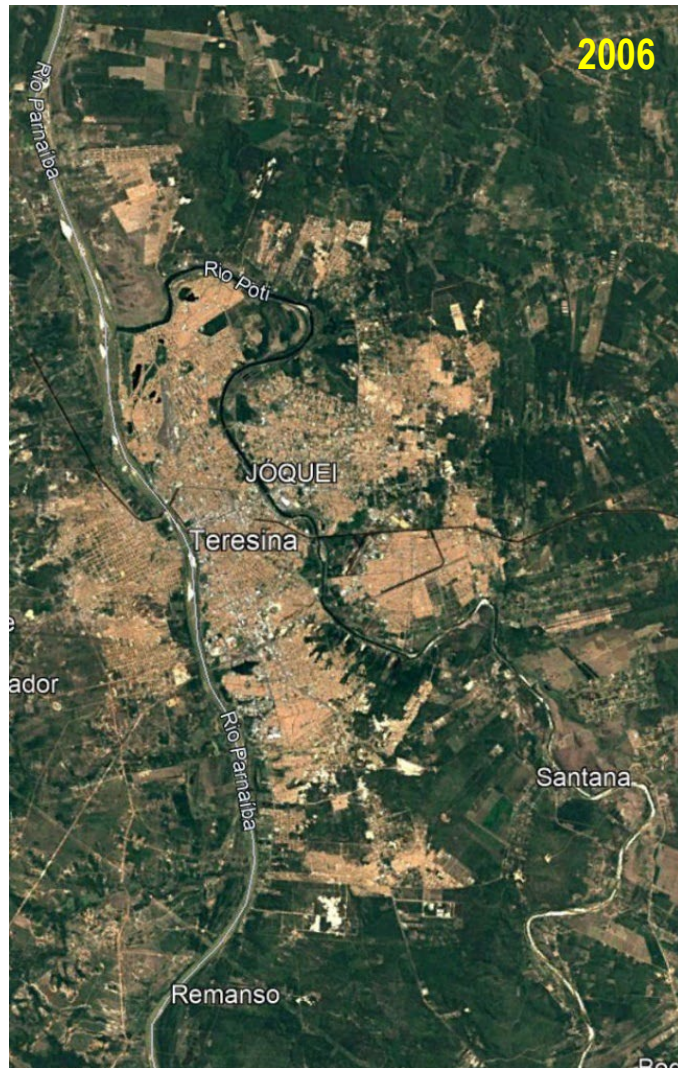


Figura 87: Vista aérea da cidade de Teresina no ano de 2006 - esta imagem foi utilizada como base para análise configuracional do tecido urbano para o ano de 2006. Fonte: Google Earth.

Quanto à quantidade de linhas que formam o sistema, agora encontramos 9.862 eixos, 2.757 a mais do que em 1992. A compactidade é de 39,91 linhas/km², a menor até então, o que nos indica a existência de grandes vazios dentro do sistema urbano, com destaque para²⁶⁰: 1) o rio Poti, inserido na mancha demarcada; 2) a região norte do rio Poti, onde está instalado o curtume Europa; 3) a região do zoobotânico, na Zona Leste de Teresina, à margem oeste do rio Poti; emendada com 4) a região da Embrapa, na mesma “altura” no zoobotânico, mas na margem leste do Poti. A dimensão média das linhas é de 311,75 metros, uma diminuição em relação ao período anterior, com destaque para a hoje BR²⁶¹ 316, cujo comprimento se destaca com 9.877 metros.

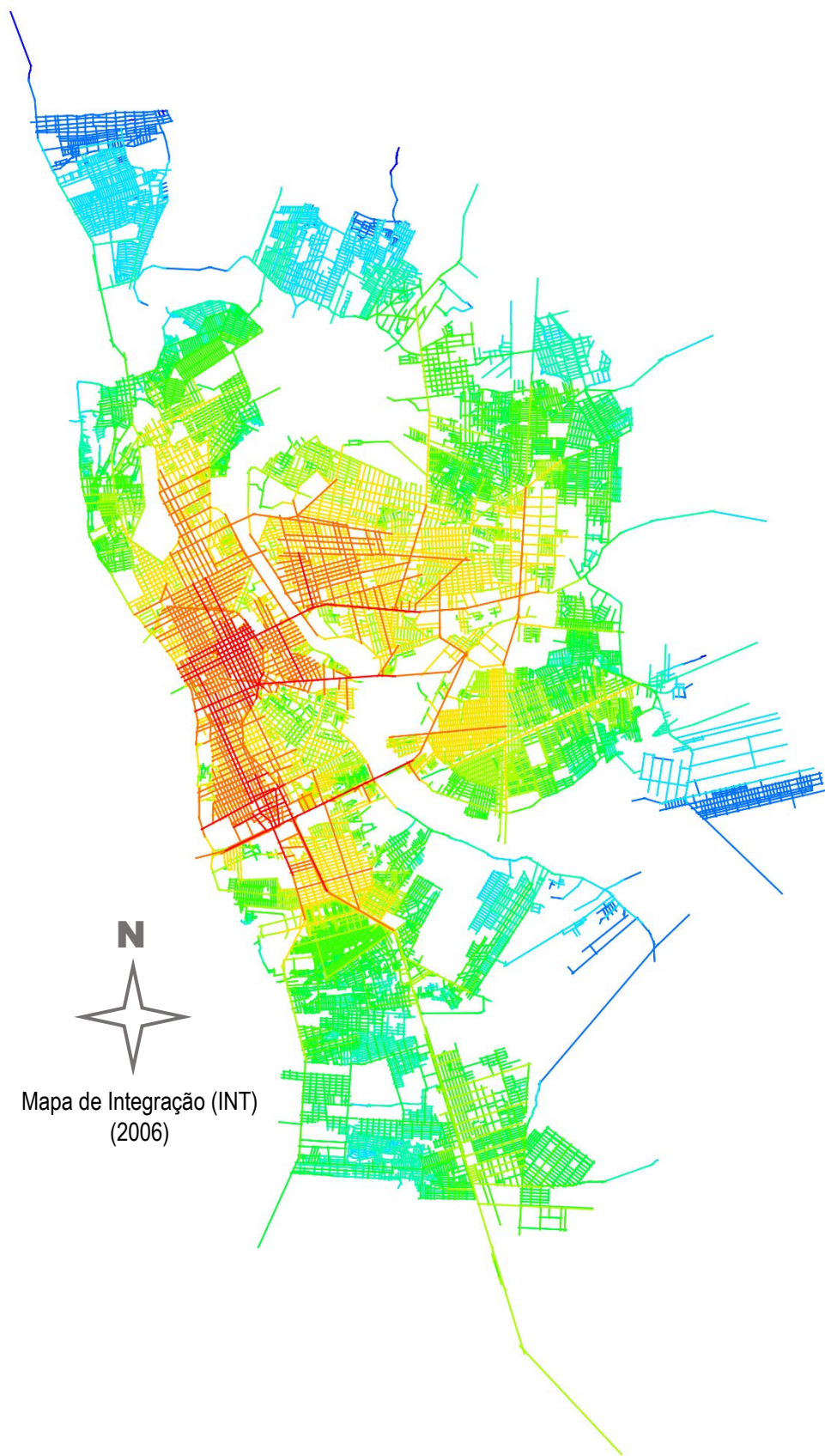
²⁶⁰ Por principais, tratamos aqui das regiões que se destacam em análise visual: alguns dos vazios urbanos existem por se tratarem de grandes propriedades privadas ainda não loteadas.

²⁶¹ A BR 316 se trata de uma continuação da avenida Miguel Rosa que, após cruzamento com a avenida Presidente Getúlio Vargas (BR 226, que vem da cidade de Timon), no conhecido “balão da Tabuleta”, passa a ser denominada avenida Prefeito Wall Ferraz.

O valor de integração global (INT - Figura 88) chegou a 0,749, em claro declínio. O centro da cidade continua sendo a região mais integrada globalmente, mas a Zona Leste, antes em cores alaranjadas, agora aparece com linhas vermelhas, ou seja, mais integradas, bastante destacadas. Em contrapartida, as zonas com cores mais frias, ou seja, menos integradas, estão nas novas bordas do tecido urbano: a região da Santa Maria da Codipi mais ao norte e a região do bairro Bom Princípio, mais a sudeste. Para a integração local com raio 3 (INTr3), o valor médio encontrado foi de 2,203, praticamente estável em relação ao marco temporal anterior (1992), com destaque para a região sudeste do município: as únicas linhas avermelhadas, ou seja, que apresentam valores mais altos de integração local, são as avenidas Noé Mendes (INTr3 = 4,825), Joaquim Nelson (INTr3 = 4,511) e José Francisco de Almeida Neto (INTr3 = 4,374), as três no bairro Itararé; a rua dos Flamingos (INTr3 = 5,321) e a rua principal do loteamento Nova Santana (INTr3 = 4,954), as duas últimas localizadas no bairro Bom Princípio, o menos integrado globalmente.

Quanto à conectividade (CONN – Figura 89), o valor obtido foi de 4,553, apontando estabilidade em relação ao ano de 1992. Como vias mais conectadas, os destaques são as avenidas Noé Mendes (CONN = 73,0) e Joaquim Nelson (CONN = 61,0), ambas na Zona Sudeste, e a rua Odilon Nunes (CONN = 60,0), localizada na zona sul, que divide o bairro Promorar (ao norte da via) dos bairros Santo Antônio e Santa Cruz (ambos ao sul da via). Para o NACH, o resultado encontrado foi de 0,938, uma ligeira queda em relação ao período anterior, confirmando a tendência dos últimos períodos.

Em relação à análise dos segmentos, em 2006, a cidade conta com 35.710 linhas, um considerável aumento em relação ao período anterior. O tamanho médio dos segmentos, 79,196 metros, permanece estável, indicando que, apesar do crescimento do tecido urbano, há uma tendência à manutenção da forma urbana. O resultado encontrado para o NACH foi de 0,938, mantendo a tendência a uma ligeira queda com o passar do tempo. Para o NAIN, obtivemos o resultado de 1,114, também indicando estabilidade decrescente em relação aos períodos anteriores.



Mapa de Integração (INT)
(2006)

Figura 88: Mapa de Integração Global (INT) da cidade de Teresina no ano de 2006.
Fonte: Elaborado pela autora.

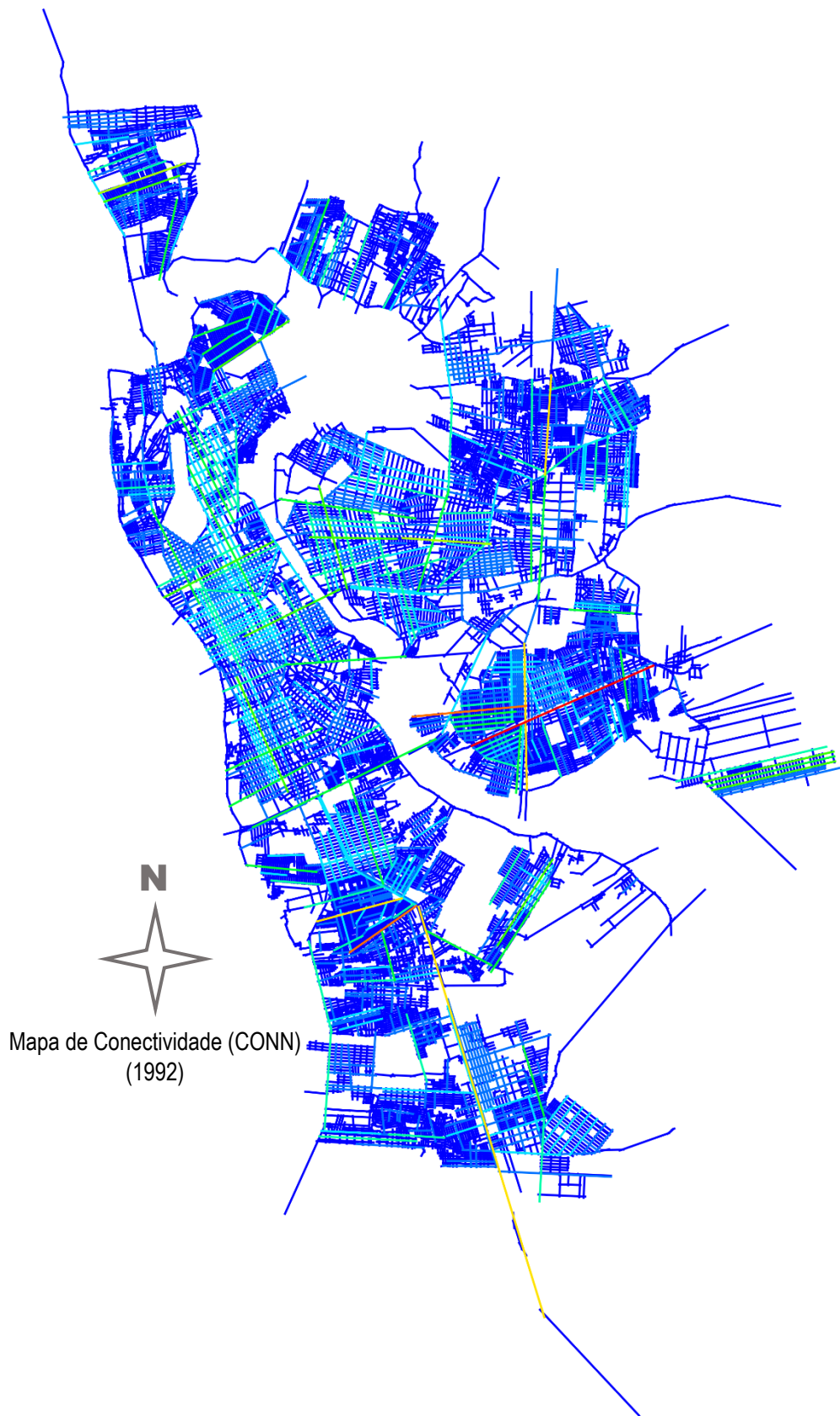


Figura 89: Mapa de Conectividade (CONN) das vias de Teresina no ano de 2006.
Fonte: Elaborado pela autora.

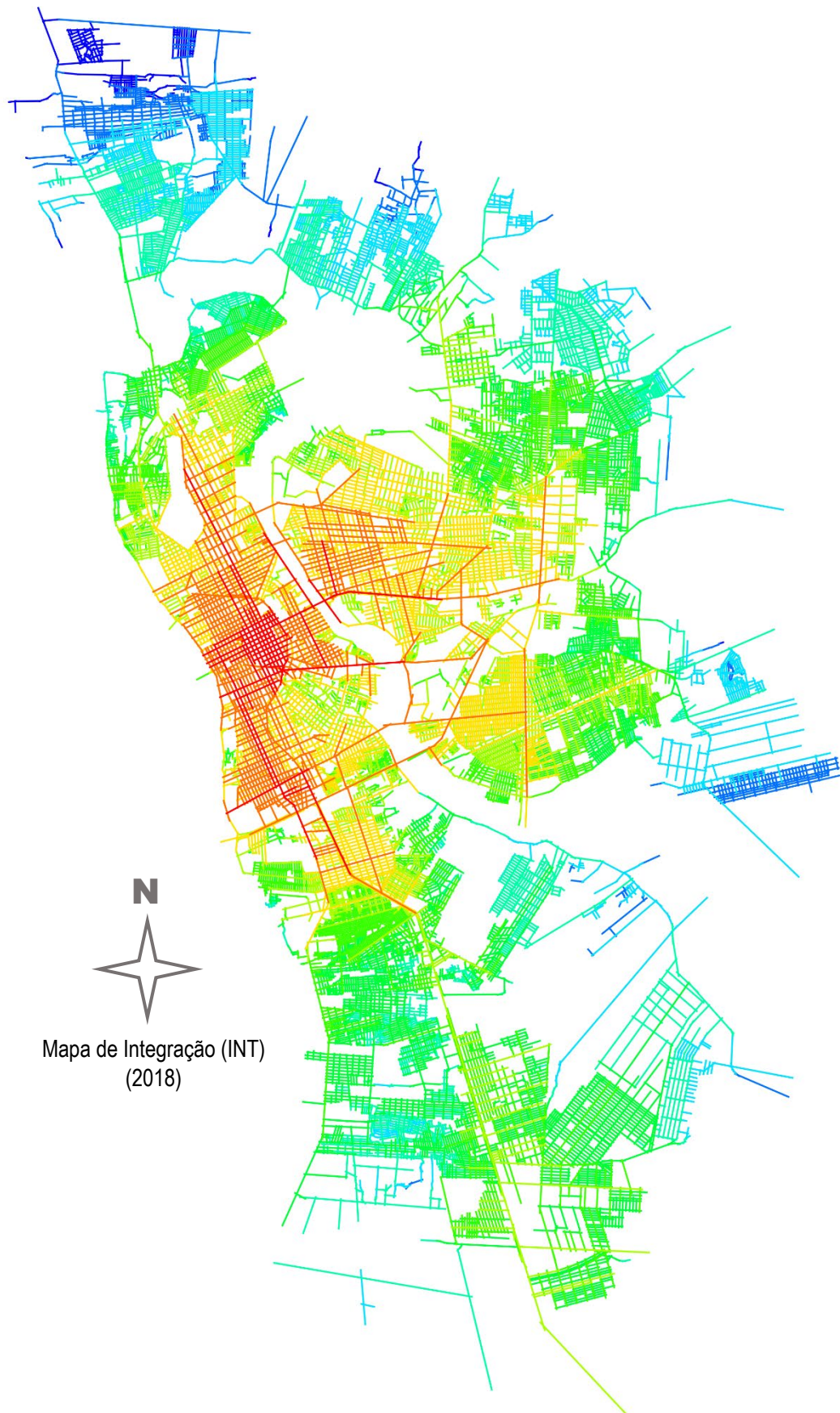
6.1.6. 2018: DIAS ATUAIS

Para os dias atuais, o ano escolhido foi 2018, cuja análise preliminar foi executada por Adão, Medeiros e Holanda (2019). A mancha urbana tem uma área de 486,060 km², quase o dobro da demarcada no período anterior (2006). Agora, no sistema, foram encontradas 11.196 linhas, o que nos fornece uma compacidade de 23,03 linhas/km², a menor de todos os períodos, apontando a ampliação dos vazios urbanos resultante da própria expansão sobre o território. A dimensão média das linhas é de 319,600 metros, maior que em 1992 e que em 2006, o que nos faz crer, ao confrontar esse dado com a história da cidade, que essa média maior é em virtude de um crescimento urbano baseado em loteamentos, em especial nas bordas da cidade. A taxa de crescimento urbano, se considerarmos a data de fundação ainda no século XIX, é de 0,0355% ao ano.

No que diz respeito às variáveis topológicas, o valor de integração global (INT - Figura 90), neste momento, é de 0,702 – o menor de todos os períodos analisados. Não há grandes mudanças visuais em relação às cores em comparação com o período anterior (2006), ou seja, a região central da cidade e bairros adjacentes, bem como a porção mais ao sul da Zona Leste mantêm-se como as áreas mais integradas do sistema urbano; como regiões menos integradas estão, novamente, à semelhança do marco temporal anterior, a região mais ao norte (Santa Maria da Codipi) e mais a sudeste (Bom Princípio) de Teresina. Como integração local de raio 3 (INTr3), foi encontrado um valor médio de 2,171, também o menor até o momento, com as mesmas vias anteriores ainda em destaque, a partir da análise visual.

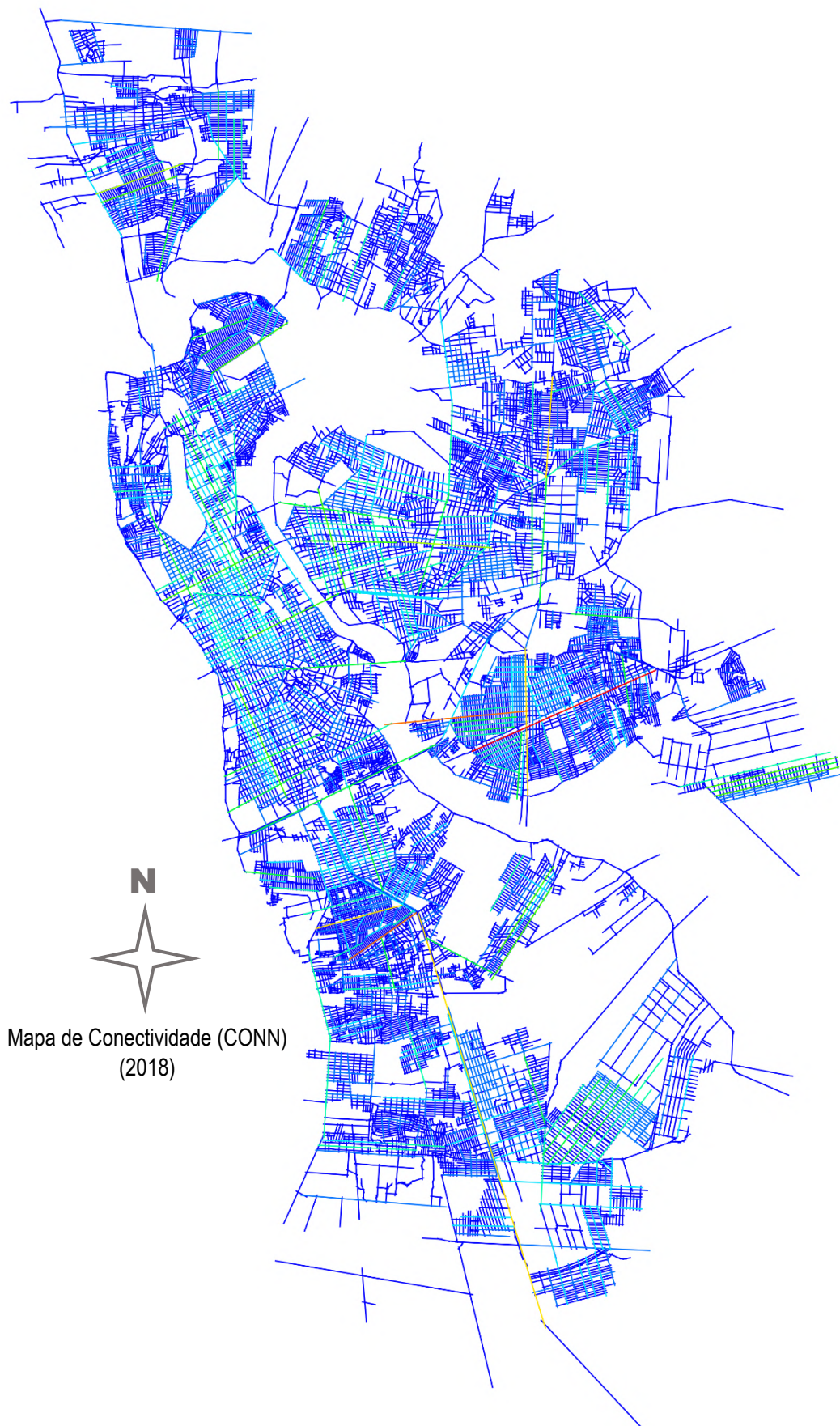
O valor da conectividade (CONN – Figura 91) do sistema urbano de Teresina, em 2018, é de 4,499, que, embora seja o valor mais baixo de todos, não está tão abaixo do marco temporal anterior, apontando certa estabilidade. As mesmas vias que se destacavam como mais conectadas no marco temporal anterior permanecem pronunciadas até os dias de hoje.

Em relação à análise de segmentos, no ano de 2018, foram encontrados 39.967 linhas, pouco mais do que o período anterior, com um tamanho médio de 81,689 metros. Como houve um grande crescimento da mancha urbana, tais valores indicam uma expansão do tecido, porém com a manutenção de espaços vazios – o aumento do tamanho médio das vias corresponde às vias que fazem o papel de corredores de expansão. Para o NACH, o valor encontrado foi de 0,930, que consideramos estável em relação ao período anterior, e para o NAIN, encontramos 1,091, também estável, confirmando a expansão do tecido com grandes vazios na mancha urbana.



Mapa de Integração (INT)
(2018)

Figura 90: Mapa de Integração Global (INT) da cidade de Teresina no ano de 2018.
Fonte: Adão, Medeiros e Holanda (2019).



Mapa de Conectividade (CONN)
(2018)

Figura 91: Mapa de Conectividade das vias (CONN) de Teresina no ano de 2018.
Fonte: Adão, Medeiros e Holanda (2019).

6.1.7. SÍNTESE DA HISTÓRIA URBANA E CONFIGURACIONAL DE TERESINA

Para uma melhor observação da expansão urbana diacrônica da cidade de Teresina, articulando o histórico apresentando no primeiro item e a interpretação configuracional trazida no segundo, as tabelas e gráficos abaixo contêm a síntese das medidas obtidas. Na Tabela 5 estão os dados relativos às variáveis geométricas enquanto na Tabela 6 estão os dados referentes às variáveis topológicas, conforme listados no item 4.3.1. VARIÁVEIS DA SINTAXE ESPACIAL, na página 107 desta pesquisa. Os gráficos 1 a 10 contêm a síntese dos dados dispostos nas tabelas. A discussão apresentada a seguir procurar construir a ponte entre as duas dimensões de análise.

Tabela 5: Variáveis configuracionais geométricas da expansão urbana de Teresina, por marco temporal.
Fonte: Elaborado pela autora.

| ANO | ÁREA DO SISTEMA (km ²) | NÚMERO DE LINHAS | COMPACIDADE (linhas/km ²) | COMPRIMENTO MÉDIO DOS EIXOS (metros) | NÚMERO DE SEGMENTOS | COMPRIMENTO MÉDIO DOS SEGMENTOS (metros) | NÚMERO DE SEGMENTOS POR KM ² |
|------|------------------------------------|------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|--|---|
| 1852 | 1,487 | 77 | 51,78 | 446,54 | 386 | 83,834 | 259,583 |
| 1922 | 3,505 | 149 | 42,51 | 522,87 | 888 | 82,283 | 253,352 |
| 1952 | 14,463 | 676 | 46,74 | 407,01 | 3.090 | 82,515 | 213,649 |
| 1992 | 166,439 | 7.105 | 42,69 | 311,75 | 25.841 | 78,533 | 155,258 |
| 2006 | 247,082 | 9.862 | 39,91 | 313,94 | 35.710 | 79,196 | 114,257 |
| 2018 | 483,060 | 11.196 | 23,03 | 319,60 | 39.967 | 81,689 | 82,226 |

Tabela 6: Variáveis configuracionais topológicas da expansão urbana de Teresina, por marco temporal.

Fonte: Elaborado pela autora.

| ANO | INTEGRAÇÃO GLOBAL (INT) | INTEGRAÇÃO LOCAL COM RAIOS 3 (INTR3) | CONECTIVIDADE (CONN) | NACH | NAIN |
|------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------|-------|-------|
| 1852 | 2,209 | 2,339 | 6,000 | 1,118 | 1,715 |
| 1922 | 2,171 | 2,544 | 6,912 | 1,150 | 1,950 |
| 1952 | 1,507 | 2,285 | 5,497 | 1,074 | 1,649 |
| 1992 | 0,851 | 2,200 | 4,567 | 0,957 | 1,174 |
| 2006 | 0,749 | 2,203 | 4,553 | 0,938 | 1,114 |
| 2018 | 0,702 | 2,171 | 4,499 | 0,930 | 1,091 |

Em síntese, quando observamos a expansão urbana diacrônica de Teresina, do ponto de vista configuracional, percebemos que a área do sistema e a quantidade de linhas cresce de maneira semelhante – relativamente estável até 1952 e, depois, numa crescente até 2018. Quando confrontamos tal comportamento com a história da cidade, percebemos que se trata dos efeitos da política de incentivo à implantação de conjuntos habitacionais promovida pelo BNH a partir da década de 1950. No entanto, na última porção temporal, de 2006 a 2018, a área do sistema cresce com intensidade maior do que no período anterior (1992-2006), enquanto a quantidade de linhas cresce em menor intensidade, o que indica uma expansão do perímetro urbano, porém, com inclusão de expressivos espaços vazios. Acreditamos que a tendência, de acordo com a história da cidade, é a de que, nos próximos anos, haja o adensamento do tecido urbano.

Sobre o comprimento médio dos eixos e a compacidade (linhas/km²), quando observamos os respectivos gráficos (a seguir), percebemos que a tendência é o decréscimo dos valores. O comprimento médio dos eixos, nos primeiros anos de existência do núcleo urbano (1852-1922), aumenta em referência à manutenção do formato de grelha da malha urbana. No entanto, quando o tecido urbano começa a crescer de forma radial em relação ao núcleo urbano original, apesar do formato de grelha ter sido preservado, passa a haver declínio na medida. Além disso, a ocupação informal, com tendência à criação de uma malha mais orgânica e menos regular, e os loteamentos para a criação de conjuntos habitacionais influenciam no desempenho da variável. Porém, como pode ser observado a partir de 1992, apesar de uma aparente estabilidade, há uma leve tendência ao crescimento do comprimento médio, o que possivelmente é explicado pela criação de vias estruturais em fase de expansão do tecido urbano. As tendências de decréscimo da compacidade do tecido confirmam essa hipótese.

Sobre a quantidade de segmentos, o desempenho é semelhante ao da quantidade de linhas, o que nos indica tendência à manutenção do formato da malha. O comprimento médio dos segmentos, no entanto, é variável: decresce no primeiro período, apresenta uma ligeira subida no segundo período, mas tem uma queda vertiginosa na fase de expansão da malha urbana (1952-1992), subindo nos anos seguintes. Creditamos o fato às leis de parcelamento e de uso e ocupação do solo, aprovadas no ano de 2006.

Em relação às variáveis topológicas, observamos um comportamento semelhante em todas as variáveis: os valores, em um primeiro momento, têm um aumento que acompanha o crescimento da área total do sistema enquanto a regularidade é mantida para todo o sistema; depois dessa fase, a tendência é a diminuição, ora de forma mais suave, ora de forma mais intensa. Com a integração global (INT), no primeiro momento, os valores crescem junto à área do sistema, indicando uma coesão da malha, que se amplia mantendo o formato em grelha. No entanto, a partir de 1922, os valores só decrescem até 1992 (um indicativo de *sprawl*), quando enfim atinge uma tendência à estabilização. A curva de conectividade mantém o mesmo comportamento, reforçando o contexto da fragmentação da malha urbana do sistema quanto mais recente é o período analisado. Os valores de integração local de raio 3 (INTr3), no entanto, apesar de ter o mesmo comportamento em descendência, declina de modo menos acentuado.

As medidas de NACH (*Normalized Choice* – escolha normalizada) e NAIN (*Normalized Integration* – integração normalizada), oriundas do mapa de segmentos, de algum modo apresentam comportamentos semelhantes aos observados nas variáveis anteriores, embora com intensidades distintas: o NACH quase não apresenta alterações significativas, apesar de perder intensidade à medida que o tecido urbano cresce; o NAIN, por sua vez, tem maior variação de valores, com a queda mais intensa ocorrendo entre os períodos de 1952 e 1992.

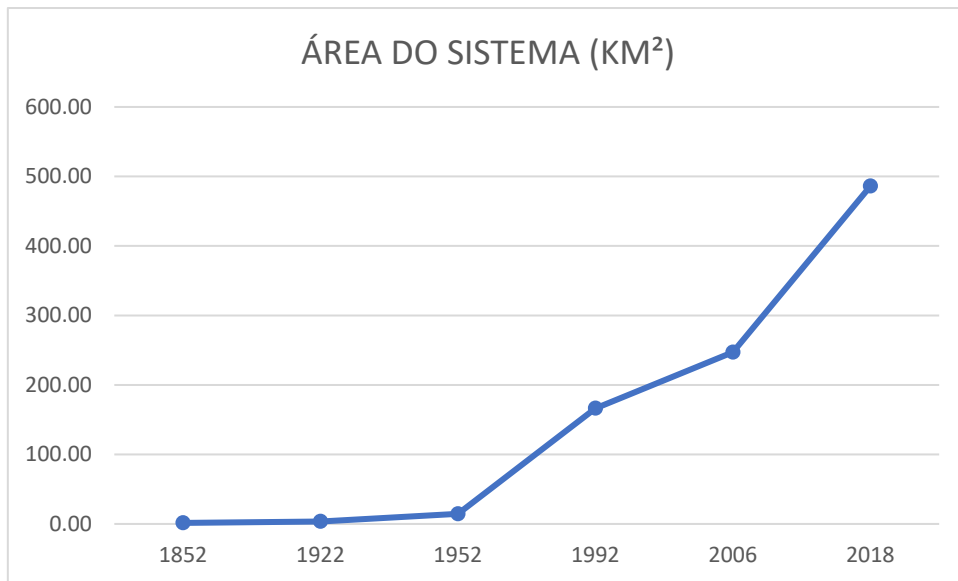


Gráfico 1: Crescimento da área do sistema por marco temporal de Teresina.
Fonte: Elaborado pela autora.

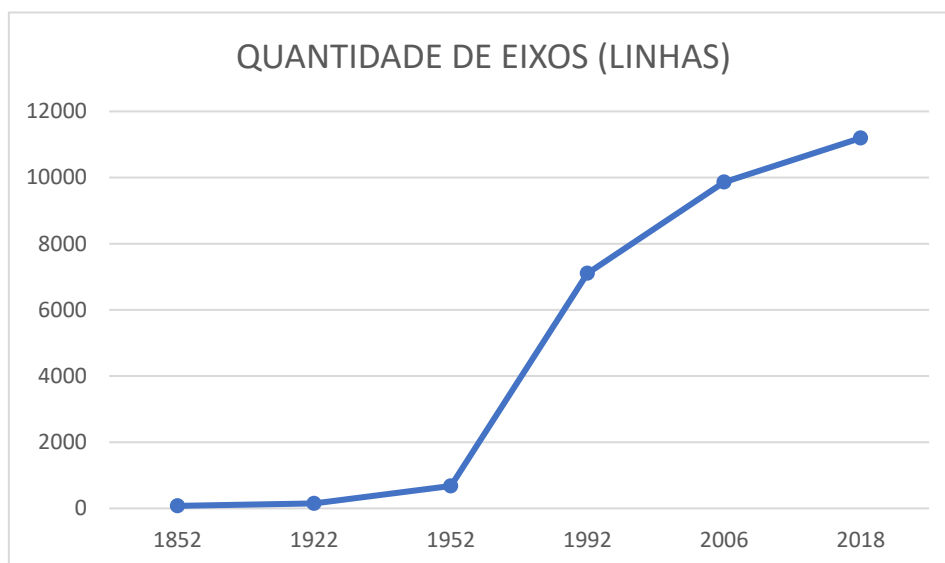


Gráfico 2: Quantidade de linhas por marco temporal. Fonte: Elaborado pela autora.

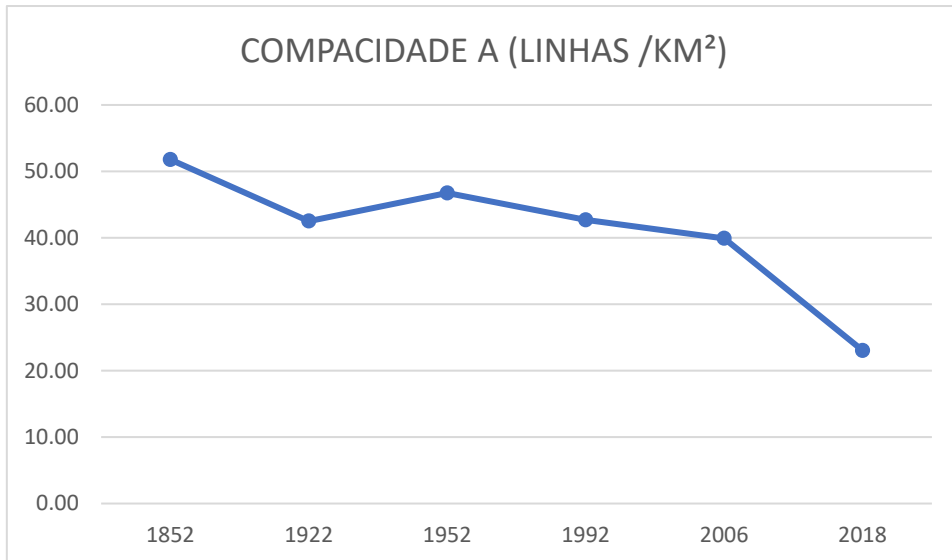


Gráfico 3: Evolução da compacidade na cidade de Teresina. Fonte: Elaborado pela autora.

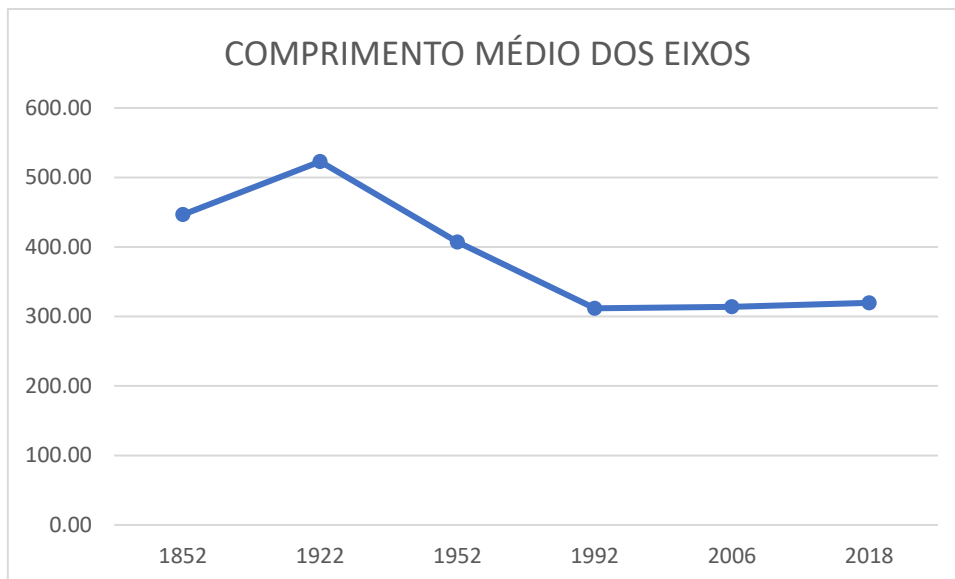


Gráfico 4: Evolução do comprimento médio dos eixos em Teresina. Fonte: Elaborado pela autora.

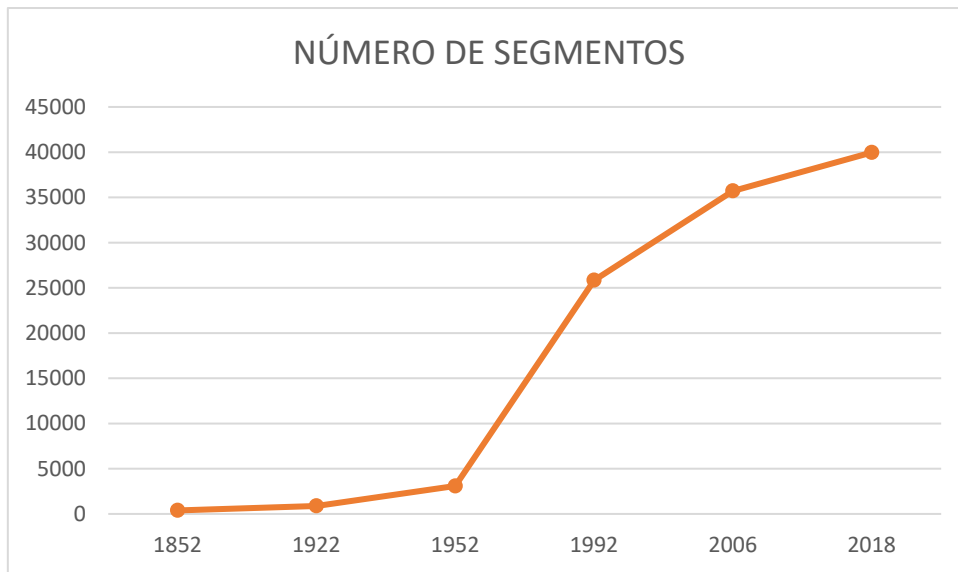


Gráfico 5: Quantidade de segmentos por marco temporal de Teresina.
 Fonte: Elaborado pela autora.

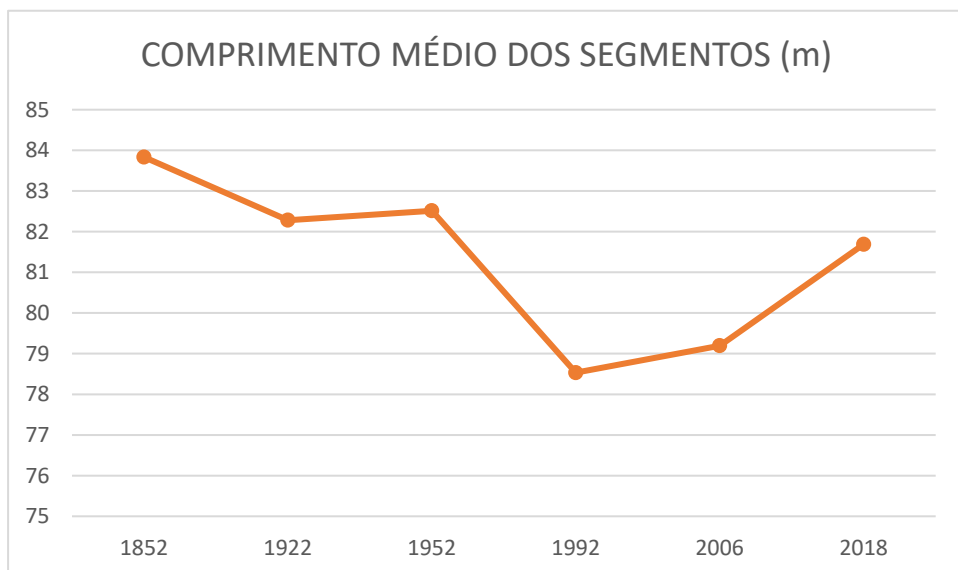


Gráfico 6: Evolução do comprimento médio dos segmentos nos marcos temporais em Teresina.
 Fonte: Elaborado pela autora.

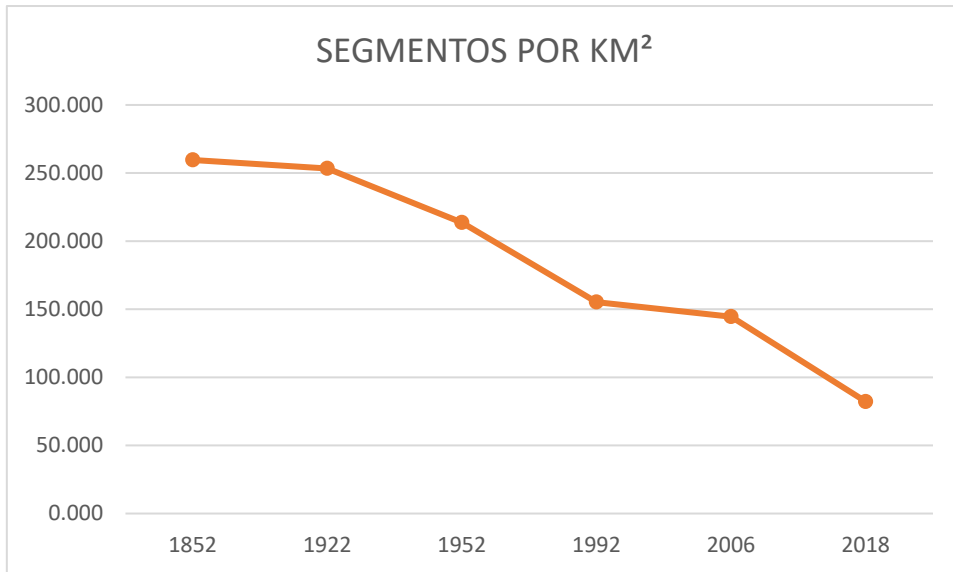


Gráfico 7: Quantidade de segmentos por km² em Teresina nos respectivos marcos temporais.
 Fonte: Elaborado pela autora.

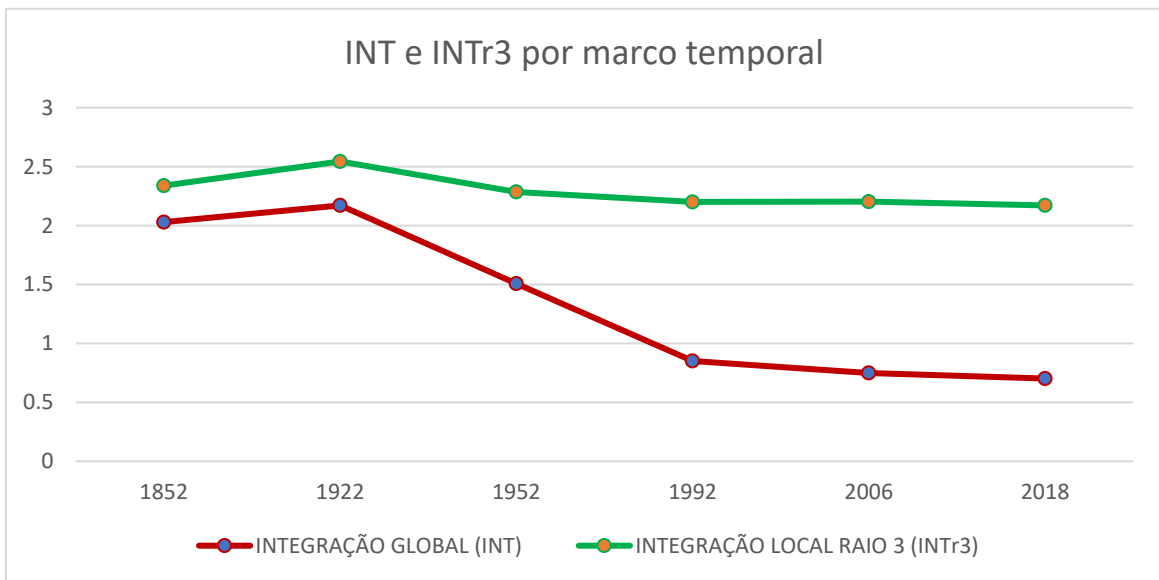


Gráfico 8: Evolução da integração global (INT) e da integração local de raio 3 (INTr3) em Teresina.
 Fonte: Elaborado pela autora.

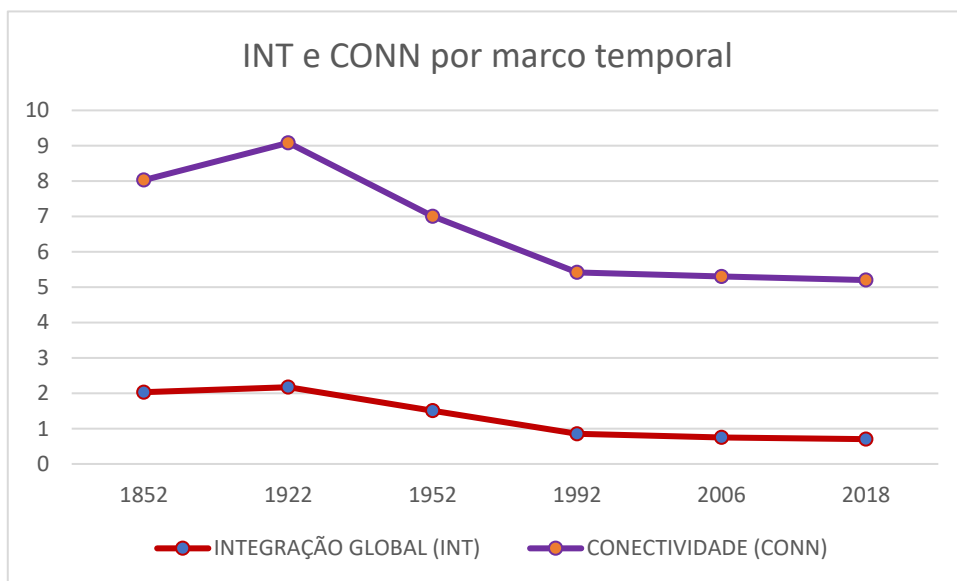


Gráfico 9: Evolução da Integração global (INT) e da conectividade (CONN) em Teresina. Fonte: Elaborado pela autora.

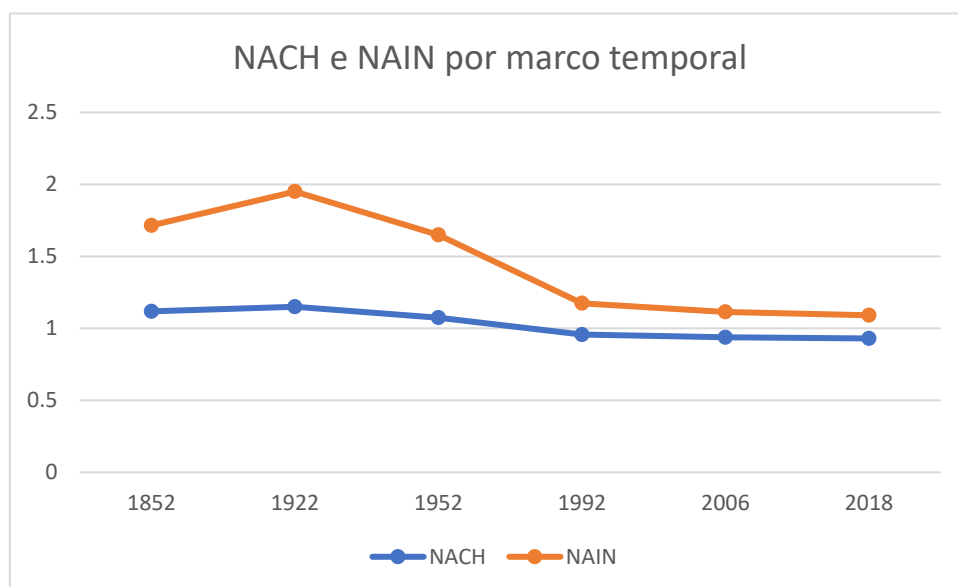


Gráfico 10: NACH e NAIN por marco temporal. Fonte: Elaborado pela autora.

6.2. UMA LEITURA LOCAL: OS SETORES

6.2.1. PARQUE BRASIL

No setor, estão demarcadas 212 linhas axiais, que somam 56.094,80 metros no total e possuem dimensão média de 264,59 metros, muito abaixo da média urbana de 319,60 metros. Ao analisarmos o setor em relação ao sistema urbano total, percebemos que 120 linhas, das 212, estão numa faixa considerada medianamente integrada (entre 0,8673 e 0,5503), no entanto, mais próximas do valor inferior, e 92 são pouco integradas (entre 0,5503 e 0,3125). Nenhuma das linhas demarcadas está na faixa considerada muito integrada (entre 1,1051 e 0,8673).

Analisando o setor individualmente, para a integração global, o valor encontrado é de 1,782, a conectividade é de 4,358 e a inteligibilidade é de 0,429. Com relação aos segmentos, estão demarcados 716 segmentos com tamanho médio de 71,37 metros, abaixo da média urbana de 81,69 metros, indicando um caráter menos regular na malha local. Os valores de NACH e NAIN locais encontrados são de 1,079 e 1,420, respectivamente.

6.2.2. POTI VELHO

Foram demarcadas no setor 179 linhas, cujo tamanho médio é de 217,52 metros, o menor dentre os 3 da zona norte e muito abaixo do valor encontrado para Teresina. Isso porque se trata de um bairro surgido de maneira orgânica e cujas características físicas do sítio influenciaram na implantação da malha urbana. A soma total das linhas é de 38.937,52 metros, das quais 98,16% estão na faixa de média integração do sistema urbano total e apenas 1,84% são pouco integradas – nenhuma via está dentre as muito integradas de Teresina.

Na análise setorial, os valores de integração global e de conectividade encontrados são de 0,790, acima do valor encontrado para Teresina, mas bem abaixo dos demais da zona norte, e 3,307, o mais baixo da zona. O setor conta com muitos segmentos, 447 no total, com dimensão média de 70,87 metros. Para o NACH, o valor é de 0,956 e para o NAIN, 1,086.

6.2.3. BUENOS AIRES

A região, que se localiza mais próxima do centro de Teresina dentre os setores da região norte, possui apenas 70 linhas axiais que somam 26.959,40 metros totais, com tamanho médio de 385,13 metros, o que reforça o caráter regular da malha urbana do setor. Em relação ao sistema urbano total, das 70 linhas existentes, apenas 1 está dentro da faixa de grande integração (INT = 0,909), resultado de seu desempenho fora da faixa de análise, e 69 então na faixa de integração mediana (entre 0,8673 e 0,5503). Nenhuma via é considerada pouco integrada.

Individualmente, o setor possui o valor de integração global de 1,600, conectividade de 4,914 e inteligibilidade de 0,6316. Os segmentos no setor comam 281, com dimensão média de 85,96 metros. Para o NACH, o valor encontrado é de 1,076 e o NAIN, o valor é de 1,482.

6.2.4. SATÉLITE

Na análise de integração em relação ao sistema urbano total, encontramos um total de 73.736,03 metros totais de eixo, sendo que apenas 1,94% desse valor está na categoria “muito integrado”, todos os outros 98,06% são medianamente integradas e nenhuma linha deste setor está na categoria “pouco integrada”.

Quando observamos a análise setorial, encontramos um valor de integração global de 1,218 e de conectividade, um valor de 3,886. Na análise de segmentos, encontramos impressionantes 881 segmentos no total, com valor médio de 75,24 metros. Os valores para NACH e NAIN encontrados são, respectivamente, 0,992 e 1,080.

6.2.5. URUGUAI

Foram demarcadas 123 linhas com tamanho médio de 361,79 metros. Na avaliação dentro do sistema, o setor Uruguai possui apenas 4,53% de seus 44.499,70 metros de eixos dentro da categoria “muito integrado”, o restante é todo medianamente integrado (nenhuma via é pouco integrada). A predominância de cores é amarela e tons de verde.

A análise setorial do Uruguai indica que a integração global do setor é de 1,674 e a conectividade, de 4,796. Também foram demarcados 472 segmentos de tamanho médio 87,43 metros. Para o NACH, o valor encontrado foi de 1,066 e para o NAIN, o valor foi de 1,391.

6.2.6. MORADA DO SOL

O setor urbano Morada do Sol tem um total de 73 linhas, somando 31.624,40 metros de eixos. A análise em relação ao sistema urbano completo de Teresina, este setor é fortemente integrado, com 86,18% dos seus eixos na faixa de “muito integrado” e 13,82% na faixa de medianamente integrado. Nenhuma via é pouco integrada. No entanto, a maior parte de suas linhas se encontra na faixa amarela, a menos integrada dentro da categoria “muito integrada”.

Em nível local, o setor tem valor de integração de 1,999 e conectividade de 5,369. Com relação aos segmentos, encontramos 320, com dimensão média de 92,85 metros. Para o NACH, encontramos o valor de 1,081, e para o NAIN, 1,633.

6.2.7. JÓQUEI

O segundo menor setor analisado desta pesquisa soma apenas 54 linhas, totalizando 35.689,90 metros de eixos com alta integração dentro do sistema urbano de Teresina: 99,12% das suas são altamente integradas dentro do sistema, contra 0,88% medianamente integradas e nenhuma pouco integrada.

Em nível setorial, o valor de integração encontrado é de 1,602 e conectividade, 4,400. Foram identificados 192 segmentos com tamanho médio de 97,31 metros. Para o NACH, o valor encontrado foi de 1,023, e para o NAIN, 1,251.

6.2.8. NOIVOS

O setor noivos tem um total de 122 linhas que somam 39.454,70 metros totais. Dentro do sistema urbano de Teresina, o setor é considerado muito integrado, com 79,34% de suas linhas nessa faixa. As demais linhas, (20,66%) se encontram na faixa de média integração. Nenhuma linha neste setor é pouco integrada.

Em análise local, o setor tem um valor de integração de 1,600 e uma conectividade de 4,180. Em relação aos segmentos, encontramos no setor um total de 384, com dimensão média de 89,90 metros. Os valores de NACH e NAIN, respectivamente, foram de 1,063 e 1,456.

6.2.9. RECANTO DAS PALMEIRAS

O setor possui 168 linhas que somam 44.517,50 metros no total. Trata-se de um setor integrado ao sistema urbano da cidade, pois pouco mais da metade (54,59%) de suas linhas estão na faixa de muito integrado e o restante (46,26%) se encontram na faixa de medianamente integrada – nenhuma linha do setor é pouco integrada.

Dentro do setor, o valor de integração encontrado é de 1,024 e de conectividade, 3,511. Em relação aos segmentos, foram identificados 441 no total, com dimensão média de 90,39. O valor do NACH é de 0,987 e do NAIN, 1,060.

6.2.10. SÃO CRISTÓVÃO

O setor conta com 95 linhas, cujo comprimento médio é de 383,71 metros. Sua representatividade de integração dentro do sistema urbano de Teresina é bastante relevante, pois o setor tem um total de 36.452,40 metros de eixos, dos quais 77,15% são linhas muito integradas no sistema urbano e 22,85% são medianamente integradas. Nenhum eixo desse setor está na categoria de “pouco integrado”.

Na análise setorial, temos um valor de integração global de 1,689 e conectividade de 4,800. Em relação aos segmentos, encontramos 361 no total, com tamanho médio de 92,11 metros, dando indícios a respeito de uma malha em forma de grelha, com quarteirões regulares, o que pode ser observado especialmente na parte leste do setor (que corresponde ao bairro Santa Isabel). O valor de NACH encontrado foi de 1,062 e de NAIN, 1,471.

6.2.11. GURUPI

O setor Gurupi conta com 147 linhas de comprimento médio correspondente a 257,17 metros. Dentro do sistema urbano, a representatividade de integração do setor é média, já que possui 94,82% de suas linhas nessa faixa – nenhuma linha se encontra na faixa de “pouco integrada”. O setor tem um total de 37.804,20 metros de comprimento de vias.

Quando realizamos a análise setorial, verificamos que o valor de integração global é de 1,328 e de conectividade, 4,353. Nos segmentos, foram encontrados 502 no total, com tamanho médio de 67,93 metros. Os valores de NACH e NAIN são, respectivamente, 1,029 e 1,307.

6.2.12. PARQUE POTI

No setor Parque Poti, um dos maiores desta pesquisa, foram identificadas 160 linhas que somam 49.757,60 metros totais, com comprimento médio de 310,98 metros. A representatividade de integração, dentro do sistema, é média, com 97,76% das suas linhas dentro da faixa citada. Outros 2,24% das linhas são muito integradas e nenhuma é pouco integrada.

Com relação às variáveis sintáticas, o valor de integração encontrado foi de 1,268 e de conectividade, 4,725. Sobre os segmentos, identificamos um total de 605, com comprimento médio de 75,08 metros. O valor encontrado para o NACH foi de 1,033 e de NAIN, 1,073.

6.2.13. EXTREMA

O setor Extrema, um dos grandes setores desta pesquisa, possui apenas 106 linhas no total, que somam 38.424,70 metros, dos quais 92,08% são medianamente integradas dentro do sistema urbano de Teresina – todas os outros 7,92% são muito integrados. O comprimento médio das linhas, neste setor, é de 362,49 metros.

Nas variáveis sintáticas, o valor da integração encontrado foi de 1,772 e de conectividade, 5,320. Quando passamos para a análise de segmentos, encontramos um total de 467, com dimensão média de 76,02 metros. Para o NACH, o valor encontrado foi de 1,080 e para o NAIN, encontramos o valor de 1,631.

6.2.14. ITARARÉ

O setor mais emblemático da zona Sudeste, e também o menor da pesquisa, possui um total de apenas 62 eixos, mas com um dos maiores valores de comprimento médio: 405,69 metros. Esses valores reforçam o caráter de grelha da malha urbana do setor. Um total de 75,99% dos eixos está localizado na faixa de “muito integrado”, contra 24,01% “médio integrado” e nenhuma pouco integrada. O comprimento total dos eixos neste setor é de 25.152,90 metros.

Para a integração do setor, encontramos o valor de 2,185, um dos maiores dentre os setores analisados, e para a conectividade, o segundo maior valor: 6,387. Na análise de segmentos, encontramos 343 no total, com valor médio de 69,75 metros. O NACH obtido foi de 1,146 e o NAIN, 1,973.

6.2.15. CENTRO 1

O setor Centro 1, correspondendo à porção norte do bairro central de Teresina, possui apenas 62 linhas, no entanto, o comprimento médio delas é o maior dentre os setores: 566,79 metros. Quase todos os eixos, 97,82%, estão na faixa de “muito integrados” dentro do sistema urbano da cidade e os outros 2,18%, na faixa de média integração. A dimensão total dos eixos somados resultaram em um total de 40.699,30 metros de vias.

Nas variáveis sintáticas do setor, o valor de integração encontrado é o maior dentre os setores, 2,451, assim como a conectividade, cujo valor é de 6,846. Quanto aos segmentos, encontramos 305, com dimensão média de 89,10 metros. O valor de NACH encontrado foi de 1,139 e de NAIN, 1,972.

6.2.16. CENTRO 3

O setor Centro 3 corresponde à porção sul do bairro Centro de Teresina, onde a cidade foi fundada. Neste setor, todas as 63 linhas, cujas dimensão média é de 434,95 metros e a soma total é de 45.050,40 metros, estão na faixa de “muito integradas” dentro do sistema urbano.

Para a integração do setor, o valor obtido foi de 2,255, o segundo maior dentre os setores, e a conectividade, 5,555. Na análise de segmentos, encontramos um total de 287 com dimensão média de 87,24 metros. O NACH e o NAIN encontrados foram, respectivamente, 1,114 e 1,781.

6.2.17. PORENQUANTO

No setor Porenquanto localizado na zona central de Teresina, identificamos um total de 29.352,30 metros de vias, divididos em 83 eixos no total, dos quais 93,78% estão na faixa de “muito integrados” e 6,22% são medianamente integrados. A dimensão média encontrada para os eixos foi de 289,21 metros.

Na análise setorial, o valor de integração encontrado foi de 1,630 e de conectividade, 4,072. Quanto aos segmentos, identificamos 257, com dimensão média de 84,40 metros. O NACH obtido foi de 1,026 e o NAIN foi de 1,365.

6.2.18. ILHOTAS

O último setor da zona central da cidade, e o que começou a verticalização da cidade, possui um total de 82 eixos, que somam 26.684,50 metros, resultando numa média de 325,41 metros de dimensão de linhas. Dessas, 90,12% estão na faixa de altamente integradas e 9,88% são medianamente integradas, quando nos referimos ao setor dentro do sistema urbano. Nenhum eixo é pouco integrado.

Com relação à análise sintática, encontramos um valor de integração de 1,503 e conectividade, 4,658. Para a análise de segmentos, encontramos 304, com uma dimensão média de 79,80 metros. Para o NACH e o NAIN, encontramos os valores 1,043 e 1,368, respectivamente.

6.2.19. REDENÇÃO

O setor Redenção conta com uma grande quantidade de linhas (236), no entanto, com uma das menores dimensões médias dessas linhas: apenas 192,65 metros, indicando um caráter menos em grelha e mais orgânico do setor, o que chama a atenção em relação aos demais setores desta pesquisa. A dimensão total de vias no setor Redenção é de 45.465,90 metros, sendo que 56,89% dessas são consideradas muito integradas dentro do sistema urbano de Teresina e 43,11% estão na faixa de medianamente integradas. Nenhuma está na faixa de pouco integrada.

Para as variáveis sintáticas do setor, o valor de integração global encontrado foi de 1,363 e de conectividade, um dos menores valores, 3,889. Na análise de segmentos, encontramos 705 segmentos com dimensão média de 55,00 metros – a menor de todos os setores. Em relação ao NACH, o valor obtido foi de 0,993 e o NAIN encontrado foi de 1,092.

6.2.20. ANGELIM

O último setor estudado é também o de maior dimensão nesta pesquisa e o mais meridional dentro do tecido urbano de Teresina. O setor Angelim possui a maior quantidade de linhas, 413 no total, somando 105.577,00 metros de vias e resultando numa dimensão média de 255,63 metros. Tal fato indica uma tendência à uma ortogonalidade menos rígida, como se as ocupações espontâneas acompanhassem a retidão da malha ao redor. Das linhas existentes no setor, nenhuma está na faixa considerada “muito integrada”, mas a grande maioria, 91,77%, está dentro do que

consideramos “medianamente integrada”. Os outros 8,23% se encontram na faixa considerada “pouco integradas”.

Na análise sintática do setor, encontramos um valor de integração global de 1,188 e de conectividade, 4,174, considerado baixo devido à quantidade de linhas e dimensão do setor em relação aos demais. Encontramos, também, 1.348 segmentos com uma das menores dimensões médias, 68,05 metros. Para o NACH, encontramos o valor de 0,976 e para o NAIN, 1,164.

6.3. CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Através desse capítulo, pudemos entender como se formou o tecido urbano atual do nosso estudo de caso, que é a cidade de Teresina, capital do Piauí. Trata-se de uma cidade de 170 anos cuja história de seu tecido urbano pode ser contada a partir de 6 marcos temporais: 1852, 1922, 1950, 1992, 2006 e 2018, considerado nesta pesquisa como “dias atuais”.

Percebemos, através do comportamento configuracional, que a cidade alterna entre períodos de crescimento do tecido urbano através de vias estruturais, seguido por períodos de adensamento dos vazios deixados pelo aumento das fronteiras da mancha urbana, fato percebido através das variáveis de Sintaxe Espacial.

Com relação aos setores, primeiramente, utilizamos os valores da variável integração global (referente ao tecido urbano como um todo) para identificarmos como cada eixo do setor se comporta dentro do sistema como um todo, depois fizemos a análise de cada parte. Utilizamos como base a situação atual da cidade (2018) para fazer a análise setorial das porções do tecido urbano, encontrando os valores que estão compilados na **Tabela 7** e nos gráficos a seguir, para as variáveis sintáticas:

Tabela 7: Análise sintática dos setores urbanos. Fonte: Elaborada pela autora.

| SETOR | ÁREA DO SISTEMA | QUANT LINHAS | COMP. A | COMPR MÍDIO DOS EIXOS | INT | CONN | QUANT. SEGM. | TAM. MÉDIO DOS SEGM. | NACH | NAIN |
|-----------------------|-----------------|--------------|----------|-----------------------|-------|-------|--------------|----------------------|-------|-------|
| Parque Brasil | 2,235 | 212 | 94,8546 | 264,59 | 1,782 | 4,358 | 716 | 71,37 | 1,079 | 1,420 |
| Buenos Aires | 1,604 | 70 | 43,6409 | 385,13 | 1,600 | 4,914 | 281 | 85,96 | 1,076 | 1,482 |
| Poti Velho | 2,251 | 179 | 79,5202 | 217,52 | 0,790 | 3,307 | 447 | 70,87 | 0,956 | 1,086 |
| Uruguai | 1,947 | 123 | 63,1741 | 361,79 | 1,674 | 4,976 | 472 | 87,43 | 1,066 | 1,391 |
| Satélite | 3,948 | 300 | 75,9878 | 245,42 | 1,218 | 3,866 | 881 | 75,24 | 0,992 | 1,080 |
| Morada do Sol | 1,378 | 73 | 52,9753 | 433,21 | 1,999 | 5,369 | 320 | 92,85 | 1,081 | 1,633 |
| São Cristóvão | 1,805 | 95 | 52,6316 | 383,71 | 1,689 | 4,800 | 361 | 92,11 | 1,062 | 1,471 |
| Recanto das Palmeiras | 3,218 | 168 | 52,2063 | 264,98 | 1,024 | 3,511 | 441 | 90,39 | 0,987 | 1,060 |
| Noivos | 2,244 | 122 | 54,3672 | 323,40 | 1,600 | 4,180 | 394 | 89,90 | 1,063 | 1,456 |
| Jóquei | 0,989 | 54 | 54,6006 | 372,05 | 1,602 | 4,400 | 192 | 97,31 | 1,023 | 1,251 |
| Gurupi | 2,235 | 147 | 65,7718 | 257,17 | 1,328 | 4,353 | 502 | 67,93 | 1,029 | 1,307 |
| Itararé | 0,854 | 62 | 72,5995 | 405,69 | 2,185 | 6,387 | 343 | 69,75 | 1,146 | 1,973 |
| Parque Poti | 2,521 | 160 | 63,4669 | 310,98 | 1,268 | 4,725 | 605 | 75,08 | 1,033 | 1,073 |
| Extrema | 3,035 | 106 | 34,9259 | 362,49 | 1,772 | 5,320 | 467 | 76,02 | 1,080 | 1,631 |
| Redenção | 1,708 | 236 | 138,1733 | 192,65 | 1,363 | 3,889 | 705 | 55,00 | 0,993 | 1,092 |
| Angelim | 4,685 | 413 | 88,1537 | 255,63 | 1,188 | 4,174 | 1.348 | 68,05 | 0,976 | 1,164 |
| Ilhotas | 1,191 | 82 | 68,8497 | 325,41 | 1,503 | 4,658 | 304 | 79,80 | 1,043 | 1,368 |
| Porenquanto | 1,404 | 83 | 59,1168 | 289,21 | 1,630 | 4,072 | 257 | 84,40 | 1,026 | 1,365 |
| Centro 1 | 1,340 | 52 | 38,8060 | 566,79 | 2,451 | 6,846 | 305 | 89,10 | 1,139 | 1,972 |
| Centro 3 | 1,267 | 63 | 49,7238 | 434,95 | 2,255 | 5,555 | 287 | 87,24 | 1,114 | 1,781 |

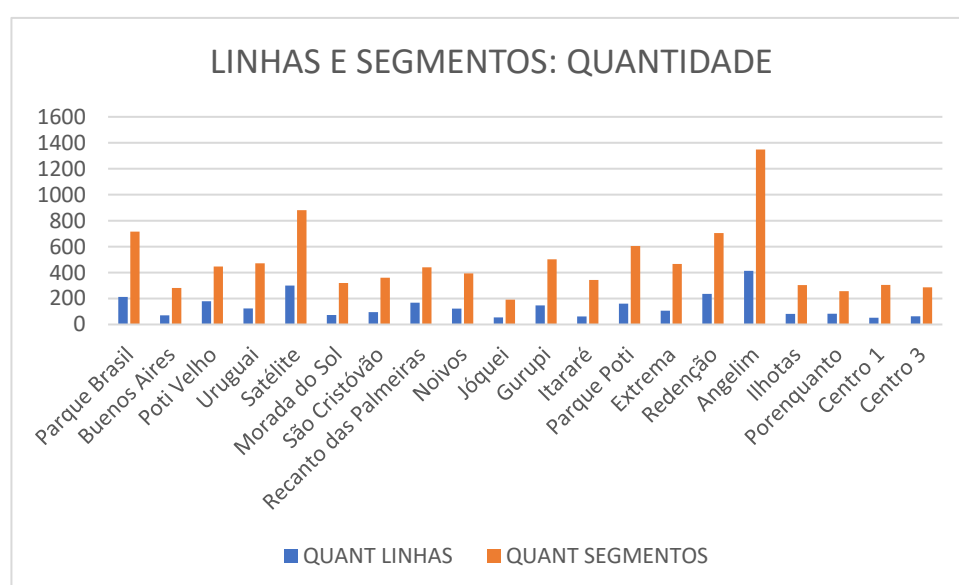


Gráfico 11: Quantidades de linhas e de segmentos por setor. Fonte: Elaborado pela autora.

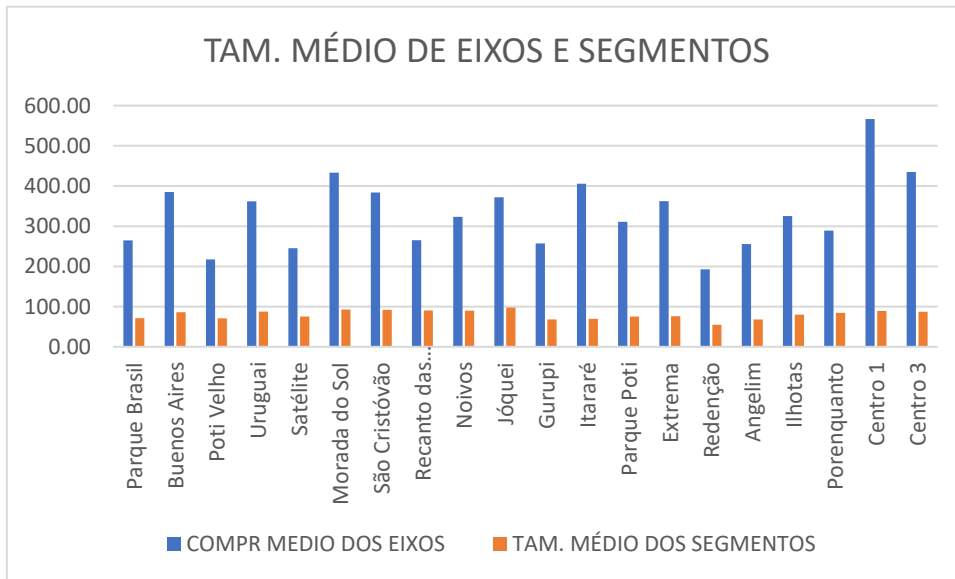


Gráfico 12: Tamanho médio de eixos e segmentos. Fonte: Elaborado pela autora.

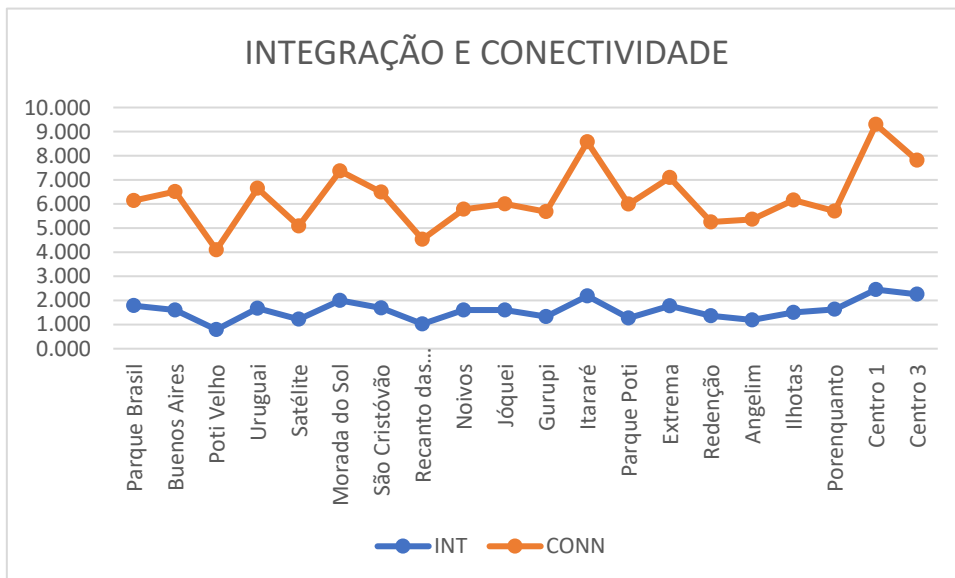


Gráfico 13: Integração Global e Conectividade dos setores urbanos. Fonte: Elaborado pela autora.

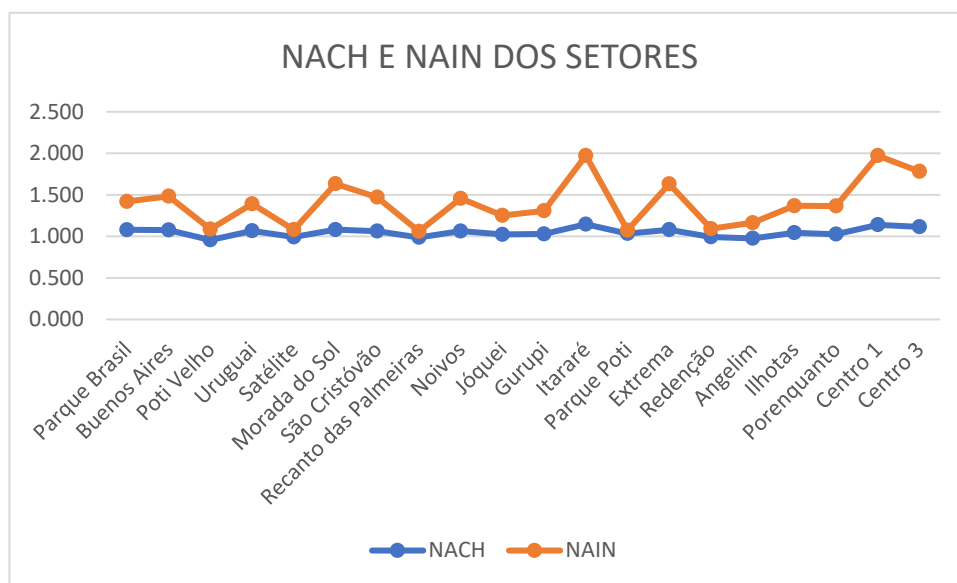


Gráfico 14: NACH e NAIN dos setores. Fonte: Elaborado pela autora.

O que observamos é que todos os setores analisados se encontram em zonas consolidadas do tecido urbano de Teresina, o que acaba por refletir nos seus dados sintáticos. Quando analisamos a integração das linhas dos setores dentro do sistema urbano total da cidade, observamos que a absoluta maioria das linhas se encontram nas faixas de “muito integradas” e “medianamente integradas” – apenas os setores mais extremos da pesquisa, como Parque Brasil (norte) e Angelim (sul) possuem linhas pouco integradas em relação à situação urbana atual.

Quando olhamos para os setores individualmente, percebemos uma tendência, na malha urbana de Teresina, ao desenho em formato de grelha, indicado pela pouca quantidade de linhas dentro das áreas setorizadas. Mesmo setores cuja ocupação se deu de maneira mais espontânea, como é o caso dos Parque Brasil, Poti Velho e Angelim, há uma propensão à repetição do padrão retilíneo existente no restante da malha.

Os setores de maior integração, Centro 1 (2,451), Centro 3 (2,255), Itararé (2,185) e Morada do Sol (1,999), são também os de maior conectividade (Centro 1 – 6.846; Itararé – 6.387; Centro 3 – 5,555; e Morada do Sol – 5,369). Todos são setores representativos dentro de suas respectivas zonas (Centro 1 e Centro 3 formam o bairro Centro; Itararé é um recorte do meio da zona Sudeste e Morada do Sol, central da zona Leste). Essa tendência se repete com o NACH (Itararé – 1.146; Centro 1 – 1.139; Centro 3 – 1.114; e Morada do Sol – 1,081) e com o NAIN (Itararé – 1,973; Centro 1 – 1,972; Centro 3 – 1,781; e Morada do Sol – 1,633).

Como setores de menor integração, temos Poti Velho (0,790 – zona Norte), Recanto das Palmeiras (1,024 – zona Leste), Angelim (1,188 – zona Sul), Satélite (1,218 – zona Leste) e Parque Poti

(1,268 – zona Sudeste). Em relação à conectividade, os menores são Poti Velho (3,307 – zona Norte), Recanto das Palmeiras (3,511 – zona Leste), Satélite (3,866 – zona Leste), Redenção (3,889 – zona Sul), Porenquanto (4,072 – zona Centro) e Angelim (4,174 – zona Sul). Os dois representantes da zona Sul, Angelim e Redenção, estão dentre os setores com menores valores nas variáveis sintáticas.

Quando consideramos os fatores socioeconômicos, percebemos que os setores com maior quantidade de linhas são, também, os setores cuja população se encontra na menor faixa socioeconômica – dos 9 setores com maior quantidade de linhas, apenas o Recanto das Palmeiras pertence à classe C, todos os outros, Angelim, Satélite, Redenção, Parque Brasil, Poti Velho, Parque Poti, Gurupi e Uruguai, são classe D. Os setores com menor comprimento médio dos eixos também pertencem à classe D (Redenção, Poti Velho, Satélite, Angelim, Gurupi e Parque Brasil), indicando uma tendência de que, quanto menor a classe socioeconômica do setor, em Teresina, maior a possibilidade de uma ocupação menos formal.

Os setores de maior classe socioeconômica (A e B), Jóquei, Noivos, Ilhotas, São Cristóvão e Morada do Sol, além de serem os que mais possuem eixos muito integrados dentro do sistema urbano da cidade de Teresina, também são os que apresentam maiores valores das variáveis sintáticas topológicas, indicando uma formação de espaços urbanos com maior qualidade por parte das pessoas mais ricas. Com relação à compacidade, esses setores permanecem numa média entre 52 e 54 linhas por km², à exceção do setor Ilhotas, cuja compacidade é de 68,8497 linhas/km², indicando um espaço urbano ocupado por menos vias e mais propriedades privadas.

7. TERESINA: UMA LEITURA METABÓLICA

Neste capítulo, iremos proceder com o cálculo da Pegada Ecológica da cidade de Teresina, conforme explicado anteriormente no item 3.4. METODOLOGIA: USO DA PEGADA ECOLÓGICA NA DISSERTAÇÃO (página 80). Utilizaremos, nos cálculos, 4 (quatro) variáveis, consumo de energia elétrica, consumo de água, produção de resíduos sólidos urbanos e consumo de combustíveis fósseis, procedendo com as metodologias apresentadas por Andrade (2006) para energia elétrica, água e resíduos sólidos, e de Nishikawa e Ribeiro (2019) para o consumo de combustíveis fósseis.

Realizaremos, aqui, uma leitura em dois níveis, um global, no qual faremos os cálculos da Pegada Ecológica da cidade como um todo, e um local, no qual utilizaremos partes do tecido urbano (setores), conforme explicado anteriormente²⁶² para um entendimento mais específico sobre o comportamento da PE em relação às variáveis estudadas.

7.1. UMA LEITURA GLOBAL: A CIDADE

7.1.1. PEGADA ECOLÓGICA DE ENERGIA ELÉTRICA

Para o cálculo da Pegada Ecológica de energia elétrica, a metodologia utilizada é aquela desenvolvida por Andrade (2006) e anteriormente explicada no item 3.4.1. PEGADA ECOLÓGICA DE ENERGIA ELÉTRICA (PEEE) (página 81):

- O primeiro passo consiste na delimitação da área e do recorte temporal. Aqui, a área é o tecido urbano da cidade de Teresina (PI) e o ano-base²⁶³ é 2017/2018, devido à disponibilidade de dados.
- O passo seguinte é identificar o consumo da população residente no município no período definido. No nosso caso, o valor específico do consumo anual municipal não está disponível, portanto, foi preciso utilizar um cálculo aproximado (*proxy*) para obter o valor. O consumo anual de energia elétrica em Teresina, no ano de 2017, foi de 1.399.425.908 kWh, obtido a partir das seguintes fontes:

²⁶² Os setores, definidos com base na pesquisa de Sousa (2018), estão caracterizados no item 5.3. LEITURA LOCAL: OS SETORES.

²⁶³ Os dados disponíveis, por vezes, são de 2018, no entanto, ocasionalmente, tem por ano-base 2017. Algumas vezes as informações são de 2019, embora referentes a períodos anteriores. Devido à proximidade temporal, serão consideradas informação de mesmo padrão, ainda que em anos de referência diferentes.

- População²⁶⁴ municipal em 2017: 850.198 habitantes (IBGE, 2019);
 - Consumo *per capita*²⁶⁵ no estado do Piauí: 1.646 kWh/hab (BRASIL, 2019);
 - Consumo de energia elétrica em 2017 em Teresina: 850.198 hab x 1.646 kWh/hab = **1.399.425.908 kWh.**
- Com a informação do consumo anual da população municipal, é necessário ajustar a unidade. Os dados obtidos estão em kWh (quilowatt-hora), porém, a metodologia pede o valor de consumo na unidade GJ (gigajoule).
 - Como 1kWh equivale a 0,0036 GJ, é necessário fazer uma regra de 3 para a adaptação da unidade, resultando em 5.037,93 GJ, conforme cálculo abaixo:
 - 1 kWh ----- 0,0036 GJ
 - 1.399.425.908 kWh----- A
 - A = **5.037.933,27 GJ**
 - Utilizando “a relação de que 1 hectare de terra absorve a emissão de CO₂ proveniente do consumo de 100 GJ de energia” (ANDRADE, 2006, p. 79), transformamos o valor de consumo de energia em unidade de terras (hectare) necessárias para a absorção do CO₂:
 - Para chegarmos à quantidade de terra, basta fazer uma divisão simples, chegando ao resultado de 50.379,33 ha total.
 - B ha = 5.037.933,27 GJ / 100 GJ
 - B = **50.379,33 ha.**
 - Com o valor de hectares obtido em B, aplicamos o fator de equivalência para terras de floresta²⁶⁶, a fim de chegar ao valor da Pegada Ecológica da energia elétrica em gha (hectares globais);
 - O fator de equivalência para terras de floresta é de 1,37, portanto, o valor da Pegada Ecológica para o consumo de energia elétrica em Teresina, no ano de 2017, é de 69.019,68 gha:
 - C = 1,37 x B → C = 1,37 x 50.379,33 ha.
 - C = **69.019,68 gha.**

²⁶⁴ Estimativa IBGE.

²⁶⁵ Este dado foi obtido no Anuário Estatístico (ano-base 2019), produzido pelo Ministério de Minas e Energia (MEE) (BRASIL, 2019, p. 187).

²⁶⁶ Conforme explicado no item 3.4. METODOLOGIA: USO DA PEGADA ECOLÓGICA NA DISSERTAÇÃO.

- Para finalizar, para chegarmos ao valor da Pegada Ecológica *per capita*, dividimos a quantidade de hectares globais (gha) resultante em C pela população referente do ano estudado;
 - No caso, dividimos o valor de 69.019,68 gha por 850.198 habitantes, resultando numa Pegada Ecológica de 0,0819 gha *per capita*.
 - $D = C/850.198 \rightarrow D = 69.019,68/850.198$
 - D = 0,0812 gha *per capita*.**

| ANO-BASE | POPULAÇÃO (hab - 2017) | CONSUMO DE EE ANUAL (kWh) | CONSUMO DE EE ANUAL (GJ) | PEGADA ECOLÓGICA EE (gha) 2017 | PEGADA ECOLÓGICA EE PER CAPITA (gha) 2017 |
|----------|------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------------|---|
| 2017 | 850.198 | 1.399.425.908 | 5.037.933,27 | 69.019,68 | 0,0812 |

7.1.2. PEGADA ECOLÓGICA DO CONSUMO DE ÁGUA

Para o cálculo da Pegada Ecológica do consumo de água no município de Teresina, a metodologia obedece aos seguintes passos:

- Primeiro é necessário definir a área a ser estudada e o recorte temporal. No caso desta pesquisa, a escolha foi o município de Teresina (PI), com ano-base em 2017, em razão da disponibilidade de dados.
- Em seguida, é necessário obter as informações de consumo de água da população no período selecionado, o que pode ser adquirido diretamente, por fontes oficiais, ou indiretamente, em cálculos por aproximação. No nosso caso, temos acesso ao volume de água consumido por dia²⁶⁷ no ano de 2017: 118.638 m³. Para chegarmos ao consumo anual de água no município, multiplicamos esse valor por 365 dias, resultando no consumo anual de 43.302.870 m³ de água em 2017.
- O passo seguinte é o ajuste da unidade de metros cúbicos (m³) para megalitro (ML).
 - Com a relação 1 megalitro = 1.000 metros cúbicos, basta dividir o valor do consumo em metros cúbicos por 1.000, obtendo o valor de 43.302,87 ML, conforme demonstrado a seguir:

²⁶⁷ O dado está disponível no site do IBGE (2019).

- $A = 43.302.870 \text{ m}^3 / 1000$

$A = 43.302,87 \text{ ML.}$

- A próxima etapa é o cálculo do quanto a produção desse volume de água emite de CO₂ para a atmosfera.

- ➔ De acordo com as relações apresentadas por Chambers *et al.* (2000, *apud* ANDRADE, 2006), a produção (tratamento, encanamento e distribuição) de 1 megalitro de água emite 370 kg, convertidos para 0,37 toneladas de CO₂. Portanto, é preciso fazer uma regra de 3, resultando no valor de:

- $1 \text{ ML} \text{ -----} 0,37 \text{ t CO}_2;$

$43.302,87 \text{ ML} \text{ -----} B$

$B = 16.022,06 \text{ t CO}_2.$

- Acompanhando a metodologia proposta, o passo seguinte é a obtenção da área de absorção desse dióxido de carbono gerado na produção da água.

- ➔ Utilizando a relação de que 1 hectare de terra absorve 1 tonelada de CO₂, a área necessária para absorver o CO₂ gerado é de 16.022,06 ha, conforme demonstrado abaixo:

- $1 \text{ t CO}_2 \text{ -----} 1 \text{ ha}$

$16.022,06 \text{ t CO}_2 \text{ -----} C$

$C = 16.022,06 \text{ ha.}$

- Para a conversão de hectares (ha) para hectares-globais (gha), deve ser aplicado o fator de equivalência – esse é o valor da Pegada Ecológica de água total do município no ano de 2017;

- ➔ Aqui, o fator de equivalência é de 1,37, que corresponde ao de terras de floresta²⁶⁸, resultando numa Pegada Ecológica de 21.950,22 gha;

- $D = 1,37 \times C \rightarrow D = 1,37 \times 16.022,06 \text{ ha}$

$D = 21.950,22 \text{ gha.}$

- Por fim, para a Pegada Ecológica per capita, basta dividir o valor da Pegada Ecológica total pela população referente ao ano-base do estudo;

- ➔ O valor da Pegada Ecológica total, quando dividido pela população, resulta em um total de 0,0258 gha per capita, como mostrado a seguir:

²⁶⁸ Conforme explicado no item 3.4. METODOLOGIA: USO DA PEGADA ECOLÓGICA NA DISSERTAÇÃO.

- $E = D/850.198 \rightarrow E = 21.950,22 / 850.198$

$E = 0,0258$ gha per capita.

| ANO-BASE | POPULAÇÃO (hab - 2017) | CONSUMO DE ÁGUA ANUAL (m³) | CONSUMO DE ÁGUA ANUAL (ML) | GERAÇÃO DE CO2 (t) | PEGADA ECOLÓGICA ÁGUA (gha) | PEGADA ECOLÓGICA A PER CAPITA (gha) 2017 |
|----------|------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------------|--|
| 2017 | 850.198 | 43.302.870 | 43.302,87 | 16.022,06 | 21.950,22 | 0,0258 |

7.1.3. PEGADA ECOLÓGICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Para o cálculo da Pegada Ecológica dos resíduos sólidos urbanos de Teresina, a metodologia utilizada neste trabalho é a explicada originalmente por Andrade (2006)²⁶⁹, conforme explanado no item 3.4.3. PEGADA ECOLÓGICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (PERSU), na página 82 desta pesquisa:

- Primeiro, calcula-se a emissão de CO₂ dos resíduos sólidos urbanos da cidade, obedecendo aos parâmetros estabelecidos por Dias (2015)²⁷⁰ nos quais 3 libras de resíduos geram 1 libra de CO₂, portanto, na proporção 3:1. Portanto, 1,35kg de resíduos irá gerar 0,45 kg de CO₂;
 - ➔ Neste caso utilizamos o quantitativo obtido via SEMDUH para 2017, ano em que foram gerados, na capital piauiense, 436.023,72 toneladas de RSU, divididos entre coleta domiciliar (206.897,64t), coleta de resíduos especiais (1.584,75t), remoção manual (77.997,64t), coleta mecanizada (110.788,38t), remoção de PRR's (27.315,02t) e coleta em áreas de difícil acesso (11.440,29t);
 - ➔ Aplicando a proporção 3:1 recomendada por Andrade (2006), depreende-se que 1,35t de resíduos gerará 0,45t de CO₂, portanto, 436.023,72t RSU resultará em 145.341,24t de CO₂, obtido por meio da fórmula:
 - $1,35t \text{ RSU} \text{ ----- } 0,45t \text{ CO}_2$
 - $436.023,72t \text{ RSU} \text{ ----- } A$
 - $A = 145.341,24 \text{ t CO}_2$

²⁶⁹ A metodologia utilizada nesta pesquisa foi originalmente desenvolvida por Andrade (2006), tendo sido posteriormente aplicada em diversos outros trabalhos, como Cervi e Carvalho (2010) para o município do Rio de Janeiro; Feitosa, Gómez e Cândido (2013) para João Pessoa e Campina Grande; Silva Filho *et. al* (2019) para os municípios da chamada Bacia Leiteira do estado de Alagoas.

²⁷⁰ Segundo Dias (2015, p. 169), essa proporção foi estabelecida inicialmente por De Cicco (1991).

- No passo seguinte, calculamos a quantidade de área de terra necessária para absorver o dióxido de carbono gerado pelos RSU, utilizando a informação de que 1 tonelada de CO₂ precisa, anualmente e em média, de 1 hectare de terra para ser completamente absorvida²⁷¹;
 - Portanto, com o valor de produção anual de 145.341,24 toneladas de dióxido de carbono gerado pelo RSU de Teresina, aplicando a proporção, obtemos 145.341,24 ha de terra necessários, obtidos segundo a fórmula:
 - $1 \text{ t CO}_2 \text{ ----- } 1 \text{ ha}$
 $145.341,24 \text{ t CO}_2 \text{ ----- } B$
 $B = \mathbf{145.341,24 \text{ ha.}}$
- Com o valor obtido, passamos para o cálculo da produção de gás metano (CH₄), um gás também poluente e que deve ser levado em conta no cálculo da Pegada Ecológica associado a resíduos sólidos urbanos. Conforme explicado por Dias (2015, p. 169), reforçado por Andrade (2006, p. 81), a produção de CO₂ está atrelada à produção de CH₄ na proporção 1:1, portanto, a cada tonelada de CO₂, também é gerada 1 tonelada de CH₄;
 - Neste caso, para a obtenção da geração de CO₂+CH₄, multiplicamos o valor de B por 2, tendo como resultado a área de 290.682,48 ha, como demonstrado a seguir:
 - $C = 2 \times B \rightarrow C = 2 \times 145.341,24$
 $C = \mathbf{290.682,48 \text{ ha.}}$
- Seguindo a metodologia proposta, multiplicamos a área, cuja unidade está em hectare, obtida em C pelo fator de equivalência referente às terras de floresta, para chegar ao valor da Pegada Ecológica total, em gha (hectares globais);
 - O fator de equivalência para terras de floresta é de 1,37, portanto, o valor da Pegada Ecológica para os resíduos sólidos urbanos em Teresina (2018), em gha, é de 398.234,99 gha, como mostrado abaixo:
 - $D = 1,37 \times C \rightarrow D = 1,37 \times 290.682,48$
 $D = \mathbf{398.234,99 \text{ gha}}$
- Por fim, calculamos, a área de Pegada Ecológica *per capita* dos resíduos sólidos urbanos (RSU) de Teresina em 2017. Segundo IBGE (2019), a população estimada²⁷² para o ano de 2017 seria de 850.198 habitantes;
 - Dividindo a área obtida no item anterior (D) pela quantidade de habitantes referente ao ano de produção dos resíduos sólidos, obtemos a área de 0,4684 gha *per capita*, conforme cálculo abaixo:
 - $E = 398.234,99 \text{ gha} / 850.198 \text{ hab.}$
 $E = \mathbf{0,4684 \text{ gha/hab.}}$

²⁷¹ Essa proporção foi, primeiramente, apontada por Andrade (2006, p. 80), que a retirou do IPCC 2006.

²⁷² Valor estimado a partir de bases do IBGE.

| ANO-BASE | POPULAÇÃO (hab - 2017) | PRODUÇÃO DE RSU ANUAL (t) | GERAÇÃO DE CO ₂ + CH ₄ (t) | ÁREA NECESSÁRIA PARA ABSORÇÃO DE CO ₂ + CH ₄ (ha) | PEGADA ECOLÓGICA RESÍDUOS SÓLIDOS (gha) | PEGADA ECOLÓGICA RSU PER CAPITA (gha) 2017 |
|----------|------------------------|---------------------------|--|---|---|--|
| 2017 | 850.198 | 436.023,72 | 290.682,48 | 290.682,48 | 398.234,99 | 0,4684 |

7.1.4. PEGADA ECOLÓGICA DE COMBUSTÍVEL

Para o cálculo da Pegada Ecológica para combustíveis, o primeiro passo é definir os níveis de emissão de gases do efeito estufa. Para esse cálculo, utilizamos o modelo *top-down* simplificado, conforme proposto por Nishikawa e Ribeiro (2019) para calcular as emissões veiculares na cidade de Cuiabá (MS) no período entre 2007 e 2016.

- O primeiro passo é definir área e período temporal que será analisado. No nosso caso, a área é o município de Teresina (PI) e o ano-base do estudo é 2017, devido à disponibilidade de dados, como já explicado anteriormente.
- Depois, é preciso listar o volume de combustível consumido no período. Para esse dado, utilizamos as informações disponibilizadas pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)²⁷³, as quais indicam o volume de combustíveis vendidos anualmente por município, desde o ano de 1990 até o ano de 2020.
 - ➔ Para saber quais dados devem ser considerados nesse cálculo, utilizamos uma agregação proposta por Meotti (2019), na qual listamos a frota de veículos licenciados²⁷⁴ e o tipo de combustível utilizado. O Ministério da Infraestrutura publica uma lista dos veículos licenciados por município, com atualização mensal. Como um veículo é um bem durável, por questões metodológicas, resolvemos escolher o mês de **dezembro de 2017** como mês-base para esse cálculo.
 - ➔ Teresina, no referido mês, possuía um total de 472.663 veículos, com tipo de consumo dividido em 15 categorias: álcool, álcool/gás natural combustível, álcool/gás natural veicular, álcool/gasolina, diesel, elétrico/fonte interna, gás metano, gás natural veicular,

²⁷³ No site: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/vendas-de-derivados-de-petroleo-e-biocombustiveis/>

²⁷⁴ De acordo com o Relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo (2020, p. 21), frota licenciada é o “conjunto de veículos que estão com a documentação e impostos regularizados e, portanto, se entende que estão em circulação”. Segundo o relatório, estima-se que essa frota licenciada seja menor do que a frota registrada, uma vez que os proprietários tendem a não licenciar um veículo que tenha saído de circulação (CETESB, 2020, p. 21).

gasogênio, gasol/gás natural combustível, gasolina, gasolina/álcool/gás natural, gasolina/elétrico, gasolina/gás natural veicular e sem informação.

- Para diminuir a quantidade de categorias, realizamos a agregação dos combustíveis na Tabela 8. É possível observar que os veículos cujos combustíveis não são gasolina, álcool, *flex* (álcool/gasolina) e diesel correspondem a uma parcela muito pequena da frota (1,12%), portanto, iremos desconsiderá-los neste estudo. Para os veículos chamados *flex-fuel* (que usam álcool e/ou gasolina), utilizamos mesma proporção do Relatório de Emissões veiculares do Estado de São Paulo (2020, p. 62), que diz que 68% da frota circulante de automóveis *flex* utilizaram etanol hidratado como combustível.

Tabela 8: Quantidade de veículos licenciados em Teresina em dezembro de 2017 e seus respectivos combustíveis.
Fonte: Elaborado pela autora.

| TIPO DE COMBUSTÍVEL | COMBUSTÍVEIS LICENCIADOS | QUANTIDADE DE VEÍCULOS | PERCENTUAL DE VEÍCULOS |
|-------------------------|---|------------------------|------------------------|
| Gasolina ²⁷⁵ | Gasolina, Gasolina/Elétrico | 219.874 | 46,52% |
| Etanol | Álcool | 11.760 | 2,49% |
| Flex | Álcool/Gasolina | 197.291 | 41,74% |
| Diesel | Diesel | 38.418 | 8,13% |
| Gás natural veicular | Gás Natural Veicular, Gás Metano, Álcool/Gás Natural Combustível, Álcool/Gás Natural Veicular, Gasolina/Gás Natural Combustível, Gasolina/Álcool/Gás Natural, Gasolina/Gás Natural Veicular, Gasogênio | 370 | 0,08% |
| Elétricos | Elétrico/Fonte Interna | 13 | ²⁷⁶ 0,00% |
| Outros | Sem Informação | 4.937 | 1,04% |

- Quando constatamos que os combustíveis relevantes na frota teresinense, no ano de 2017, são gasolina (c), etanol hidratado (álcool) e diesel, recolhemos os dados no site da ANP sobre a venda desses combustíveis em litros. Para efeito de metodologia, consideramos que todo o volume de combustível comercializado foi consumido no

²⁷⁵ A gasolina utilizada em postos de combustível é do tipo C (comercial), que possui em sua composição entre 18% e 27% do seu volume de etanol anidro, que é álcool etílico com teor de água próximo a zero, obtido a partir da cana-de-açúcar no Brasil. A chamada gasolina A (pura – sem etanol em sua composição) não é vendida nos postos de gasolina brasileiros (CETESB, 2020, p. 21-23).

²⁷⁶ O valor da porcentagem é de 0,0028%, porém, quando aproximamos para apenas 2 casas decimais, a taxa é reduzida a 0,00%.

próprio município e dentro do período estudado. Os resultados estão demonstrados na

- Tabela 9 a seguir:

Tabela 9: Volume de combustível vendido na cidade de Teresina no ano de 2017.
Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da ANP (Agência Nacional de Petróleo).

| COMBUSTÍVEL | VOLUME VENDIDO EM 2017 (litros) |
|-----------------------|------------------------------------|
| Gasolina C Automotiva | 262.859.458,00 |
| Etanol Hidratado | 24.738.329,00 |
| Diesel | 141.477.530,80 |

- O passo seguinte é encontrar o consumo de energia em Tera-Joule (TJ) para cada um dos combustíveis considerando-se a seguinte fórmula:

$$CC = CA \times F_{\text{conv}} \times 1 \text{ tep} \times F_{\text{corr}}, \text{ onde:}$$

CC = consumo de energia em Tera-Joule (TJ);

CA = consumo de combustível em m³ (metro cúbico)²⁷⁷;

F_{conv} = fator de conversão²⁷⁸ da unidade física de medida da quantidade de combustível para tonelada equivalente de petróleo (tep), com base no poder calorífico superior (PCS) do combustível²⁷⁹;

Tep = tonelada equivalente de petróleo = 45,2 x 10⁻³ TJ;

F_{corr} = fator de correção do poder calorífico superior (PCS) para o poder calorífico inferior (PCI). De acordo com Nishikawa e Ribeiro (2019), o fator de conversão para combustíveis sólidos e líquidos, como é o caso desta pesquisa, é de 0,95.

- ⇒ Com os valores do consumo, aplicamos a fórmula para cada um dos combustíveis, como mostrado na Tabela 10 abaixo:

²⁷⁷ 1 litro = 0,001 m³.

²⁷⁸ Trata-se de um valor variável, publicado anualmente no Balanço Energético Nacional (BEN) pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e pelo Ministério do Meio Ambiente (MME).

²⁷⁹ Os valores do ano-base 2017, encontrados no balanço anual de 2018, são:

- Gasolina Automotiva: 0,770 tep/m³ (EPE, 2018, p. 229).
- Álcool Etilíco Hidratado: 0,510 tep/m³ (EPE, 2018, p. 229).
- Óleo Diesel: 0,848 tep/m³ (EPE, 2018, p. 229).

Tabela 10: Cálculo do consumo de energia em Tera-Joule a partir do volume de combustível consumido em Teresina em 2017. Fonte: Elaborado pela autora.

| COMBUSTÍVEL | CONSUMO (m ³ - 2017) | FATOR DE CONVERSÃO (tep/m ³) | FATOR DE CORREÇÃO | CC – CONSUMO DE ENERGIA (TJ) |
|---------------------|---------------------------------|--|-------------------|------------------------------|
| Gasolina automotiva | 262.859,458 | 0,770 | 0,95 | 8.691,13 |
| Álcool etílico | 24.738,329 | 0,510 | 0,95 | 541,75 |
| Diesel | 141.477,531 | 0,848 | 0,95 | 5.151,64 |

- A partir do valor do consumo de energia é calculada a quantidade de carbono (QC) emitida na queima dos combustíveis listados, a partir da seguinte fórmula:

$$QC = CC \times F_{\text{emiss}} \times 10^{-3}, \text{ onde:}$$

QC = quantidade de carbono emitido (giga grama de carbono – GgC);

F_{emiss} = Fator de emissão de carbono²⁸⁰ (tC/TJ).

- ➔ Aplicando os valores encontrados pela fórmula anterior para medir a quantidade de carbono desprendida por cada um dos combustíveis, temos os seguintes resultados (**Tabela 11**):

Tabela 11: Quantidade de carbono emitida pelo consumo de combustíveis em Teresina em 2017. Fonte: Elaborado pela autora.

| COMBUSTÍVEL | CC – CONSUMO DE ENERGIA (TJ) | FATOR DE EMISSÃO DE CARBONO POR COMBUSTÍVEL | QUANTIDADE DE CARBONO GERADA |
|---------------------|------------------------------|---|------------------------------|
| Gasolina automotiva | 8.691,13 | 18,87 | 164,00 |
| Álcool etílico | 541,75 | 18,80 | 10,18 |
| Diesel | 5.151,64 | 20,20 | 104,06 |

- Para obter a emissão de dióxido de carbono (em toneladas), utilizamos, agora, a seguinte equação:

$$E_{\text{CO}_2} = QC \times 44/12 \times 1000, \text{ onde:}$$

E_{CO_2} = emissão de CO₂ (em toneladas);

²⁸⁰ Utilizamos, aqui, os valores indicados por Nishikawa e Ribeiro (2019), retirados do Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários, ano 2014. São eles:

- Gasolina C: 18,87 tC/TJ;
- Álcool Hidratado: 18,80 tC/TJ;
- Diesel: 20,20 tC/TJ.

QC = quantidade de carbono gerada (em GgC - giga grama de carbono);

44/12 = conversão entre pesos moleculares;

1000 = conversão para tonelada.

- Aplicando os valores na fórmula, temos o resultado de emissão de dióxido de carbono para cada tipo de combustível. Ao final, realizamos a soma desses valores, obtendo o total de 1.020.249,09 toneladas de dióxido de carbono no ano de 2017 em Teresina, conforme demonstrado na Tabela 12 a seguir:

Tabela 12: Total de dióxido de carbono emitido pelo consumo de combustíveis em Teresina em 2017.
Fonte: Elaborado pela autora.

| COMBUSTÍVEL | QUANTIDADE DE CARBONO (QC) | EMIÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO (t) |
|---------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Gasolina Automotiva | 164,00 | 601.339,46 |
| Álcool Etílico | 10,18 | 37.344,95 |
| Diesel | 104,06 | 381.564,68 |
| TOTAL EMISSÃO | | 1.020.249,09 |

- Com a quantidade de emissão de CO₂, utilizamos a proporção de que 1 hectare de terra absorve 1 tonelada de CO₂;

- Para conseguirmos a quantidade de hectares necessária para a absorção de todo o dióxido de carbono gerado pelos combustíveis em Teresina, basta uma regra de 3 simples, resultando em uma área necessária de 1.020.249,09 ha, como demonstrado abaixo:

- $1 \text{ t CO}_2 \text{ ----- } 1 \text{ ha}$

- $1.020.249,09 \text{ t CO}_2 \text{ ----- } A$

- $A = 1.020.249,09 \text{ ha.}$

- A próxima etapa é multiplicar a área obtida em A pelo fator de equivalência das terras de energia, conforme explicado no item 3.4.4. PEGADA ECOLÓGICA DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS (PECF) (página 84) para o resultado em global hectare (gha).

- O fator de equivalência das terras de energia é de 1,37, portanto, a Pegada Ecológica para combustíveis na cidade de Teresina, em 2017, é de 1.397.741,25 gha, como mostrado abaixo:

- $B = 1,37 \times A \rightarrow B = 1,37 \times 1.020.249,09$

- $B = 1.397.741,25 \text{ gha.}$

- Por fim, para a Pegada Ecológica per capita, dividimos o valor obtido em B, da Pegada Ecológica dos combustíveis, pela população referente ao ano-base da pesquisa, que aqui é 2017.

➡ A população em Teresina, naquele ano, é de 850.198 habitantes, portanto, a Pegada Ecológica per capita dos combustíveis é de 1,6440 gha:

● $C = B/850.198 \text{ hab.} \rightarrow C = 1.397.741,25 \text{ gha} / 850.198 \text{ hab.}$

$C = 1,6440 \text{ gha.}$

| ANO-BASE | POPULAÇÃO (hab - 2017) | TOTAL DE EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO (t) | ÁREA NECESSÁRIA PARA ABSORÇÃO DE CO ₂ (ha) | PEGADA ECOLÓGICA COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS (gha) | PEGADA ECOLÓGICA CF PER CAPITA (gha) 2017 |
|----------|------------------------|--|---|---|---|
| 2017 | 850.198 | 1.020.249,09 | 1.020.249,09 | 1.397.741,25 | 1,6440 |

7.1.5. PEGADA ECOLÓGICA TOTAL E *PER CAPITA* DE TERESINA

Os resultados obtidos para as pegadas ecológicas dos 4 itens propostos – energia elétrica, consumo de água, geração de resíduos sólidos urbanos e combustíveis fósseis – estão compilados na Tabela 13 abaixo. A Pegada Ecológica total de um cidadão teresinense (Pegada Ecológica *per capita*), tendo como base o ano de 2017, é de 2,2194 gha, abaixo da média brasileira referente ao ano base, que é de 2,6 gha²⁸¹ (ver Figura 24), indicando um consumo de recursos menor do que a média nacional no período. Em Teresina, podemos observar que o item de maior peso é a queima de combustíveis fósseis, que corresponde a 74,07% do valor da PE_{TOTAL}, seguido da geração de resíduos sólidos (21,105%). O item que menos tem impacto é o consumo de água, que corresponde a apenas 1,16% do valor total da Pegada Ecológica municipal. No total, o consumo dentro do município de Teresina corresponde a uma área de 1.886.946,10 gha, bastante superior à área total do município, de 139.129,30 ha, e à área urbana, com 48.606 ha²⁸².

²⁸¹ Vale ponderar que, nesta dissertação, o cálculo foi simplificado por uma escolha metodológica.

²⁸² Esse valor não corresponde ao perímetro urbano, e sim à mancha urbana, conforme delimitação desenvolvida para a modelagem sintática mais recente, de 2018.

Tabela 13: Pegada Ecológica Total e per capita do município de Teresina, com a contribuição de cada item calculado. Fonte: Elaborado pela autora.

| ITENS ANALISADOS | PEGADA ECOLÓGICA (gha) | | PEGADA ECOLÓGICA PER CAPITA (gha) |
|--------------------------|------------------------|---------|-----------------------------------|
| Energia Elétrica | 69.019,68 | 3,66% | 0,0812 |
| Consumo de Água | 21.950,22 | 1,16% | 0,0258 |
| Resíduos Sólidos Urbanos | 398.234,99 | 21,11% | 0,4684 |
| Combustíveis Fósseis | 1.397.741,21 | 74,07% | 1,6440 |
| TOTAL | 1.886.946,10 | 100,00% | 2,2194 |

O comportamento da Pegada Ecológica em nível global na cidade de Teresina nos dá indícios relevantes. Percebemos, pela PE, que o item de menor pressão no meio ambiente é o consumo de água (PE_A), sendo que a cidade, além de estar localizada numa região de altas temperaturas, o que naturalmente demanda maior consumo de água, possui 2 rios importantes, Parnaíba e Poti, dentro de sua mancha urbana. O segundo item, consumo de energia elétrica (PE_{EE}), apesar de 3 vezes maior do que a PE_A , é baixo quando colocado na composição da PE_{TOTAL} de Teresina, o que também se torna relevante quando consideramos as altas temperaturas da cidade, que demandam energia elétrica para a manutenção do conforto térmico das edificações.

Quando passamos para o terceiro item, a Pegada Ecológica dos resíduos sólidos urbanos, percebemos que se trata de um padrão de geração insustentável dentro da cidade, pois a PE_{RSU} é 3 vezes maior do que o tamanho total do município. Esse resultado nos indica que é necessário dar prioridade às políticas públicas que incentivem a diminuição da geração de resíduos sólidos urbanos na cidade, como incentivo à reciclagem, compostagem e ao consumo consciente de materiais não-perecíveis.

Por fim, a Pegada Ecológica do consumo de combustíveis fósseis, que corresponde a quase $\frac{3}{4}$ da PE_{TOTAL} da cidade de Teresina, correspondendo a 10 vezes a área total do município. Entendemos esse resultado como a necessidade prioritária de reformulação dos modais de deslocamento urbano, incentivando a caminhabilidade, o uso de transporte não poluente, como bicicletas, e o incentivo ao transporte público em detrimento do transporte particular (carros e motocicletas).

7.2. UMA LEITURA LOCAL: OS SETORES

Com a Pegada Ecológica total e *per capita* da cidade, de cada uma das variáveis calculadas (água, energia elétrica, resíduos sólidos e consumo de combustíveis fósseis) e com a dados sobre o consumo da população residente, faremos o cálculo da Pegada Ecológica de cada um dos setores

selecionados²⁸³. Conforme calculamos no item 7.1.5. PEGADA ECOLÓGICA TOTAL E PER CAPITA DE TERESINA (página 209), a Pegada Ecológica *per capita* do cidadão teresinense, no ano de 2017, é de 2,2194 gha em média. Neste caso, se multiplicarmos o valor *per capita* pela população residente em cada setor, encontraremos uma Pegada Ecológica que ultrapassa 112 vezes soma das áreas dos setores, conforme demonstrado na Tabela 14²⁸⁴.

Tabela 14: Pegada Ecológica de cada setor, calculada a partir da população. Fonte: Elaborado pela autora.

| SETOR | ZONA | ÁREA (ha) | POP. (hab.) | PEGADA ECOLÓGICA (gha) |
|-----------------------|---------|----------------|-------------------|------------------------|
| Parque Brasil | NORTE | 223,5 | 13.584,60 | 30.149,66 |
| Buenos Aires | NORTE | 160,4 | 10.069,43 | 22.348,09 |
| Poti Velho | NORTE | 252,1 | 13.124,80 | 29.129,18 |
| Uruguai | LESTE | 194,7 | 13.877,08 | 30.798,79 |
| Satélite | LESTE | 394,8 | 14.812,43 | 32.874,71 |
| Morada do Sol | LESTE | 137,8 | 5.873,73 | 13.036,16 |
| São Cristóvão | LESTE | 180,5 | 7.149,97 | 15.868,64 |
| Recanto das Palmeiras | LESTE | 321,8 | 6.648,41 | 14.755,48 |
| Noivos | LESTE | 224,4 | 7.258,15 | 16.108,74 |
| Jóquei | LESTE | 98,9 | 10.169,28 | 22.569,70 |
| Gurupi | SUDESTE | 223,5 | 10.531,77 | 23.374,21 |
| Itararé | SUDESTE | 85,4 | 10.479,33 | 23.257,83 |
| Parque Poti | SUDESTE | 252,1 | 14.586,58 | 32.373,46 |
| Extrema | SUDESTE | 303,5 | 14.236,93 | 31.597,44 |
| Redenção | SUL | 170,8 | 16.553,29 | 36.738,37 |
| Angelim | SUL | 468,5 | 20.004,28 | 44.397,50 |
| Ilhotas | CENTRO | 119,1 | 7.265,04 | 16.124,03 |
| Porenquanto | CENTRO | 140,4 | 5.523,68 | 12.259,26 |
| Centro 1 | CENTRO | 134,0 | 5.323,02 | 11.813,91 |
| Centro 3 | CENTRO | 126,7 | 4.746,19 | 10.533,69 |
| TOTAL | | 4.196,1 | 211.818,00 | 470.108,85 |

²⁸³ Os setores foram caracterizados no item 5.3. LEITURA LOCAL: OS SETORES.

²⁸⁴ A partir de agora, a ordem das entradas das tabelas será por zona geográfica: primeiramente os setores da Região Norte, depois Leste, Sudeste, Sul e, por fim, do Centro.

Com base na população, os bairros com maior Pegada Ecológica são: Angelim (44.397,50 gha) e Redenção (36.738,37 gha), os dois representantes na Zona Sul desta pesquisa – trata-se de uma região bastante populosa na cidade. As menores pegadas se encontram no Centro (Centro 1 e Centro 3), devido à baixa população residente nesses setores.

No entanto, entendemos que levar em conta apenas a população residente não nos daria a dimensão mais aproximada a respeito de consumo de cada setor, em razão da variação socioeconômica dos perfis de habitantes. Portanto, a partir da base de dados de Sousa (2018), faremos o cálculo proporcional do consumo de cada uma das variáveis.

7.2.1.1. PEGADA ECOLÓGICA DA ENERGIA ELÉTRICA (PE_{EE})

Com base nos procedimentos apresentados no item 7.1.1. PEGADA ECOLÓGICA DE ENERGIA ELÉTRICA (página 198), calculamos²⁸⁵ a PE_{EE} dos setores selecionados na cidade de Teresina, para o ano de 2017, o que resultou em um total de **17.199,62 gha**. Trabalhando com a proporcionalidade baseada no consumo de energia elétrica de cada setor, temos a PE_{EE} correspondente a cada setor, como demonstrado na Tabela 15. Os setores de maior consumo são: Centro 3 (2.608,37 gha), Ilhotas (1.507,25 gha) e Centro 1 (1.418,62 gha), todos localizados na Zona Central da cidade. Como menor consumo, temos Parque Brasil (161,42 gha), Uruguai (232,13 gha) e Angelim (298,13 gha), os setores respectivamente mais a norte, mais a leste e mais ao sul dentre os estudados nesta pesquisa. Entendemos que tal resultado se dá por dois motivos: 1) nas áreas centrais se concentram atividades comerciais, o que acaba por aumentar o padrão de consumo de energia elétrica; e 2) pela tendência de que as áreas mais centrais das cidades sejam ocupadas por pessoas de maior poder aquisitivo, o que está diretamente ligado a um alto padrão de consumo de recursos, enquanto as áreas mais periféricas tendem a concentrar pessoas de menor perfil socioeconômico e, portanto, com mais baixo padrão de consumo.

²⁸⁵ Multiplicamos a PE_{EE}, que é de 0,0812 gha pelo total da população dos setores, que corresponde a 211.818 habitantes.

Tabela 15: Pegada Ecológica do consumo de energia elétrica por setor urbano em Teresina.
 Fonte: Elaborado pela autora, com base em dados de Sousa (2018).

| SETOR | ZONA | ÁREA (ha) | CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA <i>PER CAPITA</i> | | PEGADA ECOLÓGICA DA ENERGIA ELÉTRICA (PE _{EE}) |
|-----------------------|---------|----------------|---|---------------|--|
| | | | (kWh/hab.dia) | % | |
| Parque Brasil | NORTE | 206,7 | 0,82 | 0,94 | 161,42 |
| Buenos Aires | NORTE | 160,4 | 2,12 | 2,42 | 416,24 |
| Poti Velho | NORTE | 252,1 | 1,98 | 2,26 | 388,74 |
| Uruguai | LESTE | 194,7 | 1,18 | 1,35 | 232,13 |
| Satélite | LESTE | 394,8 | 4,57 | 5,21 | 896,62 |
| Morada do Sol | LESTE | 137,8 | 7,00 | 7,99 | 1.373,86 |
| São Cristóvão | LESTE | 180,5 | 6,07 | 6,92 | 1.189,91 |
| Recanto das Palmeiras | LESTE | 321,8 | 4,93 | 5,62 | 967,05 |
| Noivos | LESTE | 224,4 | 6,62 | 7,55 | 1.298,38 |
| Jóquei | LESTE | 98,9 | 3,66 | 4,17 | 717,48 |
| Gurupi | SUDESTE | 223,5 | 2,14 | 2,44 | 419,30 |
| Itararé | SUDESTE | 85,4 | 2,55 | 2,91 | 499,88 |
| Parque Poti | SUDESTE | 252,1 | 2,41 | 2,75 | 472,70 |
| Extrema | SUDESTE | 303,5 | 2,77 | 3,16 | 544,23 |
| Redenção | SUL | 170,8 | 2,71 | 3,10 | 532,33 |
| Angelim | SUL | 468,5 | 1,52 | 1,73 | 298,13 |
| Ilhotas | CENTRO | 119,1 | 7,68 | 8,76 | 1.507,25 |
| Porenquanto | CENTRO | 140,4 | 6,41 | 7,31 | 1.256,96 |
| Centro 1 | CENTRO | 134,0 | 7,23 | 8,25 | 1.418,62 |
| Centro 3 | CENTRO | 126,7 | 13,30 | 15,17 | 2.608,37 |
| TOTAL | | 4.196,1 | 87,67 | 100,00 | 17.199,62 |

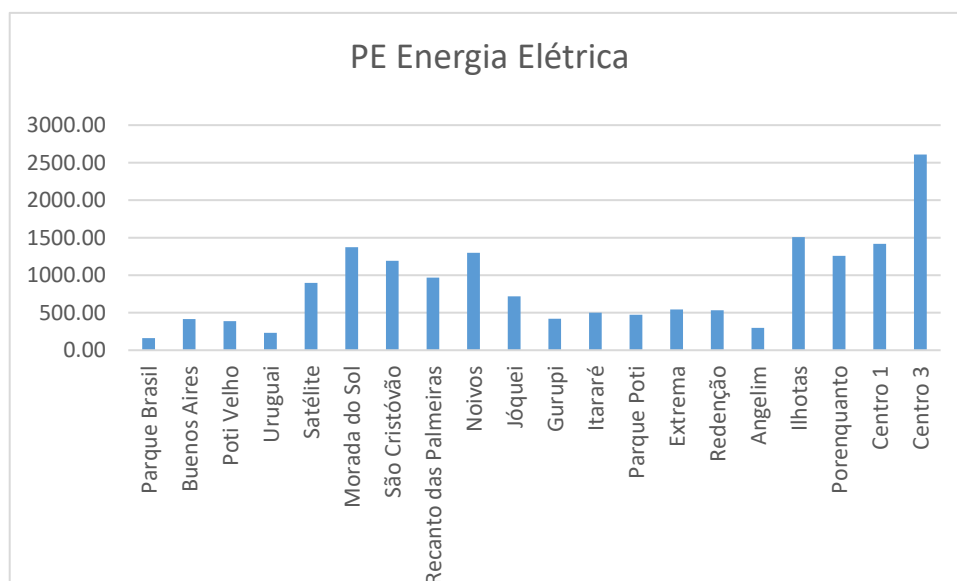


Gráfico 15: Pegada Ecológica de Energia Elétrica dos setores. Fonte: Elaborado pela autora.

7.2.1.2. PEGADA ECOLÓGICA DO CONSUMO DE ÁGUA (PE_A)

Conforme calculado no item 7.1.2. PEGADA ECOLÓGICA DO CONSUMO DE ÁGUA (página 200), a PE_A de Teresina no ano de 2017 foi de 21.950,22 gha, portanto, o consumo de água referente aos setores estudados é de **5.464,90 gha**. Seguindo a proporcionalidade do consumo de água, temos que a PE_A de cada setor corresponde ao demonstrado na **Tabela 16**. Os setores de maior PE_A são: Centro 3 (629,71 gha), Porenquante (536,60 gha) e Centro 1 (491,30 gha), todos na região central da cidade – que tendem a concentrar atividades comerciais e que, portanto, tendem a um maior consumo de água, seguidos por Noivos (412,17 gha), São Cristóvão (329,93 gha) e Morada do Sol (325,95 gha), todos na Zona Leste e com perfil socioeconômico mais alto, portanto, com tendência a um maior consumo de recursos. O setor Jóquei, único com perfil socioeconômico classe A, encontra-se com uma PE_A bem baixa (159,65 gha). Os setores de Pegada Ecológica de água mais baixos são Uruguai (117,89 gha) e Angelim (156,11 gha), ambos setores mais periféricos em relação aos demais.

Tabela 16: Pegada Ecológica da água por urbano em Teresina. Fonte: Elaborado pela autora, com base em dados de Sousa (2018).

| SETOR | ZONA | ÁREA (ha) | CONSUMO DE ÁGUA PER CAPITA | | PEGADA ECOLÓGICA DA ÁGUA (PE _{AGUA}) |
|-----------------------|---------|----------------|----------------------------|---------------|--|
| | | | (litros/hab.dia) | % | |
| Parque Brasil | NORTE | 206,7 | 96,14 | 3,08 | 168,33 |
| Buenos Aires | NORTE | 160,4 | 93,56 | 3,00 | 163,82 |
| Poti Velho | NORTE | 252,1 | 143,04 | 4,58 | 250,45 |
| Uruguai | LESTE | 194,7 | 67,33 | 2,16 | 117,89 |
| Satélite | LESTE | 394,8 | 103,09 | 3,30 | 180,51 |
| Morada do Sol | LESTE | 137,8 | 186,16 | 5,96 | 325,95 |
| São Cristóvão | LESTE | 180,5 | 188,44 | 6,04 | 329,93 |
| Recanto das Palmeiras | LESTE | 321,8 | 133,50 | 4,28 | 233,74 |
| Noivos | LESTE | 224,4 | 235,40 | 7,54 | 412,17 |
| Jóquei | LESTE | 98,9 | 91,18 | 2,92 | 159,65 |
| Gurupi | SUDESTE | 223,5 | 89,44 | 2,87 | 156,60 |
| Itararé | SUDESTE | 85,4 | 136,68 | 4,38 | 239,31 |
| Parque Poti | SUDESTE | 252,1 | 94,29 | 3,02 | 165,10 |
| Extrema | SUDESTE | 303,5 | 128,53 | 4,12 | 225,04 |
| Redenção | SUL | 170,8 | 116,79 | 3,74 | 204,50 |
| Angelim | SUL | 468,5 | 89,16 | 2,86 | 156,11 |
| Ilhotas | CENTRO | 119,1 | 181,73 | 5,82 | 318,19 |
| Porenquanto | CENTRO | 140,4 | 306,47 | 9,82 | 536,60 |
| Centro 1 | CENTRO | 134,0 | 280,60 | 8,99 | 491,30 |
| Centro 3 | CENTRO | 126,7 | 359,65 | 11,52 | 629,71 |
| TOTAL | | 4.196,1 | 3.121,18 | 100,00 | 5.464,90 |

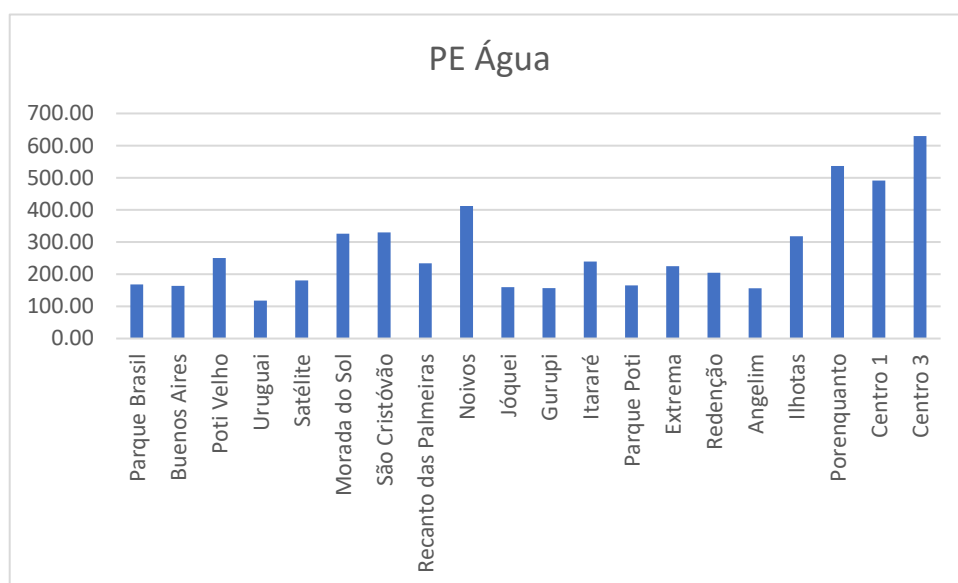


Gráfico 16: Pegada Ecológica do consumo de água dos setores. Fonte: Elaborado pela autora.

7.2.1.3. PEGADA ECOLÓGICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS (PE_{RSU})

No item 7.1.3. PEGADA ECOLÓGICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (página 202), calculamos a PE_{RSU} da cidade de Teresina no ano de 2017, chegando ao resultado total de 398.234,99 gha. Quando calculamos a PE_{RSU} para os setores selecionados, seguindo os mesmos procedimentos, temos um total de **99.215,55 gha**.

Como parâmetro de proporcionalidade, utilizaremos os dados de Sousa (2018) a respeito da produção de resíduos sólidos *per capita* por setor urbano no ano de 2017, com os resultados expostos na **Tabela 17** abaixo. Notamos que os setores referentes à Zona Central da cidade, Centro 1 (12.514,25 gha), Centro 3 (14.182,82 gha), Porenquanto (6.930,97 gha) e Ilhotas (5.262,40 gha) são responsáveis por impressionantes 39,19% da PE_{RSU} total, fato atribuído à 1) se tratar de zonas comerciais (Centro 1 e Centro 3), o que acaba por gerar mais resíduos sólidos; e 2) se tratar de zonas residenciais centrais (Porenquanto e Ilhotas, esse último com alto poder aquisitivo) e com o tecido urbano consolidado, contribuindo para alta geração de RSU. Os bairros que concentram população de maior poder aquisitivo (Jóquei, Morada do Sol, Noivos, Recanto das Palmeiras e São Cristóvão), somados, ultrapassam ¼ da PE_{RSU} total (26,64%), acompanhando a tendência natural de que quanto maior a classe socioeconômica, maior a tendência a gerar resíduos sólidos. Os setores Angelim, na zona sul, e Satélite, na zona leste, ambos setores populosos e com baixo poder aquisitivo (Classe D) são os que apresentam menor PE_{RSU}.

Tabela 17: Pegada Ecológica da produção de resíduos sólidos urbanos por setor urbano de Teresina.
Fonte: Elaborado pela autora, com base em dados de Sousa (2018).

| SETOR | ZONA | ÁREA (ha) | PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS <i>PER CAPITA</i> | | PEGADA ECOLÓGICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS (PE _{RSU}) |
|-----------------------|-------|-----------|--|------|--|
| | | | (kg/hab.dia) | % | |
| Parque Brasil | NORTE | 206,7 | 0,41 | 2,65 | 2.631,20 |
| Buenos Aires | NORTE | 160,4 | 0,57 | 3,69 | 3.658,01 |
| Poti Velho | NORTE | 252,1 | 0,50 | 3,23 | 3.208,78 |
| Uruguai | LESTE | 194,7 | 0,48 | 3,10 | 3.080,43 |
| Satélite | LESTE | 394,8 | 0,35 | 2,26 | 2.246,15 |
| Morada do Sol | LESTE | 137,8 | 1,01 | 6,53 | 6.481,74 |
| São Cristóvão | LESTE | 180,5 | 0,87 | 5,63 | 5.583,28 |
| Recanto das Palmeiras | LESTE | 321,8 | 0,90 | 5,82 | 5.775,81 |
| Noivos | LESTE | 224,4 | 0,81 | 5,24 | 5.198,23 |
| Jóquei | LESTE | 98,9 | 0,53 | 3,43 | 3.401,31 |

| | | | | | |
|--------------|---------|----------------|--------------|---------------|------------------|
| Gurupi | SUDESTE | 223,5 | 0,61 | 3,95 | 3.914,71 |
| Itararé | SUDESTE | 85,4 | 0,57 | 3,69 | 3.658,01 |
| Parque Poti | SUDESTE | 252,1 | 0,52 | 3,36 | 3.337,13 |
| Extrema | SUDESTE | 303,5 | 0,50 | 3,23 | 3.208,78 |
| Redenção | SUL | 170,8 | 0,43 | 2,78 | 2.759,55 |
| Angelim | SUL | 468,5 | 0,34 | 2,20 | 2.181,97 |
| Ilhotas | CENTRO | 119,1 | 0,82 | 5,30 | 5.262,40 |
| Porenquanto | CENTRO | 140,4 | 1,08 | 6,99 | 6.930,97 |
| Centro 1 | CENTRO | 134,0 | 1,95 | 12,61 | 12.514,25 |
| Centro 3 | CENTRO | 126,7 | 2,21 | 14,29 | 14.182,82 |
| TOTAL | | 4.196,1 | 15,45 | 100,00 | 99.215,55 |

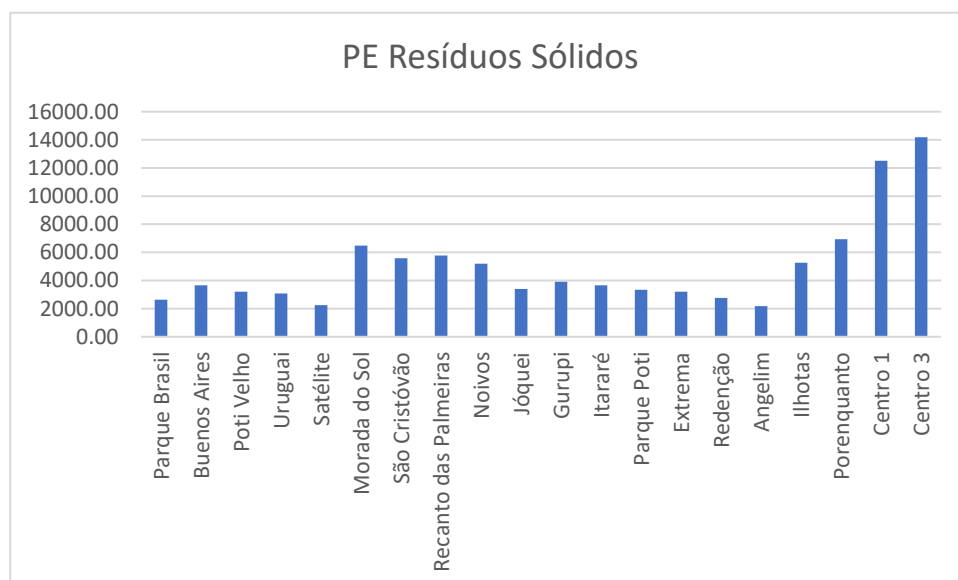


Gráfico 17: Pegada Ecológica dos Resíduos Sólidos Urbanos dos setores. Fonte: Elaborado pela autora.

7.2.1.4. PEGADA ECOLÓGICA DOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS (PE_{CF})

Conforme calculado anteriormente, descobrimos que a Pegada Ecológica para combustíveis fósseis em Teresina, referente ao ano de 2017, corresponde a 1.397.741,25 gha (resultando em 1,6440 gha *per capita*) e correspondendo a quase $\frac{3}{4}$ da pegada total do município. Quando fazemos o cálculo para os setores selecionados temos uma pegada de **348.228,79 gha** – valor com o qual trabalharemos a proporcionalidade.

Para o cálculo da proporcionalidade da Pegada Ecológica de combustíveis fósseis (PE_{CF}), iremos utilizar parâmetros da Sintaxe Espacial, mais precisamente a Integração global (INT), já que se trata de uma variável ligada a tendências de movimento e centralidades.

Sabemos que, no total, foram estabelecidas 11.196 linhas axiais no mapa de Teresina em 2018. Dessas, 1.634 são consideradas muito integradas ($1.105 > INT > 0.867$ – em vermelho, laranja e amarelo no mapa), com tamanho médio de 519,67 metros; 7.743 linhas são consideradas medianamente integradas ($0.867 > INT > 0.550$ – cores verde e azul claro), com tamanho médio de 290,01 metros; e 1.819 linhas são consideradas de baixa integração ($0.550 > INT > 0.313$ – cores azul escuro, índigo e roxo no mapa), com tamanho médio de 265,56 metros de comprimento (Figura 92). Percebemos, de início, que as linhas medianamente integradas são a maioria no sistema urbano da cidade analisada.

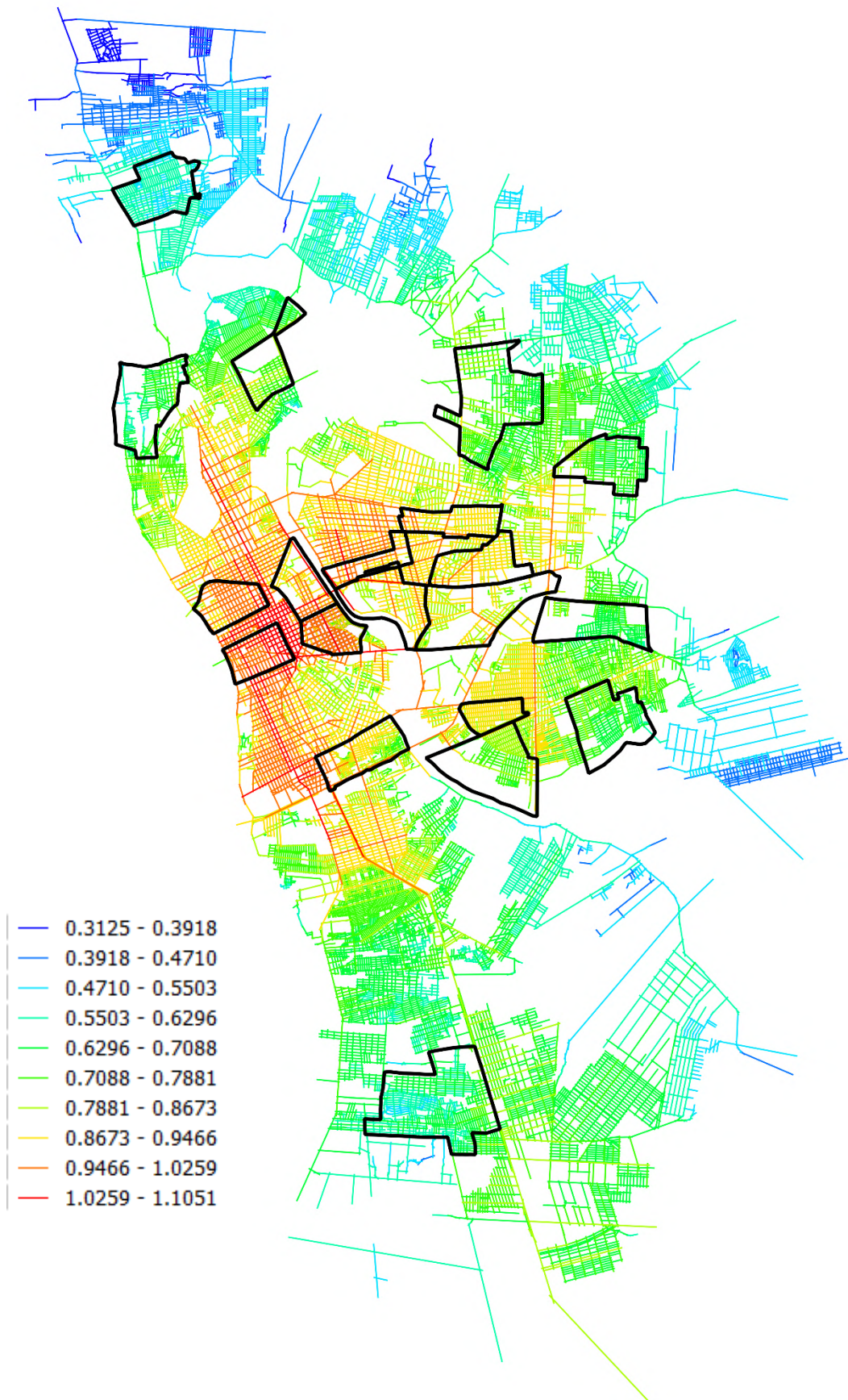


Figura 92: Mapa axial para a variável integração global (INT) de Teresina (INT), com demarcação dos setores analisados. Fonte: Elaborado pela autora.

Quando observamos o mapa de integração (INT) da cidade com a demarcação dos setores selecionados, como demonstrado na Figura 92, identificamos que a maior parte está localizada em áreas de maior integração e de integração mediana, onde o tecido urbano já é consolidado. No entanto, para calcularmos o grau de proporcionalidade da Pegada Ecológica, realizamos o seguinte procedimento:

- Primeiramente, com as quantidades de linhas de cada setor, realizamos a soma total, em metros, dos comprimentos das linhas;
- Depois, confrontamos o mapa do setor com o mapa de integração do sistema urbano completo, identificando quais linhas são mais integradas, medianamente integradas e pouco integradas, e procedemos com a soma dos comprimentos dos eixos de cada uma das categorias;
- O passo seguinte é estabelecermos o peso para o cálculo da média ponderada, que nos dará o grau de importância das linhas dentro do sistema. Para isso, utilizamos o ponto médio de integração de cada uma das categorias, conforme expresso na tabela abaixo:

Tabela 18: Cálculo do peso para a média ponderada dos eixos axiais de Teresina, quando processados em mapa axial, para a variável integração global (INT). Fonte: Elaborado pela autora.

| CATEGORIA | CORES | INTERVALO | PONTO MÉDIO |
|-------------------------|----------------------------|-----------------|-------------|
| Muito integradas | Vermelho, laranja, amarelo | 1,1051 0,8673 | 0,9862 |
| Medianamente integradas | Verde, azul claro | 0,8673 0,5503 | 0,7087 |
| Pouco integradas | Azul escuro, violeta | 0,5503 0,3125 | 0,4313 |

- Em seguida, procedemos o cálculo da média ponderada para obtermos o grau de importância de cada setor no sistema urbano por meio da seguinte fórmula:

$$\frac{(CMP_{MTO} \times 0,9862) + (CMP_{MED} \times 0,7087) + (CMP_{PCO} \times 0,4313)}{(0,9862 + 0,7087 + 0,4313)}, \text{ onde:}$$

CMP_{MTO} = soma dos comprimentos de linhas muito integrados;

CMP_{MED} = soma dos comprimentos de linhas medianamente integrados; e

CMP_{PCO} = soma dos comprimentos de linhas pouco integrados;

- Cada valor resultante dessa operação, então, representa uma porcentagem do total, porcentagem essa que utilizamos no cálculo da proporcionalidade da Pegada Ecológica de combustíveis fósseis (PE_{CF}) referentes a cada um dos setores.

Na Tabela 19, abaixo, estão compilados os valores obtidos para a PE_{CF} de cada um dos setores estudados.

Tabela 19: Pegada Ecológica de combustíveis fósseis de cada setor urbano de Teresina. Fonte: Elaborado pela autora.

| SETOR | ZONA | ÁREA (ha) | GRAU DE IMPORTÂNCIA DE CADA SETOR NO SISTEMA | | PEGADA ECOLÓGICA DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS (PE_{CF}) |
|-----------------------|---------|----------------|--|--------|--|
| | | | Média Ponderada | % | |
| Parque Brasil | NORTE | 223,5 | 16.083,16 | 4,86 | 16.920,25 |
| Buenos Aires | NORTE | 160,4 | 9.037,11 | 2,73 | 9.507,47 |
| Poti Velho | NORTE | 252,1 | 12.883,20 | 3,89 | 13.553,74 |
| Uruguai | LESTE | 194,7 | 15.093,83 | 4,56 | 15.879,43 |
| Satélite | LESTE | 394,8 | 24.760,97 | 7,48 | 26.049,73 |
| Morada do Sol | LESTE | 137,8 | 14.099,87 | 4,26 | 14.833,74 |
| São Cristóvão | LESTE | 180,5 | 15.822,65 | 4,78 | 16.646,18 |
| Recanto das Palmeiras | LESTE | 321,8 | 18.138,13 | 5,48 | 19.082,18 |
| Noivos | LESTE | 224,4 | 17.238,40 | 5,21 | 18.135,63 |
| Jóquei | LESTE | 98,9 | 16.515,63 | 4,99 | 17.375,24 |
| Gurupi | SUDESTE | 223,5 | 12.854,90 | 3,88 | 13.523,97 |
| Itararé | SUDESTE | 85,4 | 10.879,62 | 3,29 | 11.445,88 |
| Parque Poti | SUDESTE | 252,1 | 16.728,60 | 5,05 | 17.599,29 |
| Extrema | SUDESTE | 303,5 | 13.203,45 | 3,99 | 13.890,66 |
| Redenção | SUL | 170,8 | 18.531,56 | 5,60 | 19.496,09 |
| Angelim | SUL | 468,5 | 34.052,70 | 10,29 | 35.825,07 |
| Ilhotas | CENTRO | 119,1 | 12.034,71 | 3,64 | 12.661,09 |
| Porenquanto | CENTRO | 140,4 | 13.378,19 | 4,04 | 14.074,50 |
| Centro 1 | CENTRO | 134,0 | 18.765,00 | 5,67 | 19.741,67 |
| Centro 3 | CENTRO | 126,7 | 20.899,23 | 6,31 | 21.986,99 |
| TOTAL | | 4.196,1 | 331.000,90 | 100,00 | 348.228,79 |

Com a média ponderada baseada na tendência de movimento dentro de cada setor, os setores mais extensos são os que apresentaram uma maior PE_{CF} . O Angelim (35.825 gha) e o Satélite (26.049,73 gha), mesmo com linhas medianamente integradas, são regiões em adensamento, com vias em fase de demarcação, mas que já foram consideradas neste estudo, portanto, os valores apresentados nesta seção indicam tendências.

Os setores Centro 1 (19.741,67 gha) e Centro 3 (21.986,99 gha), apesar da pouca extensão, apresentam valores consideráveis de PE_{CF} , já que suas vias, dentro do sistema urbano, são consolidadas e bastante integradas, indicando uma forte tendência ao movimento de veículos dentro desses setores. Mesmo comportamento se apresenta no setor Jóquei (17.375,24 gha), que, apesar de ser o menor setor dentre os estudados, possui uma grande PE_{CF} .

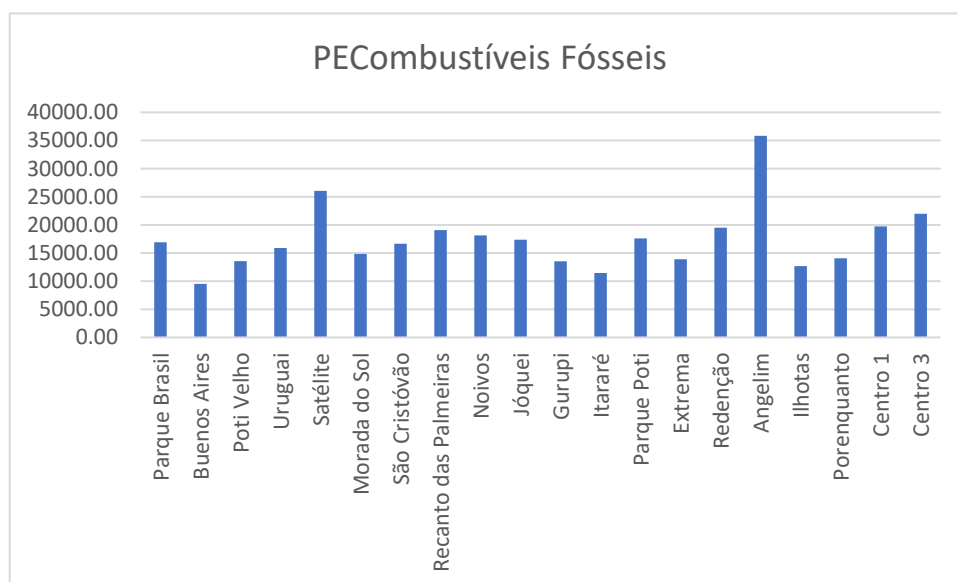


Gráfico 18: Pegada Ecológica de Combustíveis Fósseis dos setores. Fonte: Elaborado pela autora.

7.2.1.5. PEGADA ECOLÓGICA TOTAL (PE_{TOTAL}) DE CADA SETOR

Com os cálculos individuais e proporcionais de cada setor, realizamos a soma das pegadas ecológicas calculadas para a obtenção da PE_{TOTAL} de cada um dos setores, conforme demonstrado na Tabela 20 a seguir. O setor com maior PE_{TOTAL} foi o Centro 3 (39.435,05 gha), seguido pelo Angelim (38.438,41 gha) e pelo Centro 1 (34.174,51 gha). O Angelim é um caso a ser observado, pois se trata de um setor que figura dentre os de menores PE_{EE} , PE_A e PE_{RSU} , no entanto, é o de maior PE_{CF} . Atribuímos esse comportamento das variáveis à grande quantidade de vias existentes e em fase de demarcação²⁸⁶, já que se trata do setor mais extenso desta pesquisa. A mesma tendência se apresenta no setor Satélite, que também é um dos mais extensos e possui grande quantidade de vias²⁸⁷. Importante ressaltar que ambos os setores são de classe socioeconômica mais baixa (Classe D). Os setores de menor PE_{TOTAL} são o Buenos Aires (13.745,54 gha), Itararé

²⁸⁶ Trata-se de um setor em fase de adensamento, com diversas vias em fase de demarcação, mas que já foram consideradas neste estudo, portanto, esse valor de PE_{CF} se apresenta como uma tendência.

²⁸⁷ O setor Satélite é um caso semelhante ao setor Angelim, com a PE_{CF} se apresentando como tendência, já que também se trata de um setor em fase de adensamento.

(15.843,08 gha), Poti Velho (17.401,71 gha) e Extrema (17.868,71 gha), todos pertencentes à classe socioeconômica D.

Tabela 20: Cálculo da Pegada Ecológica Total de cada um dos setores estudados. Fonte: Elaborado pela autora.

| SETOR | ZONA | PE _{EE} | PE _{AGUA} | PE _{RSU} | PE _{CF} | PE _{TOTAL} |
|-----------------------|---------|------------------|--------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Parque Brasil | NORTE | 161,42 | 168,33 | 2.631,20 | 16.920,25 | 19.880,66 |
| Buenos Aires | NORTE | 416,24 | 163,82 | 3.658,01 | 9.507,47 | 13.745,21 |
| Poti Velho | NORTE | 388,74 | 250,45 | 3.208,78 | 13.553,74 | 17.401,42 |
| Uruguai | LESTE | 232,13 | 117,89 | 3.080,43 | 15.879,43 | 19.309,25 |
| Satélite | LESTE | 896,62 | 180,51 | 2.246,15 | 26.049,73 | 29.372,94 |
| Morada do Sol | LESTE | 1.373,86 | 325,95 | 6.481,74 | 14.833,74 | 23.014,73 |
| São Cristóvão | LESTE | 1.189,91 | 329,93 | 5.583,28 | 16.646,18 | 23.750,26 |
| Recanto das Palmeiras | LESTE | 967,05 | 233,74 | 5.775,81 | 19.082,18 | 26.058,93 |
| Noivos | LESTE | 1.298,38 | 412,17 | 5.198,23 | 18.135,63 | 25.044,76 |
| Jóquei | LESTE | 717,48 | 159,65 | 3.401,31 | 17.375,24 | 21.654,23 |
| Gurupi | SUDESTE | 419,30 | 156,60 | 3.914,71 | 13.523,97 | 18.015,12 |
| Itararé | SUDESTE | 499,88 | 239,31 | 3.658,01 | 11.445,88 | 15.843,48 |
| Parque Poti | SUDESTE | 472,70 | 165,10 | 3.337,13 | 17.599,29 | 21.574,32 |
| Extrema | SUDESTE | 544,23 | 225,04 | 3.208,78 | 13.890,66 | 17.867,92 |
| Redenção | SUL | 532,33 | 204,50 | 2.759,55 | 19.496,09 | 22.991,79 |
| Angelim | SUL | 298,13 | 156,11 | 2.181,97 | 35.825,07 | 38.461,35 |
| Ilhotas | CENTRO | 1.507,25 | 318,19 | 5.262,40 | 12.661,09 | 19.748,39 |
| Porenquanto | CENTRO | 1.256,96 | 536,60 | 6.930,97 | 14.074,50 | 22.799,62 |
| Centro 1 | CENTRO | 1.418,62 | 491,30 | 12.514,25 | 19.741,67 | 34.165,66 |
| Centro 3 | CENTRO | 2.608,37 | 629,71 | 14.182,82 | 21.986,99 | 39.408,79 |
| TOTAL | | 17.199,62 | 5.464,90 | 99.215,55 | 348.228,79 | 470.108,86 |

Quando observamos a composição da PE_{TOTAL} dos setores, percebemos que o item que mais pesa é a queima de combustíveis fósseis, o que está visualmente demonstrado no Gráfico 19 abaixo. Nele, é demonstrado que a proporção entre as Pegadas Ecológicas de energia elétrica (em azul) e água (em verde) tem pouco peso dentro da PE_{TOTAL}, a PE_{RSU}, em laranja, apresenta um destaque moderado e a PE_{CF}, cuja cor é vermelha, se destaca fortemente. Tal resultado pode dar indícios sobre a influência da forma urbana sobre a Pegada Ecológica, já que a PE_{CF}, construída a partir da metragem de vias, é a Pegada mais intensa. As Pegadas Ecológicas de energia elétrica, água e resíduos sólidos urbanos, construídas a partir de hábitos de consumo, apresentam comportamentos semelhantes, demonstrando a importância de acrescentar uma variável ligada ao aspecto socioeconômico para o entendimento da Pegada Ecológica.

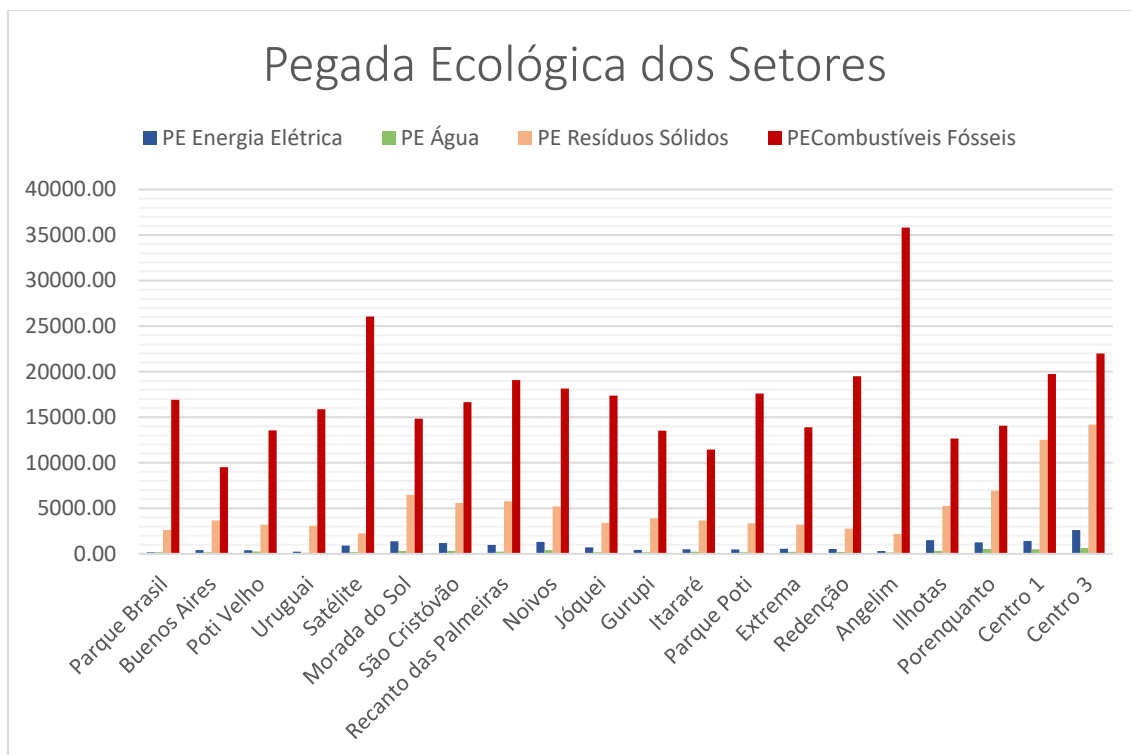


Gráfico 19: Composição da Pegada Ecológica Total dos setores. Fonte: elaborado pela autora.

Para efeito de comparação, demonstramos, na Tabela 21 e no Gráfico 20, a diferença dos resultados de PE_{TOTAL} baseada na população e baseada no consumo de recursos. Quando utilizamos como base de cálculo a população residente, os setores mais populosos, naturalmente, apresentarão uma Pegada Ecológica maior, como é o caso, por exemplo, do setor Extrema, que apresenta uma das maiores PE_{TOTAL} nessa situação. No entanto, quando olhamos para o cálculo proporcional baseado no consumo, o mesmo setor apresenta uma das menores PE_{TOTAL} . Outro caso interessante a ser observado é a situação dos setores correspondentes ao Centro de Teresina, Centro 1 (norte) e Centro 3 (Sul), que, ao contrário dos setores citados anteriormente, possuem poucos habitantes, pois se trata de regiões prioritariamente comerciais – suas PE_{TOTAL} , quando nos balizamos na população, é baixa (11.813,91 gha e 10.533,69 gha, respectivamente). No entanto, quando procedemos com o cálculo baseado na proporcionalidade, as PE_{TOTAL} desses setores estão entre as mais altas (34.165,66 gha e 39.407,89 gha, respectivamente). Setores pouco populosos, como Morada do sol, São Cristóvão, Recanto das Palmeiras, Noivos, Ilhotas e Porenquanto, apresentam um baixo consumo quando calculamos a PE média da população, mas quando levamos em conta o consumo, apresentam altas taxas de PE – todos os setores citados pertencem à classe B e C. O Jóquei, único setor pertencente à classe A (e com alta densidade demográfica) mostrou desempenho semelhante nas duas formas de cálculo.

Tabela 21: Tabela comparativa a respeito da Pegada Ecológica total de cada um dos setores bom base na população e com base no consumo. Fonte: Elaborado pela autora.

| SETOR | ZONA | CLASSE SOCIOECONÔMICA | PE _{TOTAL} BASEADA NA POPULAÇÃO | PE _{TOTAL} BASEADA NO CONSUMO |
|-----------------------|---------|-----------------------|--|--|
| Parque Brasil | NORTE | Classe D | 30.149,66 | 19.880,66 |
| Buenos Aires | NORTE | Classe D | 22.348,09 | 13.745,21 |
| Poti Velho | NORTE | Classe D | 29.129,18 | 17.401,42 |
| Uruguai | LESTE | Classe D | 30.798,79 | 19.309,25 |
| Satélite | LESTE | Classe D | 32.874,71 | 29.372,94 |
| Morada do Sol | LESTE | Classe B | 13.036,16 | 23.014,73 |
| São Cristóvão | LESTE | Classe B | 15.868,64 | 23.750,26 |
| Recanto das Palmeiras | LESTE | Classe C | 14.755,48 | 26.058,93 |
| Noivos | LESTE | Classe B | 16.108,74 | 25.044,76 |
| Jóquei | LESTE | Classe A | 22.569,70 | 21.654,23 |
| Gurupi | SUDESTE | Classe D | 23.374,21 | 18.015,12 |
| Itararé | SUDESTE | Classe D | 23.257,83 | 15.843,48 |
| Parque Poti | SUDESTE | Classe D | 32.373,46 | 21.574,32 |
| Extrema | SUDESTE | Classe D | 31.597,44 | 17.867,92 |
| Redenção | SUL | Classe D | 36.738,37 | 22.991,79 |
| Angelim | SUL | Classe D | 44.397,50 | 38.461,35 |
| Ilhotas | CENTRO | Classe B | 16.124,03 | 19.748,39 |
| Porenquanto | CENTRO | Classe C | 12.259,26 | 22.799,62 |
| Centro 1 | CENTRO | Classe C | 11.813,91 | 34.165,66 |
| Centro 3 | CENTRO | Classe C | 10.533,69 | 39.408,79 |
| TOTAL | | | 470.108,86 | 470.108,86 |

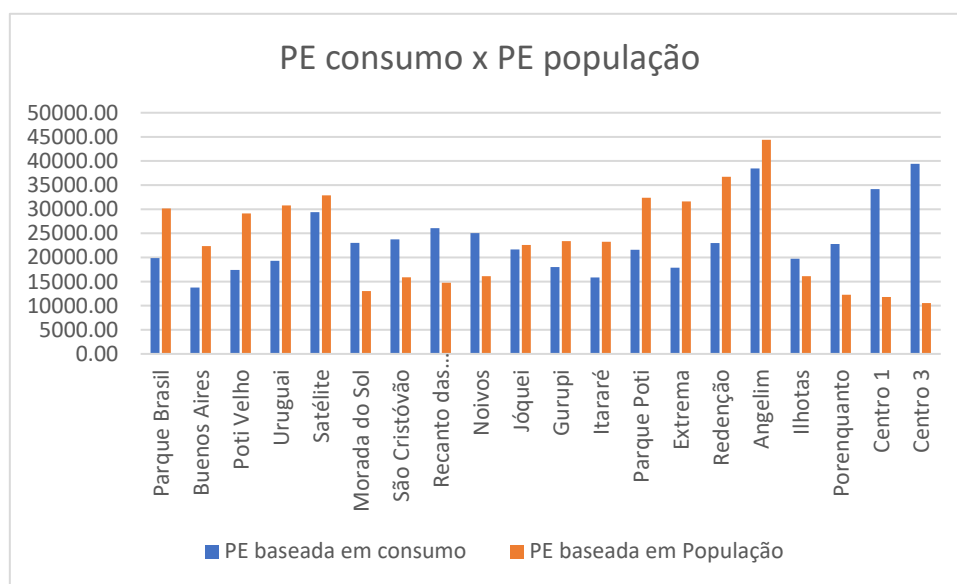


Gráfico 20: Diferença entre a PE baseada no consumo de recursos e a PE baseada apenas na população residente. Fonte: Elaborado pela autora.

Tal comportamento das variáveis é importante de ser observado, pois nos dá indicação de que, ao basear o cálculo da PE_{TOTAL} apenas na população residente, estamos considerando um padrão de consumo equivalente para todos, não levando em conta fatores que afetam, para mais ou para menos, a utilização dos recursos de infraestrutura, o que pode induzir ao incentivo de políticas equivocadas voltadas para a diminuição da Pegada Ecológica.

7.3. CONCLUSÃO

Neste capítulo, realizamos o cálculo da Pegada Ecológica da cidade de Teresina em dois níveis, um global, no qual calculamos a Pegada Ecológica geral da cidade com base no consumo dos recursos disponíveis para a população, e um nível local, no qual utilizamos partes do tecido urbano para o entendimento da Pegada Ecológica com base na proporcionalidade do consumo.

No nível global, descobrimos que o item de menor consumo em Teresina é a água, com uma PE_A de apenas 21.950,22 gha (0,0258 gha *per capita*), considerada baixa (apenas 1,16% da PE_{TOTAL}), especialmente por se tratar de um recurso abundante na cidade, que possui 2 rios²⁸⁸ em sua mancha urbana. O segundo menor item de consumo é a energia elétrica, com uma PE_{EE} de 69.019,68 gha (0,0812 gha *per capita*), correspondente a 3,66% da PE_{TOTAL} da cidade – também é um dado relevante, pois Teresina é uma cidade de altas temperaturas, o que acaba por demandar energia elétrica para conforto térmico das edificações. A geração de resíduos sólidos urbanos já mostra uma Pegada Ecológica considerável, de 398.234,99 gha (0,4684 gha – 21,11% da PE_{TOTAL}), indicando que devem ser realizadas políticas públicas para a redução da produção de RSU na cidade. Por fim, com a maior Pegada Ecológica, está o consumo de combustíveis fósseis, com 1.397.741,21 gha (1,6440 gha *per capita* de PE_{CF} – 74,07% da PE_{TOTAL}), indicando a necessidade de atuação direta no padrão de deslocamento dentro do tecido urbano.

No nível local, utilizamos 20 setores urbanos delimitados por Sousa (2018) devido a disponibilidade de dados socioeconômicos e de consumo de cada setor. Vimos, então, que o cálculo da PE_{TOTAL} dos setores, quando baseado apenas na população residente, não nos daria informações relevantes a respeito da Pegada Ecológica, por isso procedemos com os cálculos baseados no padrão de consumo de cada uma das variáveis para a composição da PE_{TOTAL} de cada setor. Com isso, descobrimos que os setores de menor PE_{TOTAL} são todos pertencentes à classe socioeconômica mais baixa (classe D). Descobrimos, também, um padrão curioso de setores extensos e em fase de adensamento com as PE_{EE} , PE_A e PE_{RSU} mais baixas e uma PE_{CF} bastante

²⁸⁸ Os rios Parnaíba e Poti.

alta, aumentando consideravelmente a PE_{TOTAL} . Esse comportamento nos reforça a observação feita na análise global, na qual os modelos de deslocamento dentro do tecido urbano precisam ser reformulados para a diminuição da Pegada Ecológica e, conseqüentemente, maior sustentabilidade e proteção do meio ambiente.

8. MORFOLOGIA E METABOLISMO: UM VÍNCULO URBANO

Tendo por base a) a abordagem sintática discutida no capítulo 6, b) os cálculos de pegada ecológica apresentados no capítulo 7 e c) a questão de pesquisa que orienta esta dissertação (*como ocorre o vínculo entre forma urbana e metabolismo urbano na investigação relacional e sistêmica das cidades?*), neste item iremos explorar a relação entre Pegada Ecológica e Sintaxe Espacial, a partir do confronto entre variáveis já calculadas nos capítulos anteriores para os setores urbanos de Teresina apresentados no capítulo 5. Também acrescentamos, para confronto, a densidade demográfica para verificarmos qual o seu grau de correlação com a Pegada Ecológica.

Primeiramente, é preciso esclarecer algumas informações. Para o estudo, a amostra foi baseada na disponibilidade de dados, aspecto que limitou a obtenção de setores para análise. No total, foram agrupados 20 setores urbanos²⁸⁹, cuja população total alcança 211.818 habitantes (24,91% da população total do município no ano-base da pesquisa: 2017) para uma área de 41,961 km² (8,63% da área de mancha urbana total no mesmo ano-base).

No que diz respeito à modelagem estatística, a normalidade dos dados foi avaliada por meio do teste Shapiro-Wilk. Para as variáveis adotadas, tanto a distribuição da população nos setores quanto as áreas se apresentam como normais, bem como algumas medidas sintáticas, a exemplo de comprimento médio dos eixos, integração, conectividade, tamanho médio dos segmentos, NACH e NAIN – são dados, portanto, paramétricos. As variáveis metabólicas (PE_{EE} , PE_A , PE_{RSU} , $PECF$ e PE_{TOTAL}) e algumas medidas sintáticas (quantidade de linhas, compacidade A e quantidade de segmentos), por outro lado, têm comportamento não-normal, de modo que são dados não-paramétricos.

Para o confronto entre as dimensões, segundo Crespo (2009, p. 148), o instrumento que nos dá a medida da correlação é o coeficiente de correlação, que indica tanto o grau de intensidade da correlação entre duas variáveis quanto o sentido dessa correlação, se positivo (quando são diretamente proporcionais) ou negativo (se as variáveis são inversamente proporcionais). Para o estudo, como buscam-se correlações entre dados paramétricos e não-paramétricos, utilizaremos a correlação de postos de Spearman (r_s), cujo valor varia entre $-1 < r_s < 1$, sendo que quanto mais próximo o valor de “ r ” seja de 0, menor a correlação, e quanto mais próximo de 1 ou -1, maior a relação entre as variáveis. Os dados foram digitados na planilha Microsoft Excel e analisados no *IBM Statistical Package for the Social Sciences* versão 20.0. O nível de significância adotado foi $p < 0,050$.

²⁸⁹ Os setores não correspondem a bairros.

Na Tabela 22 estão os valores referentes à correlação de Spearman (r_s) entre as variáveis que calculamos na Pegada Ecológica e que produzimos na Sintaxe Espacial. As células com valores maiores que 0,5, independente se positivos ou negativos ($r_s > 0,500$ ou $r_s < -0,500$), estão destacadas em negrito na tabela. Chama-nos a atenção, dentre as células destacadas, a quantidade de “r” negativos, indicando proporcionalidade inversa entre variáveis. Também é possível observar que cada variável de Pegada Ecológica se correlaciona com pelo menos uma variável morfológica, no entanto, não há nenhuma correlação forte com as variáveis topológicas (INT, CONN, NACH e NAIN). Destaca-se, dentre as variáveis metabólicas, a Pegada Ecológica de energia elétrica (PE_{EE}), que se correlaciona com 4 variáveis sintáticas geométricas semelhantes à Pegada Ecológica de resíduos sólidos urbanos (PE_{RSU}), relacionada com 6 variáveis sintáticas geométricas.

Tabela 22: Matriz de correlação de Spearman (r_s) entre as variáveis de Sintaxe Espacial e de Pegada Ecológica.
Fonte: Elaborado pela autora.

| Variáveis | | PE_{EE} | PE_A | PE_{RSU} | PE_{CF} | $PETOTAL$ |
|-----------------------------|---|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| Área total do sistema | r | -0,425 | -0,367 | -0,534* | 0,353 | 0,159 |
| | p | 0,062 | 0,111 | 0,015 | 0,127 | 0,504 |
| Quantidade de eixos | r | -0,531* | -0,430 | -0,698** | 0,347 | 0,114 |
| | p | 0,016 | 0,058 | 0,001 | 0,133 | 0,631 |
| Densidade demográfica | r | -0,417 | -0,442 | -0,333 | -0,515* | -0,711** |
| | p | 0,067 | 0,051 | 0,152 | 0,020 | 0,000 |
| Compacidade A | r | -0,505* | -0,376 | -0,658** | 0,072 | -0,125 |
| | p | 0,023 | 0,102 | 0,002 | 0,762 | 0,600 |
| Comprimento médio dos eixos | r | 0,480* | 0,388 | 0,632** | -0,188 | 0,029 |
| | p | 0,032 | 0,091 | 0,003 | 0,427 | 0,905 |
| Integração global (INT) | r | 0,345 | 0,424 | 0,441 | -0,111 | 0,035 |
| | p | 0,136 | 0,062 | 0,051 | 0,643 | 0,885 |
| Conectividade (CONN) | r | 0,248 | 0,188 | 0,384 | -0,215 | -0,107 |
| | p | 0,292 | 0,427 | 0,095 | 0,363 | 0,654 |
| Quantidade de segmentos | r | -0,582** | -0,514* | -0,752** | 0,365 | 0,081 |
| | p | 0,007 | 0,020 | 0,000 | 0,113 | 0,734 |
| Tamanho médio dos segmentos | r | 0,546* | 0,349 | 0,573** | 0,090 | 0,313 |
| | p | 0,013 | 0,132 | 0,008 | 0,705 | 0,179 |
| NACH | r | 0,266 | 0,334 | 0,406 | -0,250 | -0,131 |
| | p | 0,257 | 0,150 | 0,076 | 0,289 | 0,582 |
| NAIN | r | 0,317 | 0,430 | 0,448* | -0,287 | -0,090 |
| | p | 0,173 | 0,058 | 0,048 | 0,220 | 0,705 |

*significativo ao nível de 5%; **significativo ao nível de 1%; r = coeficiente de correlação de Spearman

Dentre as relações que se destacam como significativas, temos:

- Pegada ecológica da energia elétrica (PE_{EE}) com a quantidade de eixos = 0,531;
- Pegada ecológica da energia elétrica (PE_{EE}) com a compacidade A = 0,505;

- Pegada ecológica da energia elétrica (PE_{EE}) com a quantidade de segmentos = -0,582;
- Pegada ecológica da energia elétrica (PE_{EE}) com o tamanho médio dos segmentos = 0,546;
- Pegada ecológica da água (PE_A) com a quantidade de segmentos = -0,514;
- Pegada ecológica dos resíduos sólidos (PE_{RSU}) com a área total do sistema = -0,534;
- Pegada ecológica dos resíduos sólidos (PE_{RSU}) com a quantidade de eixos = -0,698;
- Pegada ecológica dos resíduos sólidos (PE_{RSU}) com a compacidade A = - 0,658
- Pegada ecológica dos resíduos sólidos (PE_{RSU}) com o comprimento médio dos eixos = 0,632;
- Pegada ecológica dos resíduos sólidos (PE_{RSU}) com a quantidade de segmentos = -0,752;
- Pegada ecológica dos resíduos sólidos (PE_{RSU}) com o tamanho médio dos segmentos = 0,573;
- Pegada ecológica de combustíveis fósseis (PE_{CF}) com densidade demográfica = -0,515
- Pegada ecológica total (PE_{TOTAL}) com a densidade demográfica = -0,711

No total, das 55 correlações estabelecidas, encontramos 13 consideradas significantes (correlação acima de 0,500 ou abaixo de -0,500). Entendemos a Pegada Ecológica como uma medida final de área, o que confirma a tendência das variáveis de PE se relacionarem com as variáveis geométricas da Sintaxe Espacial. Das 13 correlações significativas encontradas, 8 estão na faixa moderada²⁹⁰ (situadas no intervalo entre 0,400 e 0,599) e 5 na forte (entre 0,600 e 0,799). Não há desempenho muito forte (entre 0,800 e 1,000). Observando a Tabela 22, percebe-se ainda que há 2 outras correlações que se encontram na faixa moderada – PE_{EE} e o comprimento médio dos eixos ($r_s = 0,480$ e $p = 0,032$) e a PE_{RSU} e a NAIN ($r_s = 0,448$ e $p = 0,048$)²⁹¹ – entretanto fora do critério de corte (correlações com valores de 0,500 ou mais / -0,500 ou menos) para classificação em “significativa”.

Observando em detalhes, identificamos a PE_{EE} e a PE_{RSU} com ligações fortes com as mesmas variáveis geométricas²⁹² (quantidade de eixos, compacidade A, quantidade de segmentos e tamanho médio dos segmentos), o que é indício da importância do desenho urbano para essas medidas. A Pegada Ecológica da água (PE_A) se correlaciona negativamente com a quantidade de

²⁹⁰ Para este trabalho, com base na literatura estudada, adotamos os seguintes valores de correlação:

0,000 < r < 0,199 = correlação muito fraca;
 0,200 < r < 0,399 = correlação fraca;
 0,400 < r < 0,599 = correlação moderada;
 0,600 < r < 0,799 = correlação forte;
 0,800 < r < 1,000 = correlação muito forte.

²⁹¹ Trata-se da correlação mais significativa dentre as variáveis metabólicas e variáveis sintáticas topológicas.

²⁹² Todas as 4 variáveis sintáticas que se correlacionam com a PE_{EE} se correlacionam, também, com a PE_{RSU} , esta última se correlacionando ainda com mais 2 variáveis sintáticas geométricas.

segmentos, ou seja, quanto menor a PE_A , maior a quantidade de segmentos e vice-versa. Outro ponto de atenção é a PE_{TOTAL} , que demonstra uma boa relação com a densidade demográfica, que não é uma variável sintática, mas sim morfológica - a correlação é negativa, indicando que uma menor densidade demográfica implica uma maior PE_{TOTAL} e vice-versa. A densidade demográfica também se correlaciona negativamente com a Pegada ecológica de combustíveis fósseis (PE_{RSU}). Além do valor de r , para complementar a discussão, exploramos o coeficiente de regressão “ R^2 ”, que corresponde “à medida da proporção de variabilidade de uma variável explicada pela variabilidade da outra, sendo uma variável independente e outra dependente (ou explicativa)” (MEDEIROS, 2013, p. 329). Basicamente, estamos verificando se, além de se correlacionarem, as variáveis se influenciam. A relação “ R^2 ” é considerada significativa (grande) a partir de 0,25. A Tabela 23, a seguir, contempla o coeficiente de regressão “ R^2 ” encontrado entre as variáveis de Pegada Ecológica e Sintaxe Espacial, confirmando, como esperados, todas as 13 correlações encontradas anteriormente.

Tabela 23: Matriz de coeficiente de regressão (R^2) entre as variáveis de Sintaxe Espacial e de Pegada Ecológica.
Fonte: Elaborada pela autora.

| Variáveis | PE_{EE} | PE_A | PE_{RSU} | PE_{CF} | PE_{TOTAL} |
|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Área total do sistema | 0,181 | 0,135 | 0,285 | 0,124 | 0,025 |
| Quantidade de eixos | 0,282 | 0,185 | 0,487 | 0,121 | 0,013 |
| Densidade demográfica | 0,174 | 0,196 | 0,111 | 0,265 | 0,506 |
| Compacidade A | 0,255 | 0,141 | 0,433 | 0,005 | 0,016 |
| Comprimento médio dos eixos | 0,230 | 0,151 | 0,399 | 0,035 | 0,001 |
| Integração global | 0,119 | 0,180 | 0,195 | 0,012 | 0,001 |
| Conectividade | 0,062 | 0,035 | 0,147 | 0,046 | 0,011 |
| Quantidade de segmentos | 0,339 | 0,264 | 0,566 | 0,134 | 0,007 |
| Tamanho médio dos segmentos | 0,298 | 0,122 | 0,328 | 0,008 | 0,098 |
| NACH | 0,071 | 0,111 | 0,164 | 0,062 | 0,017 |
| NAIN | 0,101 | 0,185 | 0,201 | 0,082 | 0,008 |

Os resultados obtidos por meio da correlação de Spearman (r_s) e do coeficiente de regressão (R^2) permitem estabelecer um conjunto de associações entre as medidas configuracionais vinculadas à Sintaxe Espacial e a Pegada Ecológica para o município de Teresina, dimensões interpretadas em seus respectivos componentes.

Dentre as variáveis metabólicas, a Pegada Ecológica de combustíveis fósseis (PE_{CF}), cujo cálculo demonstrou elevado peso na Pegada Ecológica total (PE_{TOTAL}) não apresenta relação com nenhuma variável sintática. Sua correlação, no entanto, é significativamente moderada e negativa com a densidade demográfica ($r_s = -0,515$ | $p = 0,020$ | $R^2 = 0,265$), indicando que quando maior a densidade demográfica de um sistema, menor a PE_{CF} . Tal resultado traz à tona as discussões a

respeito da importância ambiental da cidade compacta, já que uma maior concentração de pessoas em um determinado espaço parece amenizar o impacto sobre o meio ambiente. De acordo com van Timmeren (2013), o crescimento urbano precisa ser observado com atenção por estar diretamente ligado ao aumento da rede de infraestrutura urbana e à mobilidade urbana, cabendo aos arquitetos, designers urbanos e engenheiros a minimização dos impactos causados pela urbanização a partir de 3 pilares: uso misto do solo, sistema de transporte urbano e densidade residencial. A ideia de van Timmeren (2013) sobre a importância do trânsito dentro dos fluxos urbanos já era defendida por Burgess (2008), um dos fundadores da Escola de Chicago, no ano de 1925. Além disso, com uma PE_{CF} tão relevante dentro da PE_{TOTAL} , urge a necessidade de diminuí-la.

Enquanto a correlação entre a PE_{CF} e a densidade demográfica é considerada moderadamente negativa, a correlação entre a Pegada Ecológica total (PE_{TOTAL}) e a densidade demográfica é, também, negativa e considerada alta ($r_s = -0,711$ | $p = 0,000$ | $R^2 = 0,506$). O achado vai ao encontro do que diz Karvounis (2015), autor que também defende a importância da compactação do sistema urbano para um melhor desempenho metabólico da cidade, ressaltando a importância da caminhabilidade, habitabilidade, conservação e segurança para que os cidadãos se sintam seguros e estimulados a vivenciar o sistema urbano por meio da pedestração. Karvounis (2015) aponta para a necessidade de parar o espraiamento (*sprawl*²⁹³) urbano e encorajar o modelo compacto com uso misto do solo, criando oportunidades de emprego e lazer na vizinhança e diminuindo o uso do carro – conseqüentemente, menos necessidade de energia, barulho e poluição do ar. Entendemos, dessa forma, que, para diminuir os impactos ambientais de um sistema urbano, as cidades devem ser pensadas como em sistemas compactos, mistos, nos quais haja incentivo à caminhabilidade e ao uso de modais não poluentes, como bicicletas.

Em linha similar ao discutido, identificou-se que a Pegada Ecológica da água (PE_A) se correlaciona negativa e moderadamente com a quantidade de segmentos do sistema ($r_s = -0,514$ | $p = 0,20$ | $R^2 = 0,264$), indicando que uma maior quantidade de segmentos implica uma menor PE_A e vice-versa. Essa questão aponta para a necessidade trazer para a análise um conjunto de aspectos socioeconômicos para poder elucidar o cenário. Como discutido em capítulos anteriores, na cidade de Teresina, devido aos aspectos relacionados ao relevo da cidade²⁹⁴, o padrão de desenho urbano é reticulado, com ocupações mais irregulares/orgânicas da população de menor poder aquisitivo. Aqui é preciso retomar o histórico urbano, apresentado no capítulo 5, que diz respeito ao fato de as populações de maior poder aquisitivo da cidade tenderem a se concentrar em áreas urbanas centrais, planejadas para apresentar um padrão de desenho com vias retas.

²⁹³ Ver nota 31.

²⁹⁴ Conforme explicado no capítulo 5, a cidade de Teresina foi fundada no sítio chamado Chapada do Corisco, por se tratar de um platô. O relevo urbano, portanto, tende a ser plano na maior parte do assentamento.

Diante desse cenário, a população de menor poder aquisitivo se instala em setores urbanos mais afastados, promovendo uma ocupação mais orgânica, mesmo que obedecendo ao padrão do sistema em que estão inseridos – significa, portanto, uma quantidade maior de segmentos para cobrir os assentamentos associados a um número de habitantes com menor impacto quanto ao consumo de água. Se, por um lado, setores de maior poder aquisitivo tendem a ter menor quantidade de segmentos maiores (devido ao tabuleiro de xadrez), setores de classes de menor poder aquisitivo apresentam maior quantidade de segmentos menores (em razão dos padrões irregulares).

A água, hoje, é um recurso em atenção devido aos riscos de escassez futura, portanto, e especialmente se tratando de um espaço localizado no Nordeste do Brasil, cujos biomas naturalmente são mais secos, torna-se um item valioso dentro dos recursos disponíveis em um espaço urbano. A relação, portanto, passa pela classe socioeconômica. Cabe aqui reforçar que a PE_{TOTAL} *per capita* de Teresina é inferior à média nacional (de 2,2194 gha, enquanto no país alcança 2,6 gha), o que tem relação com o grau de riqueza do lugar em comparação com o quadro brasileiro, conforme discutido no capítulo anterior. Ou seja, populações de menor classe socioeconômica, uma vez que tendem a ter padrões de consumo menos agressivos, acabam por apresentar, conseqüentemente, uma menor Pegada Ecológica. Significa, considerando outra perspectiva, que a solução para baixo desempenho econômico passa por geração de riqueza que não comprometa o meio ambiente – um desafio, portanto, a ser enfrentado.

Avançando no debate, identificou-se que a Pegada Ecológica de energia elétrica (PE_{EE}) tem correlação com 4 variáveis sintáticas: quantidade de eixos ($r_s = -0,531$ | $p = 0,016$ | $R^2 = 0,282$), compactidade A ($r_s = -0,505$ | $p = 0,023$ | $R^2 = 0,255$), quantidade de segmentos ($r_s = -0,583$ | $p = 0,007$ | $R^2 = 0,339$) e tamanho médio dos segmentos ($r_s = 0,546$ | $p = 0,013$ | $R^2 = 0,298$), todas variáveis geométricas. Interessante notar que a PE_{EE} tem mais correlações com as variáveis sintáticas do que a PE_A , o que atribuímos, no caso da cidade de Teresina, uma capital de temperaturas bastante elevadas, à necessidade de mecanismos elétricos de refrigeração, o que eleva o consumo de energia elétrica, portanto, um parâmetro socioeconômico. A quantidade de eixos, de segmentos e compactidade A são correlações negativas, as quais atribuímos à distribuição socioeconômica no território, ou seja, setores que abrigam classes de menor poder aquisitivo (com menor consumo de energia elétrica) são mais orgânicos/irregulares, ou seja, têm mais vias e segmentos (portanto, menores) e são mais compactos (compactidade A).

A variável metabólica que mais se correlaciona com as variáveis sintáticas é a Pegada Ecológica dos resíduos sólidos urbanos (PE_{RSU}), associada a: área total do sistema ($r_s = -0,534$ | $p = 0,015$ | $R^2 = 0,285$), quantidade de eixos ($r_s = -0,698$ | $p = 0,001$ | $R^2 = 0,487$), compactidade A ($r_s = -0,658$ | $p = 0,002$ | $R^2 = 0,433$), comprimento médio dos eixos ($r_s = 0,632$ | $p = 0,003$ | $R^2 = 0,399$),

quantidade de segmentos ($r_s = -0,752$ | $p = 0,000$ | $R^2 = 0,566$) e tamanho médios dos segmentos ($r_s = 0,573$ | $p = 0,008$ | $R^2 = 0,328$). Dessas correlações, 4 são negativas.

Importante salientar que a geração de resíduos sólidos urbanos está fortemente atrelada a aspectos de consumo. De acordo com Godecke, Naime e Figueiredo (2012), a sociedade voltada para o consumo é resultado de movimentos comerciais europeus, iniciados a partir do século XV e que culminaram com a Revolução Industrial, quando o modelo de acumulação de riqueza baseado na ética protestante passa a ser aceito pela sociedade como um todo. Os autores apontam 3 momentos no século XX em que a cultura do consumo se dissemina: entre os anos 1950 e 1974, quando o crescimento econômico da Europa e dos Estados Unidos trazem abundância material e consumo como forma de lazer; nos anos 1980, quando políticas neoliberais tentam proteger escolhas individuais diante das críticas ao consumismo; e a partir dos anos 1990, quando a globalização do capitalismo gera relações interculturais entre países. Hoje em dia, segundo Jucá *et al.* (2014, p. 20), a quantidade de resíduos gerados em um país está correlacionada, dentre outros fatores, à população, ao nível de urbanização, e ao poder de compra dos habitantes, com relação direta entre o aumento do PIB e a geração de resíduos sólidos urbanos.

Talvez um aspecto a considerar é que, para o contexto de Teresina, cujo crescimento mais significativo se deu devido à implantação de conjuntos habitacionais, como discutido no Capítulo 5, com vias planejadas em padrões reticulados, um maior número e comprimento de vias, tendência natural em tecidos urbanos com aspecto de grelha, implica uma maior população residente e, conseqüentemente, um maior consumo e, portanto, uma maior PE_{RSU} .

Com relação à área total do sistema, quanto maior a área, menor a PE_{RSU} , o que nos leva ao confronto com a relação densidade demográfica e PE_{TOTAL} . Apesar de essa ser uma correlação de força menor, atribuímos esse comportamento ao fato de que os maiores sistemas analisados (Angelim e Satélite) abrigam uma classe socioeconômica de menor poder aquisitivo e estão em fase de adensamento. Outro indicativo é o de que as áreas mais abastadas já obedecem ao critério de maior densidade demográfica, em razão da verticalização.

Aqui vale observar que um dos indicadores de riqueza é a geração de resíduos, por um lado, e, por outro, estudos têm demonstrado como a população de maior poder aquisitivo assume uma melhor acessibilidade das áreas urbanas como um bem que pode ser adquirido/comprado (BARROS, MEDEIROS e MORAIS, 2016). Ou seja, a localização é um aspecto essencial para investigar a distribuição das populações sobre o território e auxilia não apenas na discussão sobre segregação voluntária e involuntária, ou apropriação de áreas mais centrais pela população mais rica.

Em relação as variáveis semelhantes referentes a eixos e segmentos, os comportamentos das correlações são semelhantes: correlações negativas para a quantidade de eixos e segmentos e

correlações positivas para tamanho médio de eixos e segmentos. Entendemos que tal desempenho resulta da disposição da população dentro do sistema urbano, no qual populações mais ricas tendem a se concentrar em áreas mais reticuladas (menos orgânicas), tendentes ao tabuleiro de xadrez.

Por fim, é importante observar que nenhuma variável sintática topológica se correlaciona significativamente com as variáveis metabólicas, considerando o corte estabelecido (a relação “R²” é assumida como significativa, nesta pesquisa, a partir de 0,25.). A afirmação sugere que a Pegada Ecológica, que especializa o consumo de recursos dentro de um sistema, está muito mais ligada à materialidade socioeconômica do sistema analisado do que com suas relações espaciais, ao menos no nível investigado nesta dissertação. A PE_{RSU}, na correlação de Spearman, mostrou uma tendência de relacionamento com a NAIN ($r_s = 0,448$ | $p = 0,048$), descartada em relação da linha de corte – é um aspecto que merece ser explorado em trabalhos futuros. As demais variáveis sintáticas topológicas (Integração global, conectividade e NACH) não se correlacionam significativamente com nenhuma outra variável metabólica.

9. CONCLUSÕES A RESPEITO DA PESQUISA

A presente dissertação, elaborada com o objetivo de investigar a associação entre técnicas metabólicas, discutidas segundo a leitura da Pegada Ecológica, e morfológicas (configuracionais), analisadas por meio da Sintaxe Espacial (Teoria da Lógica Social do Espaço), procurou fornecer subsídios para uma melhor compreensão das relações de interdependência que existem nas cidades. Amparado por um viés sistêmico, o trabalho foi estruturado com o intuito de responder a seguinte questão de pesquisa: *como ocorre o vínculo entre forma urbana e metabolismo urbano na investigação relacional e sistêmica das cidades?*

A pergunta partiu de uma inquietação resultante da leitura do estudo de Ferrão e Fernandez (2013), autores que apontam a morfologia urbana como uma disciplina que, em tópicos específicos, têm contribuído para o desenvolvimento do metabolismo urbano, porém sem total clareza de seu papel dentro do conceito. Haveria uma efetiva contribuição da forma da cidade para aspectos que, em última instância, afetam o ecossistema e/ou a sustentabilidade urbana?

Para responder à pergunta, foram escolhidas duas abordagens, partes integrantes de grandes temas: morfologia e metabolismo urbanos. Ambas as estratégias se originaram de conceitos desenvolvidos originalmente na Física e na Biologia, ainda nos séculos XVIII e XIX, quando os campos de conhecimento se voltavam para o entendimento do que era a cidade em um momento em que a humanidade enfrentava um processo de urbanização acelerado, jamais visto na história. Tendo por base tais premissas, para a elaboração do estudo, foi necessário refinar a escolha para abordagens que fornecessem escopos metodológicos e ferramentais que pudessem estabelecer diálogos na compreensão da cidade. Para tanto, foram selecionadas a Sintaxe Espacial, dentro da morfologia urbana, e a Pegada Ecológica, integrante do metabolismo urbano. As abordagens foram escolhidas por compreenderem visões sistêmicas, com foco em leituras quantitativas e qualitativas do espaço urbano.

A estratégia escolhida para a investigação proposta foi o estudo de caso que, de acordo com Ortiz Uribe (2003), integra uma técnica de investigação qualitativa com foco em questões que especificamente podem ser conhecidas por meio do escrutínio de um contexto ou objeto delimitado. O método, segundo Aragão e Neta (2017), possibilita o entendimento dos fatos a partir de um caso isolado ou de pequenos grupos, já que parte do princípio de que o caso estudado em profundidade seja representativo de diversos outros casos semelhantes. Ou seja, haveria possibilidade de extrapolar os resultados obtidos.

Diante do contexto, para representar o estudo de caso, foi escolhida a cidade de Teresina, capital do Estado do Piauí. O assentamento foi fundado no ano de 1852, obedecendo aos princípios barrocos da *Carta Régia* de 1761, que estabelecia que o aglomerado urbano deveria ser construído

a partir de ideais renascentistas e iluministas, com o traçado regular das vias, ruas implantadas simetricamente, cruzamentos em linha reta e regras de composição de fachadas, fazendo de Teresina a primeira capital brasileira planejada. O local escolhido foi à margem direita do Rio Parnaíba, favorecendo relações comerciais diretas com cidades do interior – por isso, é a única capital nordestina que não se localiza no litoral. Atualmente Teresina é uma cidade de quase 900.000 habitantes, de porte médio, o que a torna mais aproximada da maioria das cidades brasileiras, legitimando-a enquanto um consistente de contexto para interpretação.

Definido o estudo de caso, a escolha metodológica foi a de realizar uma análise em dois níveis que permitissem uma investigação mais abrangente e mais minuciosa simultaneamente, tendo em conta as intersecções entre as duas abordagens. No primeiro nível, denominado global, foi executada uma análise geral da cidade de Teresina, por meio de um estudo diacrônico configuracional para entender as dinâmicas urbanas que levaram a cidade à forma que se apresenta nos dias atuais. Foi possível identificar, segundo a história urbana, 6 marcos urbanos passíveis de análise (1852, 1922, 1950, 1992, 2006 e 2018, que representa os “dias atuais”). Dessa forma, entenderam-se as dinâmicas que moldaram o espaço urbano, ao longo da história, para que chegasse ao tempo presente, entendido em sua dinâmica.

Definidos os níveis de análise, procedemos com o processo de estudo global da cidade, utilizando, para isso, as abordagens escolhidas. Primeiramente, realizamos uma análise global sintática do espaço urbano de Teresina, seguido da análise espacial de cada um dos setores. Para tanto, foram adotadas variáveis configuracionais geométricas e topológicas, conforme descrição no capítulo metodológico. No segundo nível, denominado local, partes selecionadas do tecido urbano foram investigadas. Para isso, 20 setores urbanos de Teresina, delimitados com base no trabalho de Sousa (2018) e tendo em conta a disponibilidade de dados, foram explorados.

Os resultados obtidos para a leitura configuracional permitiram perceber que, quando observamos a expansão urbana diacrônica de Teresina, as variáveis geométricas, como área do sistema e a quantidade de linhas, crescem de maneira semelhante – relativamente estáveis até 1952 e, depois, num crescente até 2018. Quando confrontamos tal comportamento com a história urbana, percebemos que se trata dos efeitos da política de incentivo à implantação de conjuntos habitacionais promovida pelo BNH a partir da década de 1950. No entanto, na última porção temporal, de 2006 a 2018, a área do sistema cresce com intensidade maior do que no período anterior (1992-2006), enquanto a quantidade de linhas amplia-se em menor intensidade, o que indica uma expansão do perímetro urbano, porém, com inclusão de expressivos espaços vazios. Acredita-se que a tendência, de acordo com a história do município, é a de que, nos próximos anos, haja o adensamento do tecido urbano.

Em relação às variáveis topológicas, observamos um comportamento semelhante em todas as medidas: os valores, em um primeiro momento, têm um aumento que acompanha o crescimento

da área total do sistema enquanto a regularidade é mantida para todo o assentamento; depois dessa fase, a tendência é a diminuição, ora de forma mais suave, ora de forma mais intensa. As conexões entre as partes parecem se fragilizar progressivamente.

Para uma investigação dos setores, os resultados configuracionais obtidos permitiram perceber uma tendência, na malha urbana de Teresina, ao desenho em formato de grelha, indicado pela pouca quantidade de linhas dentro das áreas setorizadas. Tal fato é comprovado quando observamos setores cuja ocupação se deu de maneira sem planejamento global, como é o caso dos Parque Brasil, Poti Velho e Angelim, nos quais há uma propensão à repetição do padrão retilíneo existente no restante da malha. Quando consideramos os fatores socioeconômicos, percebemos uma tendência de que, quanto menor a classe socioeconômica do setor, em Teresina, maior a possibilidade de uma ocupação menos formal.

Em seguida, realizamos o cálculo da Pegada Ecológica das seguintes variáveis: energia elétrica, consumo de água, geração de resíduos sólidos urbanos e queima de combustíveis fósseis, os quais, somados, resultariam na Pegada Ecológica total da cidade e de cada um dos setores.

No nível global, descobrimos que o item de menor consumo em Teresina é a água, considerada baixa, especialmente por se tratar de um recurso abundante no município. O segundo menor item de consumo é a energia elétrica, também um achado relevante, pois Teresina é uma cidade de altas temperaturas, o que acaba por demandar energia elétrica para conforto térmico das edificações. A geração de resíduos sólidos urbanos já aponta uma Pegada Ecológica considerável, indicando que devem ser realizadas políticas públicas para a redução da produção de RSU na cidade. Por fim, com a maior Pegada Ecológica, está o consumo de combustíveis fósseis, o que expressa a necessidade de atuação direta no padrão de deslocamento dentro do tecido urbano.

No nível local, vimos que o cálculo da PE_{TOTAL} dos setores, quando baseado apenas na população residente, não nos daria informações relevantes a respeito da Pegada Ecológica, por isso procedemos com os cálculos baseados no padrão de consumo de cada uma das variáveis para a composição da PE_{TOTAL} de cada setor. Com isso, descobrimos que os setores de menor PE_{TOTAL} abrigam prioritariamente classe socioeconômica de menor poder aquisitivo (classe D). Descobrimos, também, um padrão curioso de setores extensos e em fase de adensamento com as PE_{EE} , PE_A e PE_{RSU} mais baixas e uma PE_{CF} bastante alta, aumentando consideravelmente a PE_{TOTAL} . Esse comportamento reforça a observação obtida na análise global, na qual os modelos de deslocamento dentro do tecido urbano precisam ser reformulados para a diminuição da Pegada Ecológica e, conseqüentemente, maior sustentabilidade e proteção do meio ambiente.

Com as variáveis sintáticas e metabólicas calculadas, procedemos com a busca do grau de correlação entre as medidas, considerando os valores obtidos para os 20 setores, com base no coeficiente de Spearman “ r_s ” e no coeficiente de regressão “ R^2 ”. Como resultados, encontramos as seguintes relações:

- Pegada ecológica da energia elétrica (PE_{EE}) com a quantidade de eixos, compacidade A, quantidade de segmentos e tamanho médio dos segmentos;
- Pegada ecológica da água (PE_A) com a quantidade de segmentos;
- Pegada ecológica dos resíduos sólidos (PE_{RSU}) com a área total do sistema, quantidade de eixos, compacidade A, comprimento médio dos eixos, quantidade de segmentos e tamanho médio dos segmentos;
- Pegada ecológica de combustíveis fósseis (PE_{CF}) com densidade demográfica;
- Pegada ecológica total (PE_{TOTAL}) com a densidade demográfica.

As duas maiores Pegadas Ecológicas calculadas no sistema urbano estudado, Pegada Ecológica dos combustíveis fósseis (PE_{CF}) e Pegada Ecológica total (PE_{TOTAL}) não se correlacionam com nenhuma das variáveis sintáticas, sejam elas geométricas ou topológicas. No entanto, se correlacionam de maneira significativa (e negativa, ou seja, inversamente) com a densidade demográfica, uma variável não sintática, e sim morfológica. Tal resultado traz consigo a importância da discussão sobre as cidades compactas, que incentivam o uso misto do solo, sistema de transporte urbano e densidade residencial, em favor da caminhabilidade e do uso de modais menos poluentes, como a bicicleta.

Com relação as associações entre variáveis sintáticas e a Pegada Ecológica da água (PE_A), observamos uma correlação negativa apenas com a variável sintática geométrica quantidade de segmentos, indicando que quanto maior a quantidade de segmentos dentro de um sistema, menor a PE_A e vice-versa. Este resultado traz consigo a importância do fator socioeconômico para as relações de Pegada Ecológica quando se trata da espacialização do consumo. Em Teresina, o padrão das vias é em formato de grelha, com tendência a vias reticuladas, especialmente nas áreas centrais e mais ricas do sistema urbano. O fato da correlação das variáveis se apresentar como negativa, indica a tendência das classes mais abastardas, que se concentram em regiões de vias menos orgânicas, de apresentarem um comportamento de consumo mais agressivo em relação ao meio ambiente.

Na Pegada Ecológica de Energia Elétrica (PE_{EE}), as correlações com as variáveis geométricas quantidade de eixos (negativa), compacidade A (negativa), quantidade de segmentos (negativa) e tamanho médio dos segmentos (positiva) são significativas. Atribuímos esse fato ao mesmo motivo da correlação PE_A – quantidade de segmentos: a distribuição espacial socioeconômica no sistema urbano. No que diz respeito à Pegada Ecológica de Energia Elétrica (PE_{EE}) e o tamanho médio dos segmentos, acreditamos que se deva ao fato de que terrenos maiores tendem a concentrar maiores empreendimentos, como edificações multifamiliares ou comerciais.

Outro achado relevante é o quanto os aspectos vinculados às variáveis geométricas do sistema (área do sistema, quantidade de eixos, compactidade A, comprimento médio dos eixos, quantidade de segmentos e tamanho médio dos segmentos) afetam a Pegada Ecológica dos resíduos sólidos urbanos (PE_{RSU}). Entendendo que a geração de resíduos sólidos urbanos está fortemente ligada ao consumo, tal resultado nos leva às discussões a respeito da cultura do consumo, reflexo de movimentos comerciais europeus, iniciados a partir do século XV e que culminaram com a Revolução Industrial. Um aspecto a considerar é que, para o contexto de Teresina, cujo crescimento mais significativo se deu devido à implantação de conjuntos habitacionais, com vias planejadas em padrões reticulados, um maior número e comprimento de vias, tendência natural em tecidos urbanos com aspecto de grelha, implica uma maior população residente e, conseqüentemente, um maior consumo e, portanto, uma maior PE_{RSU} .

Por fim, é importante observar que nenhuma variável sintática topológica se correlaciona significativamente com as variáveis metabólicas, considerando o corte estabelecido. A afirmação sugere que a Pegada Ecológica, que especializa o consumo de recursos dentro de um sistema, está muito mais ligada à materialidade socioeconômica do sistema analisado do que com suas relações espaciais, ao menos no nível investigado nesta dissertação.

Os resultados obtidos, confrontados com a questão de pesquisa que orienta este estudo – *como ocorre o vínculo entre forma urbana e metabolismo urbano na investigação relacional e sistêmica das cidades?* – permitem alcançar um conjunto de vínculos, em diversos graus, entre forma urbana e metabolismo urbano, abrindo caminho para investigações futuras. As conexões não parecem ocorrer globalmente, mas entre elementos específicos, com ênfase no impacto dos resíduos sólidos urbanos e na relação entre riqueza e pobreza. Mais ricos geram uma pegada maior, mais pobres, uma pegada menor. Ou seja, mudanças nos padrões de consumo precisam ser ponderadas diante dos impactos respectivos, o que nos obriga a pensar em meios alternativos de transformação social em um contexto tão segregado e desigual, como a sociedade brasileira. Pensamos que, em um momento em que o planeta atinge 8 bilhões de habitantes, que se concentram prioritariamente em espaços urbanos, entender as implicações que as cidades causam no meio ambiente é de fundamental importância para futuras gerações e para um desenvolvimento equilibrado dos assentamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÃO, M. A.; MEDEIROS, V. A. S. D.; HOLANDA, F. R. B. D. An analysis of Teresina-Timon urban system in the Social Logic of Space perspective. **Book of Preceedings - 12th Space Syntax Symposium**, Beijing, 2019.
- ALBERTI, M. Modeling the Urban Ecosystem: A Conceptual Framework. In: MARZLUFF, J. M., et al. **Urban Ecology: An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature**. Boston: Springer, 2008. p. 623-646.
- ALEXANDER, C. **A City Is Not A Tree**: 50th Anniversary Edition. Portland: Sustasis Press, 2015.
- ALMEIDA, E. M. D. A. **A cidade como um sistema complexo: transformações morfológicas e climáticas em Maceió**. Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Maceió, p. 212. 2019.
- ANDRADE, B. B. **Turismo e Sustentabilidade no município de Florianópolis: Uma aplicação do método da Pegada Ecológica**. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, p. 152. 2006.
- ANDRADE, C. S. P. D. Teresina e clima: indissociabilidades no estudo da cidade. **Revista Equador (UFPI)**, Teresina, v. 5, n. 3, p. 398-420, 2016.
- ANDRADE, L. M. S. D. **Conexão dos Padrões Espaciais dos ecossistemas urbanos: A construção de um método com enfoque transdisciplinar para o processo de desenho urbano sensível à água no nível da comunidade e o nível da paisagem**. Brasília. 2014.
- ANKER, P. **Imperial Ecology: Environmental order in the British Empire, 1895-1945**. Massachusetts,; Harvard University Press, 2001.
- ANKER, P. The Context of Ecosystem Theory. **Ecosystems**, n. 5, p. 611-613, 2002.
- ARAGÃO, J. W. M. D.; NETA, M. A. H. M. **Metodologia Científica**. Salvador: UFBA, Faculdade de Educação, Superintendência de Educação à Distância, 2017. 51 p.
- ARANHA, M. L. D. A. **História da Educação e da Pedagogia (Geral e do Brasil)**. São Paulo: Moderna, 2006.
- ARCASSA, W. D. S. Friedrich Ratzel: a importância de um clássico. **Geographia Opportuno Tempore**, 3, 2017. 98-115.
- ARENDT, H. **As Origens do Totalitarismo**. Tradução de Roberto RAPOSO. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.
- ARRAES, D. E. A. **Curral de Reses, curral de Almas: urbanização do sertão nordestino entre os séculos XVII e XIX**. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2012.
- AYRES, P. **Shaping Ecology: The Life of Arthur Tansley**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2012.
- AZEVEDO JR., J. G. D. **Apostila de Artes - Artes Visuais**. São Luís, p. 59. 2007.
- BACCINI, P.; BRUNNER, P. H. **Metabolism of the Anthroposphere: Analysis, Evaluation, Design**. 2º. ed. Massachusetts: MIT Press, 2012.
- BARNETT, R. Education or degeneration: E. Ray Lankester, H. G. Wells and The outline of history. **Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences**, n. 37, p. 203-229, 2006.
- BARROS, A. P. B. G. **Estudo Exploratório da Sintaxe Espacial como Ferramenta de Alocação de Tráfego**. Universidade de Brasília. Brasília, p. 171. 2006.
- BARROS, A. P. B. G. **Diz-me como andas que te direi onde estás: a inserção do aspecto relacional na análise da mobilidade urbana para o pedestre**. Universidade de Brasília/Universidade de Lisboa. Brasília. 2014.
- BARROS, A. P. G.; MEDEIROS, V. A. S.; MORAIS, M. D. P. A configuração espacial para o diagnóstico dos assentamentos precários no Brasil. **Caracterização e tipologia de assentamentos precários: estudos de casos brasileiros**, Brasília, 1, 2016. 95-126.
- BENEVOLO, L. **A História da Cidade**. Tradução de Silvia Mazza. 3ª. ed. São Paulo: Perspectiva, 2001.
- BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas: Fundamentos, Desenvolvimentos e Aplicações**. Tradução de Francisco M. Guimarães. 5. ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2010.

- BEZERRA, F. N. **A Aplicabilidade da Pegada Ecológica como indicador de sustentabilidade: um estudo de caso na cidade de Juazeiro do Norte**. Universidade Federal do Cariri - UFCA. Juazeiro do Norte, p. 168. 2015.
- BONZI, R. S. Meio século de Primavera Silenciosa: um livro que mudou o mundo. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 28, p. 207-215, jul./dez. 2013.
- BORGES, M. J.; BRITTO, L.; NUNES, D. Indicadores de sustentabilidade: Pegada Ecológica Urbana. **COLÓQUIO – Revista do Desenvolvimento Regional**, Taquara, 15, jan./jun. 2018. 149-173.
- BORGNAKKE, C.; SONNTAG, R. E. **Fundamentos da Termodinâmica**. Tradução de Roberto de Aguiar PEIXOTO. tradução da 8ª. ed. São Paulo: Blucher, 2018.
- BRASIL. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica**. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro, p. 254. 2019. ano-base 2018.
- BRAZ E SILVA, Â. M. N. Planejamento e fundação da primeira cidade no Brasil Império. **Cadernos PROARQ**, 2012. 215-236.
- BRECHTEFELD, J. **Mitteleuropa and German Politics: 1848 to the Present**. 1º. ed. Londres: Springer, 1996.
- BRESCIANI, M. S. Cidade e História. In: OLIVEIRA, L. L. **Cidade: História e Desafios**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2002. p. 295.
- BRITO, G.; MEDEIROS, V. OS desafios urbanos em Teresina (Piauí - Brasil): entre rios e fragmentos. **Pluris**, Lisboa, 2014.
- BROTO, V. C.; ALLEN, A.; RAPOPORT, E. Interdisciplinary Perspectives on Urban Metabolism. **Journal of Industrial Ecology**, v. 16, n. n. 6, p. 851-861, 2012.
- BURGESS, E. W. The Growth of the City: An Introduction to a Research Project. In: MARZLUFF, J., et al. **Urban Ecology: An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature**. New York: Springer, 2008. p. 71-78.
- CALLAGHAN, J. The Fabian society since 1945. In: _____ **Ideas and Think Tanks in Contemporary Britain**. [S.l.]: Routledge, 2013. p. 35-50.
- CAPEL, H. **La morfología de las ciudades I: Sociedad, cultura e paisaje urbano**. 1ª. ed. Barcelona: Ediciones de Serbal, v. I, 2002.
- CARLETTO, D. L.; OLIVEIRA, T. M. N. D. Educação ambiental e sustentabilidade: a Pegada Ecológica na Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Joinville, SC. **Acta Biológica Catarinense**, v. 4, n. 3, p. 136-144, out./dez. 2017.
- CASTELO BRANCO, A. F. V. **A Ação do Estado e do Mercado Imobiliário no processo de segregação socioespacial em Bairros da Zona Leste de Teresina**. Rio Claro. 2012.
- CASTRO, J. L. D. Urbanização Pombalina no Ceará: a paisagem da vila de Montemor-o-Novo-D'América. **Revista Instituto do Ceará**, Fortaleza, 1999.
- CERVI, J. L.; CARVALHO, P. G. M. D. A Pegada Ecológica do Município do Rio de Janeiro. **REVISTA DE LA RED IBEROAMERICANA DE ECONOMÍA ECOLÓGICA**, 15, 2010. 15-29.
- CETESB. **Relatório de Emissões Veiculares do Estado de São Paulo**. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, p. 140. 2020.
- CHAUÍ, M. **Convite à Filosofia**. São Paulo: Ática, 2000.
- CHOAY, F. **O Urbanismo: utopias e realidades, uma antologia**. Tradução de Dafne Nascimento Rodrigues. 7. ed. São Paulo: Perspectiva, 2015.
- CHRYSOULAKIS, N. et al. Sustainable urban metabolism as a link between bio-physical sciences and urban planning: The BRIDGE project. **Landscape and Urban Planning**, 2013. 100-117.
- CIDIN, R. D. C. P. J.; SILVA, R. S. D. Pegada Ecológica: Instrumento de avaliação dos impactos antrópicos no meio natural. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 2, n. 1, p. 43-52, jun. 2004.
- CLOSSIK, J. Cidade Industrial. In: KNOX, P. **Atlas das Cidades**. Tradução de André BOTELHO. São Paulo: SENAC São Paulo, 2016. p. 71-87.

- CODOBAN, N.; KENNEDY, C. A. Metabolism of Neighborhoods. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 134, n. 1, p. 21-31, março 2008.
- COELHO, J. M. **Na riqueza e na pobreza: o papel da configuração para o estudo de centralidades e desigualdades socioespaciais em Brasília**. Universidade de Brasília - UnB. Brasília, p. 290. 2017.
- COLASSO, C. G. Acidentes químicos e nucleares e a percepção de risco. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 2, p. 125-143, jun. 2011.
- CONKE, L. S.; FERREIRA, T. L. Urban metabolism: Measuring the city's contribution to sustainable development. **Environmental Pollution**, n. 202, p. 146-152, 2015.
- CORNING, P. A. **Holistic Darwinism: Synergy, Cybernetics, and Bioeconomics of Evolution**. Chicago: University of Chicago, 2005.
- COSCIONI, F. J. O Darwinismo Social na geografia humana do início do século XX: o caso da obra Influences of Geographic Environment, de Ellen Semple. **Geosp - Espaço e Tempo (online)**, v. 22, n. 2, p. 349-365, 2018.
- CRESPO, A. A. **Estatística Fácil**. 19ª. ed. São Paulo: Saraiva, 2009. 228 p.
- D'ACCI, L. On Urban Morphology and Mathematics. In: D'ACCI, L. **The Mathematics of Urban Morphology**. [S.l.]: Birkhäuser, 2019. p. 1-18.
- DIAS, G. F. **Pegada Ecológica e sustentabilidade humana**. 1ª (digital). ed. São Paulo: Gaia, 2015. 304 p.
- DIJK, T. A. V. **Discursos e Contexto: Uma abordagem sociocognitiva**. Tradução de Rodolfo ILARI. São Paulo: Contexto, 2020. 333 p.
- DORIA, C. A. **Cadências e Decadências do Brasil (o futuro da nação à sombra de Darwin, Hæckel e Spencer)**. Universidade de Campinas (UNICAMP). Campinas, p. 357. 2007.
- DOSSE, F. **História do Estruturalismo 1: campo do signo (1945-1966)**. Tradução de Álvaro CABRAL. Campinas: Editora da Universidade Federal de Campinas, v. 1, 1993.
- EBOLI, C. **Metabolic Horizon: a regional strategy for Belo Horizonte Metropolitan Region's (RMBH) wastewater and solid waste**. Delft University of Technology. Delft, p. 114. 2018.
- EGERTON, F. N. **Roots of Ecology: antiquity to Haeckel**. Berkeley e Los Angeles: University of California Press, 2012.
- EPE. **Balanco Energético Nacional - ano-base 2017**. Ministério de Minas e Energia. Brasília, p. 294. 2018.
- EUFRÁSIO, M. A. A formação da Escola Sociológica de Chicago. **Plural**, v. 2, n. 37, p. 37-60, 1995.
- FARACO, C. E.; MOURA, F. M. D. **Gramática**. 10ª. ed. São Paulo: Ática, 1997.
- FARZINMOGHADAM, M. **Urban metabolism and land use modeling for urban designers and planners: A land use model for the Integrated Urban Metabolism Analysis Tool**. University of Massachusetts. [S.l.], p. 156. 2016.
- FEITOSA, M. J. D. S.; CÂNDIDO, G. A.; FIRMO, L. A. Sistemas de Indicadores de Sustentabilidade: uma aplicação do Ecological Footprint Method no município de Campina Grande (PB). **Ambiência**, Guarapuava, v. 6, n. 3, p. 393-414, set./dez. 2012.
- FEITOSA, M. J. D. S.; GÓMEZ, C. R. P.; CÂNDIDO, G. A. Pegada Ecológica Municipal: Uma análise da (in)sustentabilidade ambiental dos municípios de João Pessoa e Campina Grande. **RMS - Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, São Paulo, v. 3, n. 3, p. 49-65, set./dez. 2013.
- FERNANDES, R. P. M. Introdução ao Metabolismo, São Cristóvão, p. p. 237-249, 2019. Disponível em: <http://www.cesadufs.com.br/ORBI/public/uploadCatalogo/11284416022012bioquimica_aula_12.pdf>. Acesso em: fevereiro 2019.
- FERRÃO, P.; FERNANDEZ, J. E. **Sustainable Urban Metabolism**. Londres: MIT Press, 2013.
- FIGUEIREDO, F. F.; CRUZ, F. M. R. D. Aproximações teóricas sobre a questão ambiental internacional na sociedade global: de Estocolmo 1972 ao Rio de Janeiro 2012. **Anais eletrônicos**, Lisboa, 2013.
- FIGUEIREDO, L. Desurbanismo: Um manual rápido de destruição de cidades. **I Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo**, Rio de Janeiro, nov./dez. 2010.

- FOSTER, J. B. **Marx's Ecology: materialism and nature**. New York: Monthly Review Press, 2000.
- FOSTER, J. B. Marxismo e Ecologia: fontes comuns de uma Grande Transição. **Lutas Sociais**, São Paulo, v. 19, n. 35, p. 80-97, 2015.
- FREITAS, L. A Teoria Evolutiva de Darwin e o contexto histórico. **Bioikos**, Campinas, v. XII, n. 1, p. 55-62, 1998.
- FREUND, B. **The African City: A History**. [S.l.]: Cambridge University Press, 2007. 226 p.
- GFN. Global Footprint Network, 2022. Disponível em: <<https://www.footprintnetwork.org/>>. Acesso em: agosto 2022.
- GODECKE, M. V.; NAIME, R. H.; FIGUEIREDO, J. A. S. O consumismo e a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **REGET - Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia**, set.-dez. 2012. 1700-1712.
- GOLUBIEWSKI, N. Is There Metabolism of an Urban Ecosystem? An Ecological Critique. **Ambio**, 2012.
- GOMES, M. A. A. D. F.; ESPINOZA, J. C. H. Olhares cruzados: visões do urbanismo moderno na América do Sul, 1930-1960. In: GOMES, M. A. A. D. F. **Urbanismo na América do Sul: circulação de ideias e constituição do campo, 1920-1960**. Salvador: EDUFBA, 2009. Cap. 1, p. 298.
- GONÇALVES JR., A. J. et al. **O que é Urbanismo?** 1ª (e-book). ed. Tatuapé: Brasiliense, v. 246 (Coleção Primeiros Passos), 2017. 56 p.
- HALL, P. **Cidades do Amanhã**. São Paulo: Perspectiva, 2016.
- HARVEY, D. **Condição Pós-moderna: uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural**. 17ª. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2008.
- HARVEY, D. **Cidades Rebeldes: do direito à cidade à revolução urbana**. Tradução de Jeferson CAMARGO. São Paulo: Martins Fontes, 2014.
- HILLIER, B. **Space is the machine: a configurational theory of architecture**. Londres: Space Syntax, 2007.
- HILLIER, B. et al. Space Syntax. **Environment and Planning B**, v. 3, n. 2, p. 147-185, 1976.
- HILLIER, B.; HANSON, J. **The Social Logic of Space**. New York: Cambridge University Press, 2005.
- HILLIER, B.; HANSON, J. **The Social Logic of Space**. [S.l.]: Cambridge University Press, 2005.
- HOFMEISTER, B. The study of urban form in Germany. **Urban Morphology**, v. 8, n. 1, p. 3-12, 2004.
- HOLANDA, F. D. **O Espaço de Exceção**. Brasília: FRBH, 2002.
- HOLANDA, F. D. Arquitetura Sociológica. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 9, n. 1, p. 115-129, maio 2007.
- HOLANDA, F. D. **10 Mandamentos da Arquitetura**. 2ª. ed. Brasília: FRBH, 2015. 344 p.
- HOLANDA, F. D. **Os 10 mandamentos da Arquitetura**. 2ª. ed. Brasília: FRBH, 2015. 344 p.
- IBGE. Site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), novembro 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pi/teresina.html>>.
- IBGE. **CIDADES.IBGE.GOV.BR**, 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/teresina/panorama>>. Acesso em: maio 2022.
- JACOBS, J. **Morte e vida de grandes cidades americanas**. Tradução de Carlos S. Mendes ROSA. 3ª (online). ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2014. 296 p.
- JOHNSON, S. **Emergência: a vida integrada de formigas, cérebros, cidades e softwares**. Tradução de Maria Carmelita PÁDUA DIAS. 1ª. ed. [S.l.]: Zahar, 2003. 320 p.
- JUCÁ, J. F. et al. **Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. Joaboatão dos Guararapes: FADE UFPE/ BNDES, 2014.
- KARVOUNIS, A. Urban Metabolism. In: CHRYSOULAKIS, N.; CASTRO, E. A. D.; MOORS, E. J. **Understanding Urban Metabolism: A tool for urban planning**. Abingdon: Routledge, 2015. p. 3-12.

- KEIL, R.; BOURDREAU, J.-A. Metropolitics and metabolics: Rolling out environmentalism in Toronto. In: HEYNEN, N.; KAIKA, M.; SWYNGEDOUW, E. **In the Nature of Cities: Urban Political ecology and the politics of urban metabolism**. Abington: Routledge, 2006. Cap. 3, p. 40-61.
- KENNEDY, C.; CUDDIHY, J.; ENGEL-YAN, J. The Changing Metabolism of Cities. **Journal of Industrial Ecology**, 11, n. 2, 2007. 43-59. Disponível em: <www.mitpressjournals.org/jie>.
- KENNEDY, C.; CUDDIHY, J.; ENGEL-YAN, J. The Changing Metabolism of Cities. **Journal of Industrial Ecology**, Massachusetts, v. 11, n. 2, p. 43-59, 2007.
- KENNEDY, C.; HOORNWEG, D. Mainstreaming Urban Metabolism. **Journal of Industrial Ecology**, v. 16, n. 6, p. 780-782, 2012.
- KENNEDY, C.; PINCETL, S.; BUNJE, P. The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design. **Environmental Pollution**, n. 159, p. 1965-1973, 2011.
- KITZES, J. et al. Current Methods for Calculating National Ecological Footprint Accounts. **Science for Environment & Sustainable Society**, 4, n. 1, 2007. 1-9.
- KNOX, P. (). **Atlas das Cidades**. Tradução de André Botelho. São Paulo: SENAC, 2016.
- KOHLSDORF, G.; KOHLSDORF, M. H. **Ensaio sobre o Desempenho Morfológico dos Lugares**. 1º. ed. Brasília: FRBH, 2017.
- KRISTJÁNSDÓTTIR, S. Roots of Urban Morphology. **ICONARP - International Journal of Architecture & Planning**, 7, dez. 2019. 15-36.
- KROPF, K. Urban tissue and the character of towns. **Urban Design International**, v. 1, n. 3, p. 247-263, 1996.
- KROPF, K. **The Handbook of Urban Morphology**. West Sussex: John Wiley & Sons, 2017.
- KUHN, E. A. **Metabolismo de um município brasileiro de pequeno porte: o caso de Feliz, RS**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 283. 2014.
- LACERDA, C. D. S.; CÂNDIDO, G. A. Modelos de indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos. In: LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. (). **Gestão Sustentável dos Recursos Naturais: uma abordagem participativa**. Campina Grande: EDUEPB, 2013. p. 2215 Kb (ePUB).
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. D. A. **Sociologia Geral**. 8ª. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- LAMAS, J. M. R. G. **Morfologia urbana e desenho da cidade**. 5ª. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2010.
- LEITE, A. M. F.; VIANA, M.-O. D. L. Pegada ecológica: instrumento de análise do metabolismo do sócio-ecossistema urbano, Fortaleza, 2001.
- LI, Y. et al. Exploring the processes in an urban material metabolism and interactions among sectors: An experimental study of Beijing, China. **Ecological Indicators**, n. 99, p. 214-224, 2019.
- LIMA, A. J. D. **As multifaces da pobreza: formas de vida e representações simbólicas dos pobres urbanos**. Teresina: Halley, 2003. 396 p.
- LIMA, I. M. D. M. F. Teresina: Urbanização e Meio Ambiente. **Scientia et Spes - Revista do Instituto Camillo Filho**, vol. I, nº 2, p. p. 181-206, 2002.
- LIMA, P. H. G. D. A ocorrência de Policentralidade em Teresina - PI: a formação de um subcentro na região Sudeste. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2011.
- LIMA, P. V. D. A. O Holismo de Jan Smuts e a Gestalt-Terapia. **Revista da Abordagem Gestáltica**, v. 14, n. 1, p. 3-8, jan-jun 2008.
- LISBOA, C. K.; BARROS, M. V. F. A pegada ecológica como instrumento de avaliação ambiental para a cidade de Londrina. **Confins - Revista franco-brasileira de Geografia**, n. 8, 2010.
- LOPES, A. R. S. A Primavera Silenciosa que sacudiu as próximas estações. **Revista Esboços**, Florianópolis, v. 18, n. 25, p. 316-319, ago. 2011.
- LOUREIRO, V. R. T. **“Quando a gente não tá no mapa”: a configuração como estratégia para a leitura socioespacial da favela**. Universidade de Brasília. Brasília, p. 261. 2017.

- LUCKIN, B. Revisiting the idea of degeneration in urban Britain, 1830–1900. **Urban History**, Cambridge, v. 33, n. 02, p. 234-252, 2006.
- LYNCH, K. **A imagem da cidade**. Tradução de Jefferson Luiz CAMARGO. 3ª. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2011. 227 p.
- MADURO-ABREU, A. et al. Os limites da Pegada Ecológica. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 19, p. 73-87, jan./jun. 2009.
- MARAFON, G. J. O Espaço Urbano: a abordagem da Escola de Chicago e da Escola Marxista. **Ciência e Natura**, Santa Maria, n. 18, p. 149-181, 1996.
- MARCONDES, D. **As armadilhas da linguagem**: significado e ação para além do discurso. e-book. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2017.
- MARRERO, M. et al. Assessing the economic impact and ecological footprint of construction and demolition waste during the urbanization of rural land. **Resources, Conservation and Recycling**, 2016. 15.
- MAYR, E. **Biologia, Ciência Única**: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica. Tradução de Marcelo LEITE. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- MAZRUI, A. A.; WONDJI, C. (Eds.). **História geral da África VIII: África desde 1935**. Brasília: UNESCO, v. VIII, 2010. 1272 p.
- MCAULIFFE, M. **Paris, a City of Dreams**: Napoleon III, Baron Haussmann and the Creation of Paris. [S.l.]: Rowman & Littlefield, 2020.
- MCNAMARA, P. A hinterland rejected: The Free City of Danzig, Poland, and the League of Nations, 1933-39. In: LEE, R.; MCNAMARA, P. **Port-Cities and their Hinterlands**: Migration, Trade and Cultural Exchange from the Early Seventeenth Century to 1939. [S.l.]: Routledge, 2022. p. 335.
- MEDEIROS, V. **Urbis Brasiliae**: o labirinto das cidades brasileiras. Brasília: Editora UnB, 2013.
- MEDEIROS, V. A. S. D. **Urbis Brasiliae ou sobre cidades do Brasil: inserindo assentamentos urbanos no país em investigações configuracionais comparativas**. Universidade de Brasília. Brasília, p. 519. 2006.
- MEDRANO, R. H. Notas sobre o Barroco e o urbanismo ibero-americano. **CONGRESSO INTERNACIONAL DO BARROCO IBERO-AMERICANO**, 2008. 1152-1167.
- MEOTTI, B. **Comparação entre métodos top-down e bottom-up na estimativa de emissões veiculares**. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, p. 113. 2019.
- MEYER, H. C. Mitteleuropa in German Political Geography. **Annals of the Association of American Geographers**, 36, 1946. 178-194.
- MICHAELIS. Dicionário Michaelis On-line, 2019. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/>>. Acesso em: março 2019.
- MICHAELIS. **Dicionário Michaelis Online**, 2021. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/>>. Acesso em: 2021.
- MICHAELIS. Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa, 2022. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/>>. Acesso em: 2022.
- MILNER, R. Huxley's Bulldog: The Battles of E. Ray Lankester (1846–1929). **The Anatomical Record (New Anat.)**, n. 257, p. 90-95, 1999.
- MIOTO, C.; SILVA, M. C. F.; LOPES, R. **Novo Manual de Sintaxe**. São Paulo: Contexto, 2013.
- MORAN, M. J. et al. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**. Tradução de Gisele Maria Ribeiro VIEIRA; Paulo Pedro KENEDI e Fernando Ribeiro da SILVA. 7ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- MOREIRA, A. C. **Teresina e as moradias da região central da cidade (1852 - 1952)**. Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 371. 2016.
- MORIN, E. Complexidade e ética da solidariedade. In: GOMES, L. **Ensaio de Complexidade**. Porto Alegre: Sulina, EDUFERN, 1997. p. 272.
- MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Tradução de Eliane LISBOA. Porto Alegre: Sulina, 2005. 120 p.

- MOUDON, A. V. Urban morphology as an emerging interdisciplinary field. **Urban Morphology**, v. 1, n. 1, p. 3-10, 1997.
- NARCISO, C. A. F. **Espaço Público: Desenho, organização e poder - o caso de Barcelona**. Universidade de Lisboa. Lisboa. 2008.
- NEWMAN, P. Sustainability and cities: extending the metabolism model. **Landscape and Urban Planning**, n. 44, p. 219-226, 1999.
- NEWMAN, P.; JENNINGS, I. **Cities as a Sustainable Ecosystems: Principles and Practices**. [S.l.]: Island Press, 2008.
- NISHIKAWA, E. R.; RIBEIRO, A. R. Estimativa da emissão de dióxido de carbono pela frota de Cuiabá entre os anos de 2007 e 2016: impactos e alternativas socioambientais. **XIII Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**, Campinas, setembro 2019. 20.
- NIZA, S.; ROSADO, L.; FERRÃO, P. Urban Metabolism: Methodological Advances in Urban Material Flow Accounting Based on the Lisbon Case Study. **Journal of Industrial Ecology**, v. 13, n. 3, p. 384-405, 2009.
- ODUM, E. P. **Ecology: The link between the Natural and the Social Science**. 2. ed. University of Georgia: Holt, Rinehart and Winston, 1975.
- ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1988.
- ODUM, E. P. The Strategy of Ecosystem Development. In: _____ **The Ecological Design and Planning Reader**. Washington: Island Press, 2014. p. 203-216.
- OFFER, J. **Herbert Spencer and Social Theory**. Londres: Palgrave Macmillan, 2010.
- OLIVEIRA, E. A. M. **A sintaxe espacial e o desenho do espaço público**. Universidade Lusófona do Porto. Porto, p. 88. 2020.
- OLIVEIRA, I. R. D. Tratar a cidade como ecossistema: contribuições teóricas e práticas visando a sustentabilidade urbana. **Tecnologia e Ambiente**, Criciúma, v. 24, p. 33-55, 2018.
- OLIVEIRA, V. **Urban Morphology: An introduction to the study of the physical form of cities**. [S.l.]: [s.n.], 2016.
- OLIVEIRA, V. **Teaching Urban Morphology**. Suíça: Springer, 2018.
- OLIVEIRA, V.; MONTEIRO, C. As origens da morfologia urbana e a geografia alemã. **Revista de Morfologia Urbana**, v. 2, n. 1, p. 37-40, 2014.
- OMNIA, R. **Mundo Educação**, dezembro 2019. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/commodities.htm>>.
- O'NEIL, S. J. **The Origins and Development of the Fabian Society, 1884-1900**. Loyola University Chicago. Chicago, p. 260. 1986.
- ORLANDI, E. P. **O que é linguística?** São Paulo: Brasiliense, 2007. 71 p.
- ORTIZ URIBE, F. G. **Diccionario de metodología de la investigación científica**. Mexico: Limusa, 2003. ISBN 174.
- PACIONE, M. **Urban Geography: A Global Perspective**. 3ª. ed. Nova York: Routledge, 2009.
- PANERAI, P. **Análise Urbana**. 2ª. ed. Brasília: Editora UnB, 2014.
- PANERAI, P. et al. **Urban Forms: the death and life of the urban block**. Tradução de Olga Vitale SAMUELS. Marseilles: Elsevier, 2004.
- PARENTE, A. **Indicadores de Sustentabilidade Ambiental: Um estudo do Ecological Footprint Method do Município de Joinville - SC**. Universidade do Vale do Itajaí/UNIVALI. Biguaçu (SC), p. 197. 2007.
- PEREIRA COSTA, D. A.; NETTO, M. M. G. **Fundamentos da Morfologia Urbana**. Belo Horizonte: C/Arte, 2015.
- PEREIRA COSTA, S. D. A.; GIMMLER NETTO, M. M.; LIMA, T. B. Bases conceituais da escola inglesa de morfologia urbana. **Paisagem e Ambiente**, n. 33, 2014. 29-48.
- PEREIRA, R. H. M. et al. **O Uso da Sintaxe Espacial da Análise do Desempenho do Transporte Urbano: Limites e Potencialidades**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Rio de Janeiro, p. 56. 2011.

- PETTER, M. M. T. Morfologia. In: FIORIN (ORG), J. L. **Introdução à Linguística II: Princípios de análise**. 5ª. ed. São Paulo: Contexto, 2010. p. 59-80.
- PICKETT, S. T. A.; GROVE, J. M. Urban ecosystems: What would Tansley do? **Urban Ecosyst**, v. 12, n. 1, p. 1-8, 20 janeiro 2009.
- PINCETL, S. Nature, urban development and sustainability – What new elements are needed for a more comprehensive understanding? **Cities**, n. 29, p. 532-537, 2012.
- PINCETL, S.; BUNJE, P.; HOLMES, T. An expanded urban metabolism method: Toward a systems approach for assessing urban energy processes and causes. **Landscape and Urban Planning**, n. 107, p. 193-202, 2012.
- PINHEIRO, E. P. **Europa, França e Bahia: difusão e adaptação de modelos urbanos**. 2ª. ed. Salvador: EDUFBA, 2011.
- POLIDORO, M. **Conurbação e dispersão em aglomerações urbanas: desafios ao planejamento**. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, p. 205. 2012.
- PORTELLA, A. A. Analisando a trajetória das metrópoles industriais às cidades-jardins: os ideais utópicos transformados em cidades-dormitórios. **Arquiteturarevista**, v. 10, n. 2, p. 46-58, jul./dez. 2014.
- REDCLIFT, M. R.; WOODGATE, G. **The International Handbook of Environmental Sociology**. 2ª. ed. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, 2010.
- REES, W.; WACKERNAGEL, M. Urban Ecological Footprints: Why Cities Cannot be Sustainable — and Why They are a Key to Sustainability. In: _____ **Urban Ecology**. Boston: Springer, 2008. p. 537-555.
- REGO, R. L.; MENEGUETTI, K. S. A respeito de morfologia urbana. Tópicos básicos para estudos da forma da cidade. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 123-127, 2011.
- RESENDE, S. C. **Os planos de urbanização de Teresina e a Agenda 2015**. Universidade São Judas Tadeu. São Paulo, p. 218. 2013.
- RIGATTI, D. **Do espaço projetado ao espaço vivido: modelos de morfologia urbana no conjunto Rubem Berta**. Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, p. 337. 1997.
- ROCHA, N. M. S. D. **Vitalidade no centro antigo de Teresina: Praça Marechal Deodoro, uma intervenção contemporânea em área de valor patrimonial**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Natal, p. 117. 2012.
- ROGERS, D. Understanding Urbanism. In: ROGERS, D., et al. **Understanding Urbanism**. Singapore: Springer Nature Singapore, 2020. Cap. 1, p. 1-14.
- ROLNIK, R. **O que é cidade? (Coleção Primeiros Passos)**. 3ª. ed. São Paulo: Brasiliense, 2009.
- ROSA, C. A. D. P. **História da ciência: o pensamento científico e a ciência no século XIX**. 2. ed. Brasília: FUNAG, v. II, 2012.
- ROSA, C. A. D. P. **História da Ciência: O Pensamento Científico e a Ciência no Século XIX**. 2ª. ed. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, v. II, 2012a.
- ROSA, C. A. D. P. **História da Ciência: A Ciência e o Triunfo do Pensamento Científico no Mundo Contemporâneo**. 2ª. ed. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, v. III, 2012b. 500 p.
- ROSANELI, A. F. A morfologia urbana como abordagem metodológica para o estudo da forma e da paisagem de assentamentos urbanos. In: _____ **unpublished paper presented to the VI Quapá-Sel**. São Paulo: [s.n.], 2001.
- ROSANELI, A. F. A morfologia urbana como abordagem metodológica pra o estudo da forma e da paisagem de assentamentos urbanos. In: _____ **unpublished paper presented to the VI Quapá-Sel**. São Paulo: [s.n.], 2001.
- SANTOS, A. S. M. D.; RIBEIRO, E. M. Mudança climática e a pegada ecológica dos resíduos sólidos da cidade de Parintins. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 7, n. 3, p. 82-89, jun./set. 2016.
- SANTOS, M. F. R. F.; XAVIER, L. D. S.; PEIXOTO, J. A. A. Estudo do indicador de sustentabilidade “Pegada Ecológica”: uma abordagem teórico-empírica. **Revista Ibero Americana de Estratégia**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 29-37, 2008.
- SEEMANN, J. A morfologia da paisagem cultural de Otto Schlüter: marcas visíveis da geografia cultural? **Espaço e Cultura**, Rio de Janeiro, n. 17-18, p. 65-76, jan/dez 2004.

- SICA, P. **Historia del Urbanismo**: el siglo XX. Tradução de Joaquín Hernández OROZCO. 2ª. ed. Madrid: Instituto de Estudios de Administración Local Santa Engracia, 1981. 770 p.
- SILVA FILHO, J. A. D. et al. Aplicação da pegada ecológica como indicador de sustentabilidade para análise da geração de resíduos sólidos urbanos. **Acta Biológica Catarinense**, 6, n. 3, jul.-set. 2019. 5-13.
- SILVA, G. P. D. **Expansão do espaço urbano recente em Teresina (PI): uma análise do setor habitacional**. Universidade Federal do Piauí. Teresina, p. 115. 2017.
- SILVA, R. R. D. et al. Minamata Convention: analysis of the socio-environmental impacts of a long-term solution. **Saúde e Debate**, Rio de Janeiro, v. 41, n. Especial, p. 50-62, jun. 2017.
- SOUSA, A. D. N. **Indicadores socioeconômicos, geração e composição dos resíduos sólidos domiciliares da cidade de Teresina-PI: uma contribuição para gestão municipal**. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, p. 223. 2018.
- SOUZA FILHO, M. C. D. **Sobre teorias de Chomsky**: um brevíssimo comentário. 1ª. ed. Curitiba: Appris, 2020. 159 p.
- STAUFFER, R. C. Haeckel, Darwin and Ecology. **The Quarterly Review of Biology**, v. 32, n. 2, p. 138-144, 1957.
- SUDJIC, D. **A linguagem das cidades**. Tradução de Alexandre SALVATERRA. Osasco: Gustavo Gili, 2019.
- TANSLEY, A. G. The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms. **Ecology**, v. 16, n. 3, p. 284-307, 1935.
- TERESINA. Site da SEMPLAN. **Site da Secretaria Municipal de Planejamento de Teresina**, 2022. Disponível em: <<https://semplan.pmt.pi.gov.br/mapas-interativos/>>. Acesso em: 2022.
- TREVISAN, R. **Cidades Novas**. Universidade de Brasília (UnB). Brasília, p. 340. 2009.
- ULTRAMARI, C. Significados do Urbanismo. **Pós - Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, são Paulo, n. 25, p. 166-184, 2009.
- VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade: Uma análise comparativa**. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, p. 235. 2002.
- VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade: Uma análise comparativa**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 235. 2002.
- VAN TIMMEREN, A. **Recircities: A Dynamic Equilibrium**. 2. ed. Delft: Sieca Repro Delft, 2013. 103 p.
- VASCONCELOS, P. D. A. As metamorfoses do conceito de cidade. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 4, p. 17-23, dez. 2015.
- VIOTTI, E. D. C. **Introdução aos Estudos Linguísticos**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 67. 2008.
- WACKERNAGEL, M. et al. Tracking the ecological overshoot of the human economy. **Proceedings of the national Academy of Sciences**, 99, 2002. 9266-9271.
- WACKERNAGEL, M. et al. National Footprint and Biocapacity Accounts 2005: The underlying calculation method, Maio 2005.
- WACKERNAGEL, M.; REES, W. **Our Ecological Footprint: reducing human impact on the Earth**. [S.l.]: New Society Publishers, 1996.
- WHITEHAND, J. W. R. British urban morphology: the Conzenion tradition. **Urban morphology**, v. 5, n. 2, p. 103-109, out. 2001.
- WOLMAN, A. The Metabolism of Cities. **Scientific American**, v. 213, n. 3, p. p. 178-193, 1965.
- WOLMAN, M. G. **Abel Wolman (1892 - 1989) - A Biographical Memoir**. The National Academies Press. Washington (DC), p. 18. 2003.
- WORLD COMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our Common Future**. 1ª. ed. Oxford: Oxford University Press, 1987. 400 p.
- WWF BRASIL. Página do Fundo Mundial Para a Natureza. **WWF Brasil**, 2022. Disponível em: <<https://www.wwf.org.br/>>. Acesso em: agosto 2022.

WWF-BRASIL. **A Pegada Ecológica de Campo Grande e a família das pegadas**. Brasília: WWF-Brasil, 2012. 132 p.

WWF-BRASIL. **A Pegada Ecológica de São Paulo - Estado e Capital e a família de pegadas**. Brasília: WWF-Brasil, 2012. 115 p.

XIE, P. F.; GU, K. **The morphology of tourism: Planning for impact in tourist destinations**. [S.l.]: Routledge, 2018.

XIMENES, N. L. B. **MORFOLOGIA URBANA: teorias e suas inter-relações**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 170. 2016.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física II: Termodinâmica e Ondas**. Tradução de Daniel VIEIRA. 14ª. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015.

ZHANG, Y.; YANG, Z.; YU, X. Evaluation of urban metabolism based on emergy synthesis: A case study for Beijing (China). **Ecological Modelling**, n. 220, p. 1690-1696, 2009.