



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica & Escola de Química
Programa de Engenharia Ambiental

Mônica Coelho Varejão

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DA MOBILIDADE URBANA:
AVALIAÇÃO DE SISTEMAS EM USO E APRESENTAÇÃO DE PROPOSTA
ALTERNATIVA

Rio de Janeiro
2019



UFRJ

Mônica Coelho Varejão

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DA MOBILIDADE URBANA:
AVALIAÇÃO DE SISTEMAS EM USO E APRESENTAÇÃO DE PROPOSTA
ALTERNATIVA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Eduardo Gonçalves Serra, DSc

Rio de Janeiro
2019

Varejão, Mônica Coelho.

Indicadores de Sustentabilidade Ambiental da Mobilidade Urbana: Avaliação de Sistemas em Uso e Apresentação de Proposta Alternativa / Mônica Coelho Varejão. – 2019. 83 f. : 23 il. 30 cm

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2019.

Orientador: Prof. Eduardo Gonçalves Serra, DSc

1. Sustentabilidade. 2. Sustentabilidade Urbana. 3. Mobilidade Sustentável. 4. Indicadores Ambientais. I. Serra, Eduardo Gonçalves. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica e Escola de Química. III. Indicadores de Sustentabilidade Ambiental da Mobilidade Urbana: Avaliação de Sistemas em Uso e Apresentação de Proposta Alternativa.



UFRJ

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DA MOBILIDADE URBANA:
AVALIAÇÃO DE SISTEMAS EM USO E APRESENTAÇÃO DE PROPOSTA
ALTERNATIVA

Mônica Coelho Varejão

Orientador: Prof. Eduardo Gonçalves Serra, DSc, UFRJ

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada pela Banca:

Presidente, Prof. Eduardo Gonçalves Serra, DSc, UFRJ

Prof. José Tavares Araruna Júnior, DSc, Newcastle

Prof. Sérgio Luiz Costa Bonecker, DSc, USP

Prof. Estevão Freire, DSc, UFRGS

Rio de Janeiro

2019

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Eduardo Gonçalves Serra, pela sua disponibilidade, apoio e relevantes colocações técnicas durante o desenvolvimento desta dissertação.

À minha família pelo incansável apoio e carinho, em especial nos momentos difíceis, e por terem facilitado todo o meu percurso estudantil até aqui.

Ao meu marido, Davi Miguens, pelo grande incentivo e pelas boas conversas quando mais precisei de apoio.

À minha filha Pietra por me dar força, sendo fonte de amor e inspiração, essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa.

A todos os professores do PEA que com o seu saber transmitiram conhecimentos relevantes para este estudo.

Aos funcionários da secretaria do PEA que sempre se colocaram à disposição para auxiliar e sanar qualquer dúvida.

Aos colegas do Mestrado que ao longo deste curso trocaram conhecimentos e experiências que só enriqueceram o meu aprendizado.

Aos Professores da Puc-rio, em especial ao Professor José Tavares Araruna, que ao longo da graduação me ensinaram e em mim inspiraram a vontade de seguir na Academia.

A Deus pela força e sabedoria concedidas para o desenvolvimento desta dissertação.

RESUMO

VAREJÃO, Mônica Coelho. **Indicadores de Sustentabilidade Ambiental da Mobilidade Urbana: Avaliação de Sistemas em Uso e Apresentação de Proposta Alternativa**. Rio de Janeiro, 2019. Dissertação (mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

Em um contexto de mudanças climáticas e ameaças à estabilidade do Sistema Terra, o intenso crescimento das cidades introduz uma elevada carga pressão sobre o meio ambiente, formada, em muitos casos, pela ocupação desordenada do solo, altos níveis de emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE), lançamento de efluentes líquidos nos cursos d'água, produção de resíduos sólidos em grande volume e outros elementos característicos da vida em aglomerações humanas. A busca pela sustentabilidade urbana faz-se necessária para a garantia da preservação do meio ambiente, da sustentação da economia e mesmo para a sobrevivência da espécie humana. No cenário urbano, o setor de transportes é a maior fonte de emissões urbanas de GEE, com contribuição de 46,3% do total de emissões de GEE associadas à matriz energética brasileira, segundo o Balanço Energético Nacional (2019). O presente trabalho, através de revisão bibliográfica, identifica e analisa indicadores e índices de mobilidade urbana e define os parâmetros mais relevantes a serem considerados na busca pela sustentabilidade ambiental do setor, uma vez que a mobilidade sustentável, além dos ganhos ambientais que proporciona, como o incremento da resiliência das cidades, tem a capacidade de promover melhorias de cunho social e econômico, como o aumento da acessibilidade, a melhor ordenação da ocupação do solo e o crescimento econômico. Este trabalho apresenta caráter descritivo e explicativo, tendo por fim contribuição propositiva de um conjunto de dez indicadores ambientais para avaliação da sustentabilidade da mobilidade urbana. Cabe destacar que o uso de indicadores e índices se constitui em uma importante ferramenta de avaliação da realidade e de apoio à tomada de decisão, à formulação e à implementação de políticas públicas e à construção de regulamentações que visem à sustentabilidade urbana, sob o viés da mobilidade sustentável, para governos, agências públicas e organizações não governamentais, assim como para empresas privadas que atuam no setor de transporte e correlatos.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Sustentabilidade Urbana, Mobilidade Sustentável, Indicadores Ambientais.

ABSTRACT

VAREJÃO, Mônica Coelho. **Environmental Sustainability Indicators of Urban Mobility: Evaluation of Systems in Use and Presentation of Alternative Proposal.** Rio de Janeiro, 2019. Dissertação (mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

In a context of climate change and threats to the stability of the Earth System, the intense growth of cities introduces a high pressure load on the environment, formed in many cases by disorderly land use, high levels of greenhouse gas (GHG) emissions, discharge of liquid effluents into rivers and the sea, large volume of solid waste production and other characteristic elements of life in human agglomerations. The search for urban sustainability is necessary to ensure the preservation of the environment, to sustain the economy and even for the survival of the human species. In the urban scenario, the transport sector is the largest source of urban greenhouse gas (GHG) emissions, accounting for 46.3% of the total GHG emissions associated with the Brazilian energy matrix, according to the National Energy Balance (2019). The present work, through bibliographic review, identify and analyzes indicators and indexes of urban mobility and defines the most relevant parameters to be considered in the search for environmental sustainability of the sector, once sustainable mobility, in addition to the environmental gains it provides, such as increasing the resilience of cities, has the ability to promote a range of social and economic improvements, such as increased accessibility, better land use and economic growth. This paper has a descriptive and explanatory character, having as a final proposition the contribution of a set of ten environmental indicators to evaluate the sustainability of urban mobility. It is worth noting that the use of indicators and indexes is an important tool for assessing reality and supporting decision making, the formulation and implementation of public policies and the construction of regulations aimed at urban sustainability, under the bias of sustainable mobility for governments, public agencies and non-governmental organizations, as well as for private companies operating in the transportation and related industries.

Keywords: Sustainability, Urban Sustainability, Sustainable Mobility, Environmental Indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Objetivos de Desenvolvimento do Milênio.....	9
Figura 2 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	10
Figura 3 - Dimensões do Índice SDEWES.....	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Vantagens e Limitações dos Índices de Sustentabilidade	36
Quadro 2 - Características da Mobilidade Sustentável	38
Quadro 3 - Indicadores de Transporte de Litman e Burwell	39
Quadro 4 - Indicadores de Mobilidade Sustentável de Campos e Ramos	41
Quadro 5 – Indicadores de Mobilidade selecionados por Machado	43
Quadro 6 - Indicadores comum à Brasil e Portugal propostos por Costa	44
Quadro 7 - Indicadores componentes do IMUS propostos por Costa.....	46
Quadro 8 - Indicadores para a Sustentabilidade da Mobilidade Urbana do WBCSD	48
Quadro 9 - Compilado dos Indicadores Ambientais advindos das Referências	50
Quadro 10 - Categoria Emissões Atmosféricas: Equivalentes e Díspares.....	52
Quadro 11 - Categoria Combustível e Energia: Equivalentes e Díspares.....	53
Quadro 12 - Categoria Ruído: Equivalentes	54
Quadro 13 - Categoria Uso do Solo: Equivalentes e Díspares	55
Quadro 14 - Categoria Modo Não Motorizado: Equivalentes e Díspar	57
Quadro 15 - Conjunto de Indicadores-chave Proposto	58
Quadro 16 - Direção dos Indicadores-chave.....	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Taxa de Urbanização Nacional ao Longo do Tempo	14
Gráfico 2 - Populações Mundiais Urbana e Rural, 1950 - 2050	15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Indicadores de Mobilidade identificados por Machado42

Tabela 2 - Dez Indicadores do IMUS com maiores pesos para o resultado global47

LISTA DE SIGLAS

CMED	Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU
COP21	21ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas
dB	decibéis
ECO-92	Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992
EF	Ecological Footprint
ESI	Environmental Sustainability Index
EUA	Estados Unidos da América
GEE	Gases do Efeito Estufa
Habitat III	Terceira Conferência das Nações Unidas sobre Habitação e Desenvolvimento Urbano Sustentável
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMS	Índice de Mobilidade Sustentável
IMUS	Índice de Mobilidade Urbana Sustentável
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
ISE	Índice de Sustentabilidade Empresarial
MMA	Ministério de Meio Ambiente
NAU	Nova Agenda Urbana
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PBMC	Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas
PIB	Produto Interno Bruto
PMU	Plano de Mobilidade Urbana
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
Rio +20	Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 2012 (20 anos após a ECO-92)
RMPA	Região Metropolitana de Porto Alegre

SDEWES	Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems Index
SMP 2.0	Sustainable Mobility Project 2.0
VLTs	Veículos Leves sobre Trilhos
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Contextualização e Justificativa.....	1
1.2	Objetivo Geral	2
1.2.1	Objetivos Específicos	3
1.3	Metodologia de Pesquisa.....	3
1.4	Estrutura da Dissertação	4
2	Sustentabilidade	5
2.1	Fundamentos da Sustentabilidade.....	5
2.2	A Sustentabilidade no Espaço Urbano	11
2.2.1	A Urbanização.....	13
2.2.2	A Urbanização Sustentável	16
2.2.3	A Mudança Climática e a Mobilidade Urbana.....	18
2.2.4	Contexto Nacional Legislativo da Mobilidade Urbana.....	22
2.3	Desafios da Sustentabilidade Urbana	25
3	Indicadores e Índices	29
3.1	Definições para Indicadores e Índices	29
3.2	Importância dos Indicadores e Índices Ambientais	32
3.3	Aplicabilidades e Limitações dos Indicadores e Índices Ambientais	35
4	Seleção dos Indicadores e Índices de Mobilidade Urbana.....	37
4.1	Autores Litman e Burwell	38
4.2	Autores Campos e Ramos	40
4.3	Autora Machado	42
4.4	Autora Costa	43
4.5	Organização WBCSD	47
5	Análise dos Indicadores de cunho Ambiental	49
5.1	Categorias de Maior Representatividade	51
5.1.1	Categoria Emissões Atmosféricas	51
5.1.2	Categoria Combustível e Energia	53
5.1.3	Categoria Ruído	54
5.1.4	Categoria Uso do Solo	55
5.1.5	Categoria Modo Não Motorizado	57
5.2	Categorias de Menor Representatividade.....	57
5.3	Conjunto de Indicadores Proposto	58

6	Considerações Finais	61
	Referências Bibliográficas	64

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

No contexto das áreas urbanas, a busca pela sustentabilidade proporciona a revisão de uma série de conceitos e práticas relativos à forma como a sociedade e as suas atividades sociais e econômicas se organizam e interagem com o meio ambiente circundante. As discussões a respeito dessa temática em ambiente nacional giram em torno de alguns pontos principais, vide listagem a seguir:

- Crescimento urbano desordenado e as ocupações irregulares;
- Comprometimento da acessibilidade de parte da população, em geral de baixa renda, em virtude da pouca ou falta de mobilidade nas áreas mais periféricas, onde costumam estar localizadas as ocupações irregulares;
- Degradação ambiental oriunda da ocupação desordenada do solo, muitas vezes em áreas sensíveis ambientalmente, dos sistemas de mobilidade que priorizam o modo individual motorizado de transporte, e da poluição nos diferentes compartimentos ambientais, do ruído e da escassez de áreas verdes dentro do perímetro urbano;
- Atuação setorializada e muitas vezes não coordenada do poder público no gerenciamento do espaço urbano (Costa, 2008); e
- Falta de interação entre planejamento urbano e de transporte.

Segundo Costa (2008), as questões relacionadas aos transportes e à mobilidade urbana são de especial interesse para o desenvolvimento urbano sustentável, uma vez que os atuais padrões de mobilidade têm refletido em inúmeras deseconomias para as cidades, como os intensos congestionamentos, além de afetarem de forma direta a qualidade de vida de seus cidadãos. Dessa forma, a mobilidade sustentável volta-se ao desincentivo do transporte individual motorizado ou com número reduzido de passageiros, ao incentivo da mobilidade ativa, composta pelos modos andar a pé e de bicicleta, desde que para isso seja investido em infraestrutura de apoio, e ao incentivo de transportes coletivos mais “verdes”, que façam uso de combustíveis alternativos e de energia renovável.

A nível de Brasil, estudos e pesquisas acadêmicas tem sido desenvolvidos a respeito da mobilidade sustentável, assim como ações e políticas a nível federal tem sido estabelecidas, vide a Lei de Diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana, a qual pontua as diretrizes, os objetivos e os princípios que devem servir de referência para qualquer política de mobilidade urbana no país (BRASIL, 2012). Apesar das diretrizes, os conceitos de sustentabilidade urbana e mobilidade sustentável ainda são subjetivos e complexos, uma vez que dependendo do contexto de aplicação podem focar mais em alguns aspectos em detrimento de outros.

Desse modo, instrumentos de avaliação, como indicadores e índices, adequados à mensuração de aspectos relevantes à mobilidade sustentável faz-se importante para conhecimento da realidade, identificação das potencialidades e fragilidades do setor e para posterior direcionamento do quê precisa ser reformulado e do quê carece de investimentos em prol da sustentabilidade da mobilidade urbana.

Diante do tripé da sustentabilidade, acredita-se que a dimensão ambiental seja balizadora do crescimento econômico e social, uma vez que as relações meio ambiente x economia e meio ambiente x sociedade devem preservar os fatores bióticos e abióticos dos ecossistemas, assim como, minimizar a geração de poluição, resíduos e efluentes, uma vez que a economia e a sociedade dependem da manutenção e preservação dos recursos da natureza para sua sobrevivência.

Desta forma, o presente trabalho se justifica por identificar, dentre os índices e conjunto de indicadores selecionados, os indicadores mais relevantes para avaliação da sustentabilidade ambiental da mobilidade urbana, com base em estudos nacionais e internacionais e com o intuito de propor um conjunto para avaliação que seja conciso e efetivo, uma vez que aplicar muitos indicadores ao contexto de uma localidade pode não ser trivial, haja vista a dificuldade de execução e posterior monitoramento dos dados, o que afetaria a qualidade do resultado, assim como o gerenciamento e o planejamento urbano.

1.2 OBJETIVO GERAL

O presente estudo tem como objetivo propor um conjunto de indicadores de cunho ambiental, que possibilite conhecer as características e os impactos da mobilidade urbana de uma localidade nacional com vistas à sustentabilidade.

1.2.1 Objetivos Específicos

- Analisar, a partir de revisão teórica, os fatores mais relevantes em termos de contribuição para uma mobilidade sustentável;
- Avaliar, dentre as referências disponíveis, quais seriam os autores de maior relevância;
- Analisar, dentre os indicadores de cunho ambiental identificados a partir das referências selecionadas, quais teriam maior relevância para o contexto nacional e melhor efetividade de aplicação e monitoramento;
- Propor um conjunto de indicadores-chave para avaliação da sustentabilidade ambiental da mobilidade urbana.

1.3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Primeiramente foi realizada revisão bibliográfica dos principais temas implicados nesta pesquisa, como, sustentabilidade, sustentabilidade urbana, mobilidade e sistemas de indicadores e índices. A revisão teórica permitiu inventariar índices e indicadores de mobilidade nacionais e internacionais mais relevantes no cenário da sustentabilidade, sendo, portanto, ponto de partida para a seleção dos indicadores-chave a compor o conjunto de indicadores proposto neste trabalho.

A partir do inventário, foram identificados os indicadores de cunho ambiental dos estudos analisados, os quais foram separados e agrupados em 14 categorias, com base nas suas dimensões temáticas. Para cada categoria, com representatividade quantitativa de indicadores superior a 5, ou seja, para as categorias de maior representatividade, fez-se uma análise dos indicadores que seriam equivalentes entre si, sendo os mesmos agrupados sob este critério, e, com isso, os demais foram classificados como díspares, neste caso, diferentes perante os tidos como equivalentes. Com base nesta classificação e a partir de análise crítica foram identificados os indicadores-chave, que viriam a compor o conjunto de dez indicadores, aqui proposto, para avaliação da sustentabilidade ambiental da mobilidade urbana.

Quanto aos procedimentos, a pesquisa é do tipo bibliográfica, com o uso de livros de referência, bases de dados e artigos científicos. Quanto aos objetivos, é um trabalho descritivo e explicativo, tendo uma contribuição propositiva.

As principais premissas são as de que:

- 1) A questão ambiental é extremamente relevante;
- 2) As cidades são uma fonte importante de impactos ambientais;
- 3) É fundamental o uso de sistemas de indicadores para a quantificação desses impactos; e
- 4) Os sistemas de indicadores disponíveis para a avaliação da sustentabilidade do setor de transporte são, em geral, muito abrangentes e diferenciados.

Como hipótese, temos:

- 1) O setor de transporte tem uma contribuição importante, em vários aspectos, para a sustentabilidade ambiental urbana; e
- 2) Um sistema mais conciso de indicadores de sustentabilidade urbana no setor de transporte será uma contribuição importante para o melhor entendimento da problemática e para a formulação de políticas públicas para a superação dos respectivos problemas.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho é composto por 6 capítulos, incluindo o capítulo de Introdução. Os capítulos encontram-se assim estruturados:

O capítulo 1 aborda de forma geral o tema escolhido para esta pesquisa.

O capítulo 2 apresenta a construção do conceito de sustentabilidade ao longo do tempo, contextualiza o conceito em questão no espaço urbano, abordando temas como urbanização, mobilidade urbana e mudanças climáticas e trata dos desafios da

sustentabilidade urbana, discorrendo sobre as dificuldades relativas às esferas ambiental, política/institucional e econômica.

O capítulo 3 define os termos índice e indicador, apresentando suas características específicas, relata a importância dos indicadores e índices ambientais na avaliação da sustentabilidade de um contexto urbano e aborda as suas aplicabilidades e limitações de forma geral.

O capítulo 4 apresenta os índices e conjunto de indicadores selecionados como referencial teórico para construção do conjunto a ser proposto.

O capítulo 5 traz a análise dos indicadores ambientais contemplados nesses estudos selecionados e apresenta como resultado final o conjunto de indicadores-chave proposto para a avaliação da sustentabilidade ambiental da mobilidade urbana.

No capítulo 6 são apresentadas as considerações finais e as recomendações para trabalhos futuros.

2 SUSTENTABILIDADE

2.1 FUNDAMENTOS DA SUSTENTABILIDADE

A relação homem/natureza veio se modificando ao longo do tempo. Novas percepções, novos conceitos, práticas empresariais e políticas públicas vêm se desenvolvendo no rumo do equacionamento dos problemas ambientais e da superação da dicotomia entre desenvolvimento e natureza. Nesse sentido, vêm sendo apontados, ainda, novos caminhos de construção da sustentabilidade, que, por sua vez, é, também, um conceito em construção.

Até o final do século XIX, sob forte influência do modo capitalista de produção, as principais formulações teóricas e modelos que explicavam o funcionamento da economia consideravam a natureza como fonte ilimitada de recursos para a produção de bens materiais. Assim, o conceito de desenvolvimento econômico era atrelado a um crescimento sem limites, no qual os recursos eram vistos como inesgotáveis, ou seja, valia a ideia de explorá-los sem considerar, por exemplo, o esgotamento previsível das reservas dos minerais, os limites ao uso dos solos, a recomposição dos estoques de espécies animais e vegetais, o equilíbrio ecológico, etc.

Após a Segunda Guerra Mundial, mais especificamente a partir dos anos 60, surgem os movimentos ambientalistas, que alertam a sociedade para algumas problemáticas ambientais, estas, oriundas de uma relação homem versus natureza caracterizada por escalas extremamente elevadas de produção insustentável. Começa a humanidade a perceber que os recursos são finitos e que, portanto, o seu uso requer cautela. Essa constatação traz à tona a necessidade de qualificar o desenvolvimento.

Em meio a esse contexto de início de um processo de conscientização ambiental, o Clube de Roma, grupo formado por intelectuais para discutir assuntos voltados à economia, política e meio ambiente, trouxe a público, em 1972 (a primeira reunião foi em 1968), o estudo *Limites do Crescimento*, também conhecido como *Relatório Meadows*, o qual afirmava que: “desenvolvimento e meio ambiente devem absolutamente ser tratados como um só e mesmo problema” (MEADOWS et al., 1972, p. 295). O relatório apresenta, através de modelagem matemática, as consequências da manutenção de cinco principais tendências mundiais então constatadas: acelerada industrialização, rápido crescimento populacional, crescimento da agricultura, crescente consumo de recursos naturais, degradação do meio ambiente. Como resultado, concluiu-se que se nada fosse feito para frear essas tendências, o planeta Terra atingiria nos próximos 100 anos o seu limite de crescimento e, a partir desse ponto, com o esgotamento de recursos e a intensa degradação, haveria escassez de alimentos, incontável declínio populacional e da capacidade industrial, acarretando um colapso social (MEADOWS et al., 1972, p.9). Aqui ficou claro que a sociedade precisava rever o seu modo e ritmo de produção, além do seu padrão de consumo e valorizar o meio ambiente, por meio da preservação dos sistemas bióticos e abióticos e do uso consciente dos recursos naturais, uma vez que sociedade e meio ambiente são totalmente dependentes um do outro para as suas sobrevivências.

Também em 1972, ocorreu a Conferência da Organização das Nações Unidas (ONU) em Estocolmo, na qual foram debatidos, tendo como referência o relatório do Clube de Roma, temas chave, como proteção ambiental, crescimento econômico e desenvolvimento, além de ter sido criado, no âmbito da ONU, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), responsável por catalisar as ações de proteção ao meio ambiente por meio de atuação disseminada com o apoio de

parcerias público-privadas (NIERDELE (org.), RADOMSKY (org.), 2016). Em 1973, o secretário geral e encarregado da organização da Conferência, Maurice Strong, introduziu o conceito de *ecodesenvolvimento*, como alternativa à dicotomia homem/natureza, sendo, portanto, uma estratégia de desenvolvimento que rejeita o crescimento econômico a partir da degradação ambiental. O conceito em questão foi amplamente difundido por Ignacy Sachs como sendo o:

[...] desenvolvimento endógeno e dependente de suas próprias forças, tendo por objetivo responder à problemática da harmonização dos objetivos sociais e econômicos do desenvolvimento com uma gestão ecologicamente prudente dos recursos e do meio. (RAYNAUD e ZANONI, 1993 apud FILHO, 1993, p.132)

Ao final da década seguinte, a noção de “ecodesenvolvimento”, a qual se baseia no tripé constituído por eficiência econômica, justiça social e prudência ecológica, é substituída pelo conceito de “desenvolvimento sustentável”. Isso ocorre, mais precisamente em 1987, a partir da divulgação do Relatório *Nosso Futuro Comum*, também conhecido como Relatório Brundtland¹, o qual aborda a necessidade de se promover o desenvolvimento sustentável, este caracterizado por satisfazer as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades. Ou seja, o desenvolvimento sustentável retrata um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, a orientação dos investimentos, os rumos do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estejam de acordo com as necessidades atuais e futuras (CMMAD, 1991).

Este conceito, amplamente utilizado nos dias de hoje, é alvo de críticas, por exemplo, por não considerar se as necessidades da geração atual são sustentáveis, ou seja, se a antiga relação dicotômica homem/natureza não se faz presente no atual regimento da economia; caso contrário, as necessidades das gerações futuras não poderiam ser atendidas.

Para Maimon (1992, *apud* FILHO, 1993, p.137):

A diferença básica entre Ecodesenvolvimento e Desenvolvimento Sustentável reside em: o primeiro volta-se ao atendimento das necessidades básicas da população, através de tecnologias apropriadas a cada ambiente, partindo do mais simples ao mais

¹ Elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMED) da ONU.

complexo; o segundo, Desenvolvimento Sustentável, apresenta a ênfase em uma política ambiental, a responsabilidade com gerações futuras e a responsabilidade comum com os problemas globais.

Há, porém, entre o Ecodesenvolvimento e o Desenvolvimento Sustentável, enquanto conceitos, consenso em muitos aspectos essenciais. O próprio Ignacy Sachs considera que os pontos em comum entre os dois termos em questão são suficientes para poder adotá-los como sinônimos (FILHO, 1993).

Nos anos 90, surge o conceito *triple bottom line*, também conhecido como tripé da sustentabilidade, o qual vem a medir a sustentabilidade dos negócios em termos ambientais e sociais, além do econômico, corroborando a necessidade de se avaliar a performance de um negócio não só pelo aspecto financeiro, mas também pela sua capacidade de minimizar impactos ambientais e promover o bem estar social. Este conceito é amplamente utilizado nos dias de hoje através da aplicação de índices, como, por exemplo, o Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE), o qual busca criar um ambiente de investimento compatível com as demandas de desenvolvimento sustentável da sociedade e estimular a responsabilidade ética das corporações. O índice em questão é uma ferramenta de análise comparativa de empresas selecionadas sob alguns aspectos, como, eficiência econômica, justiça social, equilíbrio ambiental e governança corporativa, segundo informações disponíveis no site do ISE².

Em 1992, 20 anos após a Conferência de Estocolmo, ocorre no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como ECO-92. Um marco desta Conferência foi a publicação da *Agenda 21 Global*, instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, levando em consideração aspectos, como, justiça social, proteção ambiental e eficiência econômica, segundo informações disponibilizadas no site³ do Ministério de Meio Ambiente (MMA). Esse compromisso global resultou na publicação de Agendas 21 a nível nacional, regional e local nos mais diversos países.

² Site do ISE: <http://iseb3.com.br/o-que-e-o-ise>

³ Site do MMA com informações relativas a Agenda 21 Global: <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global.html>

Em 2000, a ONU estabelece os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), que abrangem oito objetivos a serem atendidos até 2015, tendo como base os dados relativos ao ano de referência 1990 e os quais seguem retratados na figura abaixo:

Figura 1 - Objetivos de Desenvolvimento do Milênio



Fonte: <http://www.odmbrasil.gov.br/os-objetivos-de-desenvolvimento-do-milenio>

Em meio ao período de atendimento aos ODM, ocorre no Rio de Janeiro a Rio+20, Conferência da ONU realizada em 2012, que teve como fruto a publicação do documento “O Futuro que Queremos”, o qual traz em seu artigo 252 a mensagem que boa governança, a nível nacional e internacional, é fundamental para o desenvolvimento sustentável, para a erradicação da fome e da pobreza e que países em desenvolvimento precisam de recursos adicionais para tal, corroborando a proposta dos ODM.

Os ODM supracitados na Figura 1 levaram muitos países a criar políticas públicas para o seu devido atendimento e com isso a participação social foi fundamental para o êxito do processo, ratificando a ideia da boa governança. No caso do Brasil, por exemplo, a meta de garantir qualidade de vida e respeito ao meio ambiente foi alcançada anteriormente a 2015, segundo informações do site ODM Brasil⁴, e pode ser constatada através de alguns dados, como, o acesso ao abastecimento de água no meio urbano com aproximadamente 92% dos domicílios ligados à rede (IBGE, 2010).

⁴ Site do ODM Brasil: <http://www.odmbrasil.gov.br/o-brasil-e-os-odm>

Segundo o Relatório dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio 2015, os oito objetivos estabelecidos na Declaração do Milênio foram bem-sucedidos mundialmente, embora existam deficiências. Diante do sucesso e do engajamento das nações em prol do atendimento aos objetivos, líderes mundiais sugeriram o estabelecimento de novos objetivos globais pós 2015. E, com isso, surgiram os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Os ODS foram construídos tendo como base os ODM e incluindo novos temas, como, mudança do clima, consumo sustentável, desigualdade econômica, dentre outros. Os ODS entraram em vigor em 2016 com dezessete objetivos para serem cumpridos até 2030, os quais seguem na figura abaixo:

Figura 2 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Fonte: <http://www.estrategiaods.org.br/os-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-estao-na-palma-da-mao/>

O propósito dos ODS, também conhecido como Agenda 2030, é acabar com a pobreza até 2030 e promover universalmente a prosperidade econômica, o desenvolvimento social e a proteção ambiental (CEBDS, 2017, p.19).

Paralelamente, ao surgimento dos ODS, e coerente com o 13º ODS, vide **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, ocorre, em 2015, durante a 21ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, conhecida como COP21, a negociação e, por conseguinte, a aprovação no mesmo ano por 195 países, do Acordo de Paris. O Acordo tem como objetivo central fortalecer

a resposta global à ameaça da mudança do clima, maior e mais complexo problema ambiental da atualidade, e reforçar a capacidade dos países em lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças. O compromisso entre os países signatários é manter o aumento da temperatura média global em menos de 2,0°C acima dos níveis pré-industriais e limitar este incremento a 1,5°C.

Por fim, o conceito de desenvolvimento sustentável é, como Sachs (2004) definiu, multidimensional e complexo. Considerando a evolução do conceito nos últimos 50 anos, “o desenvolvimento sustentável é social e ético, mas condicionado aos fatores ambientais, institucionais e à viabilidade econômica” (RODRIGUES; RIPPEL, 2015, p.79).

Em sendo assim, o debate acerca da sustentabilidade, nas mais diferentes esferas sociais e econômicas, vem, ao longo das últimas décadas, se consolidando e se implantando no espaço público internacional. Apesar de existir um aparente consenso da sociedade global em relação aos princípios básicos da sustentabilidade, verifica-se uma dificuldade de consonância acerca da aplicação do conceito, haja vista a diversidade e complexidade dos fatores que envolvem o termo (SILVA, 2000). Essa dificuldade resulta em situações onde focos são dados a uma ou duas esferas, dentre as três macroesferas contempladas no tripé da sustentabilidade.

2.2 A SUSTENTABILIDADE NO ESPAÇO URBANO

Segundo o Censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), as áreas urbanas são definidas como as áreas internas ao perímetro urbano de uma cidade ou vila, sendo este perímetro definido por lei municipal; enquanto que, as áreas rurais são as áreas externas ao perímetro urbano, que também é definida por lei municipal. Todavia, a classificação dessas áreas pode ocorrer por outros critérios, como, corte populacional, densidade demográfica, ocupação econômica da população, morfologia e modo de vida (IBGE, 2017).

Independentemente do critério adotado, a classificação por uma tipologia ou outra é uma forma restrita de representação da realidade. Por exemplo, ao se considerar o critério tamanho populacional, o espaço urbano vem a ser considerado como uma mera aglomeração de pessoas, enquanto que, se o critério adotado for a delimitação político-administrativa, a realidade ocupacional daquele município pode

ser diferente da regulamentada, uma vez que assentamentos informais não seriam abrangidos nessa identificação. Portanto, a classificação serve como indicativo da dinâmica de ocupação daquele município. Neste trabalho adotamos a classificação utilizada pelo Censo 2010 do IBGE, cuja base é a delimitação político-administrativa.

A nível mundial, tem-se que cerca de 55% da população total reside em áreas urbanas, sendo a expectativa para 2050 que esse número atinja 68% (ONU, 2018). O aumento da população urbana é resultado do aumento populacional em geral e do incremento na migração de pessoas para áreas urbanas por diversos motivos, como, a perda de postos de trabalho no campo por conta da mecanização no campo, busca por oportunidades de trabalho, acesso a serviços, mobilidade urbana, acesso à saúde e educação, dentre outros.

Essa expectativa de incremento populacional será responsável por adicionar, aproximadamente, 2,5 bilhões de pessoas às áreas urbanas em 2050, com expansão majoritária, cerca de 90% desta, a ocorrer na Ásia e África, sendo Índia, China e Nigéria responsáveis por cerca de 35% deste crescimento (ONU, 2018). Segundo Liu Zhenmin⁵, subsecretário-geral das Nações Unidas para Assuntos Econômicos e Sociais:

Muitas das populações que crescem mais rapidamente estão nos países mais pobres, onde o crescimento da população traz desafios adicionais ao esforço para erradicar a pobreza, alcançar uma maior igualdade, combater a fome e a mal nutrição e fortalecer a cobertura e a qualidade dos sistemas de saúde e de educação para garantir que ninguém seja deixado para trás.

Esses obstáculos destacados por Liu Zhenmin retratam a dificuldade que alguns países terão em atender aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável - ODS, em especial o ODS 11, que propõe tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

Destarte, aplicar o conceito de sustentabilidade no espaço urbano confere inúmeros desafios aos atores envolvidos, sejam eles, governantes, sociedade civil e/ou formadores de opinião. O espaço urbano, diferentemente de um espaço

⁵ Fonte: <https://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-chegar-a-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatorio-da-onu/>

corporativo, inclui mais atores e requer tomadas de decisão mais participativas e colaborativas, ou seja, inúmeros são os fatores que afetam os diferentes atores e estabelecer um consenso de ação para uma solução sustentável torna-se ainda mais complexo e desafiante. Além disso, a aplicação do conceito encontra dificuldades quando a retórica da sociedade não condiz com a sua prática, situação muito comum haja vista o status que o discurso sustentável promove aos seus clamadores.

Ignacy Sachs, formulador do conceito de ecodesenvolvimento, ao aprofundar seus estudos no Terceiro Mundo, se deparou com o crescimento urbano desordenado. Diante disso, Sachs destacou que a cidade deve ser tratada como um ecossistema, no qual seus recursos devem ser valorizados em benefício da população e administrados com responsabilidade, como, por exemplo, buscando alternativas para diminuir o consumo de energia, o acesso à água encanada, etc. (OLIVEIRA; MONTEIRO, 2015).

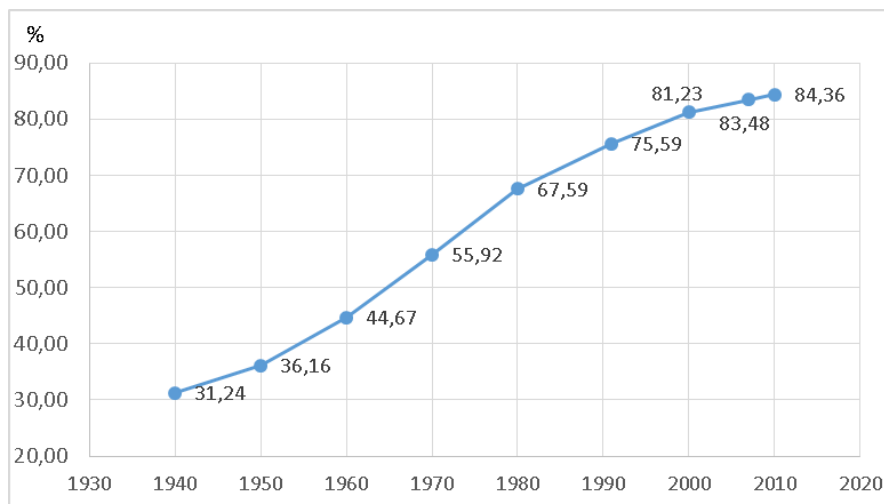
Em sendo assim, a formulação de políticas públicas que incentivem o desenvolvimento sustentável associadas a legislações que funcionem como prática institucional de estruturação das políticas em questão, compõe um arranjo de ação governamental essencial para o êxito na construção de sociedades sustentáveis.

2.2.1 A Urbanização

A urbanização - processo de transformação de uma área em um espaço com características urbanas -, se intensificou, no Brasil, a partir da década de 50, com o advento da industrialização, a qual deslocou parte da população rural para os centros urbanos em busca de melhores oportunidades de trabalho, assim como de acesso a serviços. As grandes escalas presentes nas cidades possibilitam o uso da energia com mais eficiência, assim como facilita a provisão de serviços de saúde, saneamento e educação, por exemplo. Por outro lado, a urbanização acelerada das últimas décadas, sem planejamento de ocupação, ocasionou crescimento desordenado nos centros urbanos, o qual, associado ao aumento de renda da população e do consumo de bens e serviços, resultou em uma série de problemas ambientais e sociais característicos da atualidade.

Abaixo seguem dados históricos da evolução da taxa de urbanização nacional nas últimas décadas:

Gráfico 1 - Taxa de Urbanização Nacional ao Longo do Tempo



Fonte: Elaboração própria a partir de dados extraídos do Censo demográfico 1940-2010 do IBGE.

No Brasil, segundo o Censo 2010, a região Sudeste é a mais urbanizada do país, apresentando um grau de urbanização de 92,9%, seguida pelas regiões Centro-Oeste (88,8%) e Sul (84,9%), enquanto as regiões Norte (73,5%) e Nordeste (73,1%) têm mais de 1/4 dos seus habitantes vivendo em áreas rurais. Rio de Janeiro (96,7%), Distrito Federal (96,6%) e São Paulo (95,9%) são as Unidades da Federação com maiores graus de urbanização. Os estados que possuem os menores percentuais de população vivendo em áreas urbanas estão concentrados nas regiões Norte e Nordeste, sendo que Maranhão (63,1%), Piauí (65,8%) e Pará (68,5%) apresentam os índices abaixo de 70%. Verifica-se que a urbanização está diretamente relacionada à atratividade dos ganhos de produtividade proporcionados pelos adensamentos populacionais, estes, originários, de modo geral, da prosperidade do comércio e da indústria local.

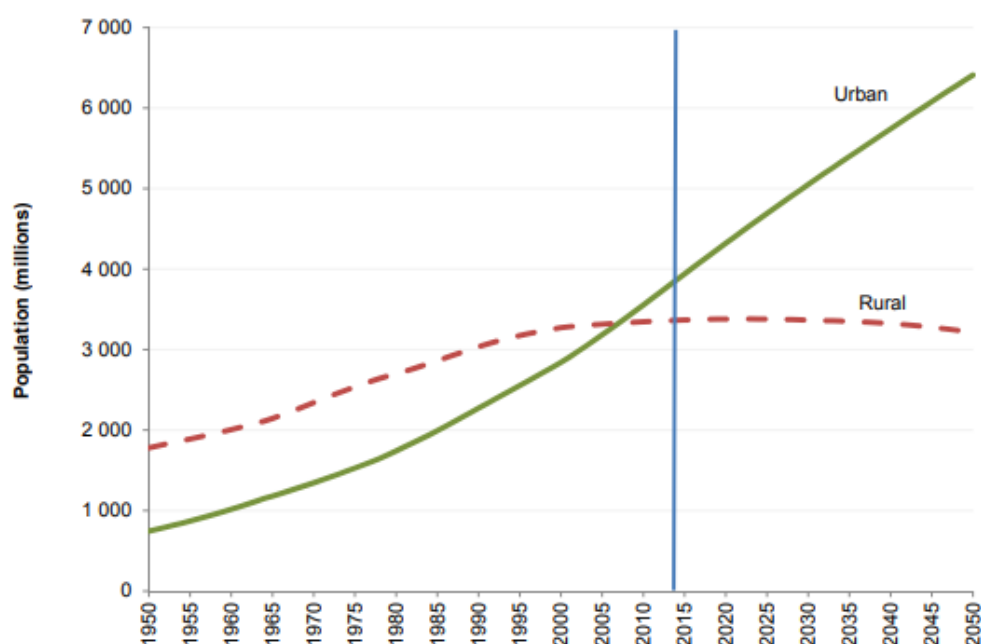
Cabe destacar que o IBGE apresentou, em 2017, nova tipologia para caracterização dos espaços urbanos e rurais, através da publicação *Classificação e Características dos espaços rurais e urbanos do Brasil*, na qual o Brasil é classificado como um “país menos urbano”, com 76% da população nacional vivendo em áreas urbanas e habitando apenas 26% do total de municípios brasileiros. A nova tipologia leva em conta a densidade demográfica, a localização em relação aos principais centros urbanos e o tamanho da população. A partir do cruzamento dessas variáveis, os municípios se classificariam em cinco tipos distintos: o urbano, o intermediário

adjacente, o intermediário remoto, o rural adjacente e o rural remoto (EBC, 2017). Essa proposição será apresentada no novo Censo do IBGE a ser divulgado em 2020.

A Nova Agenda Urbana (NAU), adotada por 167 países na Terceira Conferência das Nações Unidas sobre Habitação e Desenvolvimento Urbano Sustentável - Habitat III, realizada em 2016, tem como objetivo orientar a política global para a estratégia de urbanização sustentável pelos próximos 20 anos e, aponta que, até 2050, a população urbana do mundo irá praticamente dobrar, tornando a urbanização uma das tendências mais transformadoras do Século XXI (ONU, 2017).

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), em 2007, pela primeira vez na história, a população urbana mundial ultrapassou a população rural e desde então este cenário se mantém, vide gráfico a seguir:

Gráfico 2 - Populações Mundiais Urbana e Rural, 1950 - 2050



Fonte: ONU, 2014.

Em 1950 a população global urbana representava apenas 30% da população total (PBMC, 2016). A expectativa da ONU é que em 2050 a população mundial urbana represente dois terços da população mundial total, quase invertendo o quadro de 1950 no espaço de um século. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) aponta que essa expansão vai acontecer principalmente em países em desenvolvimento, que, em geral, não possuem a infraestrutura necessária para

suportar esse crescimento sem grandes impactos sociais e ambientais (IPCC, 2014 *apud* PBMC, 2016). No caso do Brasil, a previsão é de que a taxa de urbanização atinja 91% em 2050 (ONU, 2014).

Nos países desenvolvidos, o processo de industrialização passou por diferentes etapas (1ª, 2ª e 3ª Revoluções Industriais) e foi evoluindo gradativamente⁶, o que possibilitou a criação de infraestruturas urbanas para suporte e apoio à população que se deslocava das áreas rurais para os centros urbanos. Enquanto que nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, a industrialização ocorreu de modo mais acelerado, em curto espaço de tempo, o que resultou em uma urbanização mais rápida e desordenada.

2.2.2 A Urbanização Sustentável

O êxodo rural intenso associado à falta de planejamento urbano, característico dos países em desenvolvimento nas últimas décadas, gerou e gera, nos centros urbanos, áreas com alta densidade demográfica, representando um cenário de crescimento desordenado. Este cenário resulta em consequências a essas áreas e seus moradores, como:

- Dificuldade de acesso da população a serviços básicos, uma vez que a demanda cresceu mais rápido do que a capacidade de suporte do meio/oferta, o que pode ser exemplificado pela carência de água encanada em regiões mais periféricas;
- Perda da biodiversidade e pressão sobre os ecossistemas em função de padrões de produção e consumo insustentáveis; e,
- Problemáticas ambientais e sociais, como, tráfego intenso, poluição do ar (em especial a advinda das fontes móveis), poluição sonora, problemática de destinação e disposição adequada dos resíduos sólidos e efluentes líquidos, mudanças climáticas e seus riscos, marginalização social e econômica, dentre outras.

⁶ Fonte: <http://educacao.globo.com/geografia/assunto/urbanizacao/urbanizacao-mundial.html>

Desse modo, verifica-se que inúmeras são as ameaças que as cidades e assentamentos humanos enfrentam em virtude de uma urbanização não sustentável. Nesta era sem precedentes de crescente urbanização, no contexto da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável e do Acordo de Paris, a Nova Agenda Urbana entende que as cidades podem ser a fonte de soluções dos desafios enfrentados pelo mundo atualmente, em vez de sua causa. Se bem planejada e administrada, a urbanização pode ser uma poderosa ferramenta para o desenvolvimento sustentável, apresentando impacto direto sobre a sustentabilidade e a resiliência das cidades. (ONU, 2017)

A nível de Brasil, segundo ROLNIK (1997 apud SILVA, 2000, p.58):

Não é possível pensar uma política ambiental urbana nacional sem relacioná-la imediatamente a uma política social, pois a equação urbano-ambiental nas nossas cidades é absolutamente conectada com o tema da exclusão social. Isso se dá sobretudo devido ao contexto de extrema desigualdade econômica, social e política, no qual as nossas cidades se constituíram.

Como visão do que constituiria a urbanização sustentável, a NAU tem como base os seguintes princípios, segundo a ONU (2017):

(a) não deixar ninguém para trás, eliminando a pobreza em todas as suas formas e dimensões, incluindo a erradicação da pobreza extrema; assegurando direitos e oportunidades iguais, diversidade socioeconômica e cultural e integração ao espaço urbano; melhorando a habitabilidade, a educação, a segurança alimentar e a nutrição, a saúde e o bem-estar, inclusive por meio da eliminação de epidemias de HIV/AIDS, tuberculose e malária; promovendo a segurança e eliminando a discriminação e todas as formas de violência; garantindo a participação pública ao proporcionar acesso seguro e igualitário a todos e todas à infraestrutura física e social e aos serviços básicos, bem como à moradia adequada e economicamente acessível;

(b) assegurar economias sustentáveis e inclusivas, aproveitando os benefícios de aglomeração da urbanização bem planejada, incluindo alta produtividade, competitividade e inovação; promovendo emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos; garantir a criação de empregos decentes e acesso igualitário para todos a oportunidades e recursos econômicos

e produtivos; e impedir a especulação fundiária; promover a posse da terra segura e gerenciar a perda de densidade urbana, quando necessário;

(c) garantir a sustentabilidade ambiental, promovendo o uso de energias limpas e o uso sustentável da terra e dos recursos no desenvolvimento urbano; protegendo ecossistemas e a biodiversidade, favorecendo a adoção de estilos de vida saudáveis em harmonia com a natureza; promovendo padrões de consumo e produção sustentáveis; fortalecendo a resiliência urbana; reduzindo o risco de desastres; e propiciando a mitigação e a adaptação às mudanças climáticas.

Verifica-se que a NAU se baseia nas esferas social, econômica e ambiental para definir os princípios da urbanização sustentável e aponta que a sua implementação efetiva será baseada em:

[...] políticas urbanas inclusivas, implementáveis e participativas, conforme o caso, para potencializar o desenvolvimento urbano e territorial sustentável como parte das estratégias e planos integrados de desenvolvimento, com o apoio, quando aplicável, de estruturas regulatórias e institucionais nacionais, subnacionais e locais, assegurando que estejam devidamente interligadas a mecanismos de financiamento transparentes e responsáveis (ONU, 2017, p.23).

2.2.3 A Mudança Climática e a Mobilidade Urbana

A mudança climática é o maior e mais complexo problema ambiental da atualidade, tendo em vista seu escopo de abrangência global, e para a mitigação e adaptação dessa problemática e de seus respectivos impactos, o Acordo de Paris vem a cooperar globalmente para tal. Segundo o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMCI):

Os principais problemas envolvendo mudanças climáticas e cidades são o aumento de temperatura, aumento no nível do mar, ilhas de calor, inundações, escassez de água e alimentos, acidificação dos oceanos e eventos extremos. [...] Mudanças exacerbadas no ciclo hidrológico pelo aquecimento global tendem a acentuar os riscos existentes, tais como inundações, deslizamentos de terra, ondas de calor e limitações de fornecimento de água potável (PBMCI, 2016, p.11).

A vulnerabilidade de uma cidade, frente às mudanças climáticas, está relacionada, de forma inversamente proporcional, à sua resiliência. Um dos principais

fatores de redução da resiliência é a supressão vegetal, esta, desencadeada pelo crescimento urbano desenfreado, ou seja, por uma urbanização não sustentável. A supressão de ecossistemas assim como a queima de combustíveis fósseis são as principais fontes de emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE), os quais são capazes de absorver radiação na frequência do infravermelho, aprisionando calor na atmosfera, o que intensifica o efeito estufa e gera o aquecimento global.

O IPCC aponta que as emissões antropogênicas de GEE são provavelmente a principal causa do aumento da temperatura global desde meados do século XX e, portanto, a maior responsável pelo desequilíbrio ambiental vigente (IPCC, 2013 *apud* PBMC, 2016). Os centros urbanos são responsáveis pelo consumo de 70% da energia disponível e por aproximadamente 40% das emissões de GEE (ECF, 2014 *apud* PBMC, 2016), ou seja, as cidades são as principais contribuintes para essas emissões, assim como, são as principais afetadas por elas, já que concentram a maior parte da população mundial.

O CO₂ é o GEE mais abundante e, globalmente, tem origem principalmente na queima de combustíveis fósseis como carvão mineral, gás natural e petróleo, sendo, portanto, o setor de transportes o mais relevante neste aspecto (FIRJAN, 2017). Dentre o total de emissões de GEE associadas à matriz energética brasileira em 2018, 46,3% (192,7 milhões de toneladas de CO₂ equivalente)⁷ foram geradas pelo setor de transportes, sendo este também o setor que mais demanda energia (BEN, 2019). Os números das emissões de GEE nas cidades revela a maior participação das fontes móveis – veículos –, com 77 %, no caso do Rio de Janeiro, contra 23% de participação das fontes fixas (CUNHA et al., 2014).

Essa notoriedade do setor de transportes, quanto às emissões de CO₂ e à demanda por energia, pode ser melhor entendida quando se analisa a representatividade do modal rodoviário nas cidades brasileiras. Segundo a Fundação Dom Cabral (FDC), cerca de 76% dos serviços de transportes das principais empresas embarcadoras de carga do país ocorre via rodovias (FDC, 2017). O transporte de passageiros nas cidades brasileiras também é realizado majoritariamente pelo modal

⁷ Outros gases, como o Metano – CH₄ – também contribuem para o efeito estufa, e sua contribuição é medida em relação à contribuição do CO₂.

rodoviário, sendo o ônibus o principal meio de transporte público coletivo. Em termos de transporte individual, o automóvel é o principal meio de locomoção (ANTP, 2018). Dessa forma, verifica-se que o modal mais utilizado no país é também o de maior potencial de emissão de GEE, haja vista, principalmente, o intenso uso de combustíveis fósseis, como, os derivados do petróleo, gasolina e diesel.

Os meios de transporte não motorizados, como bicicletas e o andar a pé, apresentam baixa representatividade nacional, tendo em vista a pequena malha nacional de ciclovias e a falta da cultura do andar a pé. No contexto do Acordo de Paris, este cenário tem mudado, em especial, nas capitais, onde ciclovias têm sido desenvolvidas como forma sustentável de mobilidade urbana. Entretanto, cabe destacar que a falta de segurança nas cidades brasileiras também dificulta a adoção desses meios.

A prevalência do rodoviarismo vem, principalmente, do rumo da industrialização recente do Brasil, que teve, a partir dos anos 50, a indústria automobilística como um dos seus principais pilares. Esta indústria, assim como o setor de transportes, exerce forte influência na esfera política em favor de seus interesses, o que explica, em parte, a lentidão com que os sistemas ferroviários – trens, metrô, veículos leves sobre trilhos (VLTs) – e aquaviários – o transporte de cargas e passageiros por barcas, catamarãs, navios e embarcações para a navegação fluvial, lacustre e de cabotagem – não tenha se desenvolvido plenamente no Brasil. O fato de que as cidades brasileiras, em sua maioria⁸, não tenham tido sua concepção e seu desenvolvimento planejados é um fator importante que explica o não desenvolvimento ou o desenvolvimento tardio de ciclovias e vias para o andar a pé.

Outro fato a destacar é que os países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, tendem a ser mais afetados por não terem sistemas urbanos de infraestrutura adaptados e resilientes às pressões climáticas. Setores interdependentes entre si, como, os setores de água, saneamento, energia e transporte, podem ser ainda mais afetados, se considerar que grande parte da população nacional é desprovida de

⁸ Mesmo no caso de cidades planejadas, como Brasília e Belo Horizonte, houve o predomínio da adoção de soluções rodoviárias para a mobilidade urbana.

serviços básicos de saneamento, que o tráfego das vias urbanas é caótico e a segurança energética está constantemente em discussão (PBMC, 2016).

O documento “O Futuro que Queremos”, fruto da Rio +20, traz em seu artigo 134 a importância das cidades para um futuro sustentável e reconhece que a mobilidade é um tema central para o desenvolvimento sustentável, uma vez que o transporte sustentável auxilia no crescimento econômico e na acessibilidade sendo, portanto, um meio de se atingir a equidade social, melhorar a saúde e resiliência das cidades (KAHN, 2015, p.4).

A expectativa, caso nada seja feito para reverter, é que o setor de transporte tenha a maior taxa de crescimento das emissões de CO₂ comparado com os demais setores que usam energia (KAHN, 2015, p.5). Para reversão dessa tendência do setor de transportes, cabe ao poder público a formulação e implementação de políticas que promovam a mobilidade sustentável. Segundo o PBMC (2016), a busca por um sistema de transporte adequado a uma nova realidade inclui novas tecnologias, tanto de veículos como combustíveis e infraestrutura, mas também novas práticas e padrões de consumo. E para a eficácia dessas medidas é preciso que o governo monitore, por exemplo, por meio do uso de indicadores que forneçam transparência e representatividade.

Outro fator relevante a ser considerado na promoção da sustentabilidade urbana é a ordenação do solo, a qual retrata a segregação social e espacial de uma cidade, onde a distribuição social no espaço urbano está diretamente relacionada ao modelo de distribuição das acessibilidades e localizações (SILVA, 2000). Segundo VILLAÇA (1998, apud SILVA, 2000, p.61), “As classes sociais disputam vantagens do espaço, e a vantagem mais disputada é a localização ‘pura’”, ou seja, os moradores da cidade com melhor acessibilidade serão os que mais usufruirão dos serviços ofertados pelo centro urbano.

Tanto a mobilidade urbana, quanto a ordenação do solo nacionais não foram planejadas em consonância com a real demanda populacional, o que resulta em impactos negativos à sociedade e ao meio ambiente. No caso de cidades brasileiras que tiveram um planejamento urbano prévio às suas construções, como, Brasília e Belo Horizonte, o crescimento populacional urbano nessas acabou sendo maior do

que o esperado e, portanto, a infraestrutura necessária para atendimento desta crescente demanda não foi desenvolvida, o que também resultou em problemáticas características de uma urbanização não sustentável.

Apesar de existir o zoneamento das cidades, contemplados em seus planos diretores, essa lógica é por vezes violada por situações que fogem do controle e interesse do mercado, configurando, em geral, “as ocupações informais que se consolidam alheias aos processos de regulamentações urbanísticas” (SILVA, 2000, p.62). Vale destacar os riscos a que essas ocupações são submetidas, tanto riscos à saúde humana dos residentes, quanto ambientais, já que muitas vezes esses assentamentos são instalados em áreas de proteção ambiental, não apresentando qualquer estabilidade física no terreno. É o caso das favelas localizadas em encostas, margens de rios e canais. Os impactos decorrentes dessas estruturas são a não absorção da água da chuva, por exemplo, facilitando a ocorrência de inundações, a contaminação do solo e das águas, como resultado da ausência de esgotamento sanitário, além dos riscos à saúde e à vida.

Essa realidade urbanística informal, a qual não está inserida nos moldes legais, traz à tona a importância de se mensurar, por meio de indicadores, o grau de segregação social e espacial a que a população é submetida, como forma de servir de instrumento político de monitoramento e por conseguinte de construção e fortalecimento da cidadania. A partir da mensuração da realidade, torna-se possível formular políticas públicas que, por exemplo, promovam a acessibilidade sustentável a fim de minimizar a urbanização desordenada.

Tendo em vista que o aumento da população urbana ocorrerá basicamente nos países em desenvolvimento, o que significa provável carência de suporte estrutural para atendimento à demanda, é importante atentar para como a política de planejamento urbano será implementada, pois o resultado pode ser positivo, se adotado um modelo de urbanização sustentável, ou, negativo se mantido o crescimento desordenado (KAHN, 2015).

2.2.4 Contexto Nacional Legislativo da Mobilidade Urbana

O direito à mobilidade urbana é garantido pelo Estatuto das Cidades (Lei Nacional 10.257/2001), o qual regula o uso da propriedade urbana em prol do bem

coletivo, da segurança e do bem estar dos cidadãos, assim como do equilíbrio ambiental. O Estatuto define que cidades com mais de 500 mil habitantes devem elaborar seu Plano de Transporte Urbano Integrado compatível com o seu Plano Diretor ou nele inserido.

Em 2012 foi editada a Lei de Diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei 12.587/2012), a qual estabeleceu a obrigatoriedade para todos os municípios brasileiros com mais de vinte mil habitantes a elaborar um Plano de Mobilidade Urbana – PMU, integrado e compatível com o seu Plano Diretor ou nele inserido, e a qual deve servir de referência para toda e qualquer política de mobilidade urbana do país, seja a nível municipal ou estadual, no que tange os objetivos, os princípios e as diretrizes, vide descritivos a seguir:

Objetivos:

- I – Reduzir as desigualdades e promover a inclusão social;
- II – Promover o acesso aos serviços básicos e equipamentos sociais;
- III – Proporcionar melhoria nas condições urbanas da população no que se refere à acessibilidade e à mobilidade;
- IV – Promover o desenvolvimento sustentável com a mitigação dos custos ambientais e socioeconômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas nas cidades; e
- V – Consolidar a gestão democrática como instrumento e garantia da construção contínua do aprimoramento da mobilidade urbana.

Princípios:

- I – Acessibilidade universal;
- II – Desenvolvimento sustentável das cidades, nas dimensões socioeconômicas e ambientais;
- III – Equidade no acesso dos cidadãos ao transporte coletivo público;

IV – Eficiência, eficácia e efetividade na prestação dos serviços de transporte urbano;

V – Gestão democrática e controle social no planejamento e avaliação da política pública de mobilidade;

VI – Segurança no deslocamento das pessoas;

VII – Justa distribuição dos benefícios e ônus decorrentes do uso dos diferentes modos e serviços;

VIII – Equidade no uso do espaço público de circulação, vias e logradouros;
e

IX – Eficiência, eficácia e efetividade na circulação urbana.

Diretrizes:

I – Integração com a política de desenvolvimento urbano e respectivas políticas setoriais de habitação, saneamento básico, planejamento e gestão do uso do solo no âmbito dos entes federativos;

II – Prioridade dos modos de transportes não motorizados sobre os motorizados e dos serviços de transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado;

III – Integração entre os modos e serviços de transporte urbano;

IV – Mitigação dos custos ambientais, sociais e econômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas na cidade;

V – Incentivo ao desenvolvimento científico-tecnológico e ao uso de energias renováveis e menos poluentes;

VI – Priorização de projetos de transporte público coletivo estruturadores do território e indutores do desenvolvimento urbano integrado; e

VII – Integração entre as cidades gêmeas localizadas na faixa de fronteira com outros países sobre a linha divisória internacional.

Destarte, segundo informações disponibilizadas no site⁹ do Ministério Público do Paraná, a mobilidade urbana deve ser tratada de maneira integrada à gestão urbanística estratégica e participativa, buscando o pleno desenvolvimento das funções sociais das cidades e da propriedade urbana e o bem-estar das pessoas, de modo sustentável - econômico, social e ambientalmente.

Diante deste breve panorama legislativo acerca da mobilidade urbana e das diretrizes que contemplam as políticas, verifica-se que os indicadores e os índices possuem importante papel para se entender as características do cenário atual do setor de transporte de modo a auxiliar nas tomadas de decisão capazes de transformar em sustentável o espaço urbano em análise.

2.3 DESAFIOS DA SUSTENTABILIDADE URBANA

A sustentabilidade urbana, enquanto condição a ser permanentemente construída, encontra, na prática, uma série de fatores que dificultam a sua implementação e evolução, tanto de cunho ambiental, econômico, político e institucional, quanto cultural. Neste capítulo são abordadas as dificuldades relativas às esferas ambiental, política/institucional e econômica.

Em termos ambientais, as limitações decorrentes do uso dos recursos da natureza ocorrem em virtude de dois fatores, manutenção da atividade econômica e manutenção da qualidade de vida (BINSWANGER, 1997 apud SILVA, 2000).

Em relação ao primeiro fator, um dos desafios diz respeito ao gerenciamento dos recursos naturais renováveis, uma vez que este deve ocorrer de modo a não esgotar o recurso e a garantir a sua capacidade de regeneração; outro desafio, mais complexo, se refere ao gerenciamento dos recursos naturais não renováveis, uma vez que o uso do recurso irá requerer cautela a fim de não exauri-lo da natureza, associado à necessidade de se estudar a viabilidade de substituição do mesmo por um recurso que seja renovável. Em resumo, o desafio aqui é manter a atividade

⁹ Site do Ministério Público do Paraná: <http://www.urbanismo.mppr.mp.br/pagina-4.html>

econômica em plena função, desde que a exploração dos recursos não signifique uma considerável depleção dos mesmos nem o seu esgotamento.

O segundo fator, manutenção da qualidade de vida da sociedade, diz respeito ao bem estar físico e mental dos seres humanos, o que remete a uma série de implicações, como prevenção da poluição, redução da geração de resíduos e emissões, dentre outras; estas, necessárias, porém não suficientes à manutenção da qualidade de vida da sociedade, já que o bem estar do homem demanda exigências de outros teores, como, por exemplo, social e cultural (SILVA, 2000).

A respeito do gerenciamento de recursos não renováveis, a substituição deste tipo de recurso por um que seja renovável, requer que uma série de questões sejam validadas previamente, como, a viabilidade tecnológica e ambiental, além do interesse de mercado em concretizar essa alteração de insumo. Em termos de lógica de mercado, as empresas que fazem uso desses recursos não renováveis podem, por interesse próprio, dedicar esforços para não viabilizar esta substituição.

A sustentabilidade urbano-ambiental não diz respeito somente ao uso dos recursos da natureza, mas também à reciclagem e o desafio aqui é a reciclagem completa dos materiais, considerada por muitos, segundo SILVA (2000), como inatingível, o que resulta em fazer-se necessário a adoção de uma forma de compensação adicional para a parcela do elemento disperso. Apesar de todo o desenvolvimento tecnológico ocorrido nos últimos dois séculos, ainda não se dominam os meios para quantificar cientificamente o grau de escassez dos recursos naturais, situação a qual traz incertezas a respeito do atual e real estado de depleção em que a humanidade se encontra (SILVA, 2000). Este é mais um motivo para a sociedade rever o seu modo de produção a partir do gerenciamento consciente dos recursos da natureza e da reciclagem dos materiais.

Além desses desafios relativos ao gerenciamento dos recursos naturais, os desempenhos das instituições estatais e da economia de mercado, geralmente, têm se pautado por ações que também não contribuem à construção de um espaço urbano sustentável.

Segundo GODARD (1997 apud SILVA, 2000, p.85):

[...]as administrações públicas apresentam algumas insuficiências em relação à gestão de seus territórios, que poderiam ser sintetizadas em dois conjuntos principais de problemas. O primeiro seria a fragmentação originada na forma como tem se dado a setorialização da ação administrativa. Os mecanismos tradicionalmente existentes de coordenação e integração não têm compensado de forma suficiente esta fragilidade. O segundo seria a inadequação territorial, em face à perspectiva de uma gestão integrada dos recursos e meios naturais.

O desafio aqui é como a administração pública irá gerir sustentavelmente o território de uma cidade, espacialmente falando, uma vez que o instrumento de planejamento urbano não considera o crescimento populacional desordenado com seus assentamentos informais, estes, não contemplados por regulamentações.

Em relação aos desafios oriundos da economia de mercado, um dos grandes entraves diz respeito aos processos produtivos que, geralmente, se baseiam na externalização dos custos sociais e ambientais e na internalização dos benefícios (SILVA, 2000). Ou seja, aspectos como poluição do ar não são considerados, no caso geral, no custo de comercialização de um determinado produto/atividade. Além disso, o desenvolvimento da tecnologia se dá, geralmente, com base nos interesses dos detentores do capital. As soluções de políticas públicas mais usuais para fazer frente a essa distorção são as políticas de comando e controle, que estabelecem limites que devem ser respeitados compulsoriamente, e as políticas econômicas, que impõem taxas e impostos sobre os agentes poluentes, visando induzi-los a adequarem-se aos padrões desejados. Outras políticas presentes são a política tecnológica, que pode oferecer subsídios para o desenvolvimento de tecnologias voltadas para a redução de emissões, por exemplo, e as políticas de certificação, com a oferta de selos que atestam o bom desempenho ambiental de um produto. A combinação dessas políticas é uma prática frequente.

Outra limitação econômica, segundo Marcuse (1998 apud SILVA, 2000), ocorre em virtude da possibilidade de incorporação de determinados padrões ambientais pelo mercado, que passaria a negociá-los como mercadoria e que, portanto, levaria alguém a lucrar com a possibilidade de fornecimento desses padrões. Diante do risco de ocorrência dessa mercantilização ambiental, Marcuse ventila a possibilidade de serem encaminhadas soluções para os problemas físicos do meio ambiente tais como a degradação ambiental e o aquecimento global, por exemplo, sem que com isso se

garantam mudanças socialmente justas. Fato que pode ser exemplificado pela exclusão da população de baixa renda quando algumas medidas protecionistas ao meio ambiente são impostas à sociedade, como, a precificação da água ou a imposição de pagamento de impostos elevados e exigências técnicas para a construção de casas em encostas para moradia.

Outro fator importante a ser considerado, sob o viés econômico, é a evolução da paisagem de ordenação do solo de uma cidade, na qual ao passo que a urbanização e o desenvolvimento emergem, novos espaços urbanísticos vão se abrindo e aqueles antigos vão perdendo seu valor e atenção perante o Estado, tornando-se não só um problema para a busca de uma sociedade sustentável, mas também, um problema social (CALIXTO, 2019). Isso se torna um desafio econômico a ser intermediado pelas leis de zoneamento, que precisarão contemplar essas áreas não mais tão atrativas em um processo de reestruturação do uso do solo (CALIXTO, 2019).

Destarte, para alcançar a ideia de sustentabilidade urbana:

[...]as cidades devem ser analisadas como um sistema integrado, como um ecossistema dentro da qual todos os elementos e processos do ambiente são interrelacionados e interdependentes, como, por exemplo, no que se refere às políticas de reciclagem, de métodos de transporte alternativos aos dependentes de petróleo, a gestão de tratamento de esgotos, entre outros (SILVA e VARGAS, 2010 apud CALIXTO, 2019, p.2).

Além disso, desenvolver a condição de sustentabilidade urbana é um desafio para as cidades no que diz respeito à promoção da justiça social e à busca pelo meio ambiente ecologicamente equilibrado, ainda que em detrimento das inviabilidades econômicas apontadas por setores detentores do capital (CALIXTO, 2019).

Diante da complexidade de aplicabilidade dos princípios inerente às esferas que compõem o termo sustentabilidade, em especial, quando este é aplicado ao espaço urbano, tem-se como solução para conhecimento da realidade urbanística do local a ser estudado o uso de instrumentos de avaliação e monitoramento, como, os indicadores de sustentabilidade. A partir das informações sistematizadas, será possível formular e implementar políticas, programas e regulamentações de promoção da sustentabilidade mais coerentes com as dificuldades e os potenciais daquela cidade.

3 INDICADORES E ÍNDICES

3.1 DEFINIÇÕES PARA INDICADORES E ÍNDICES

O uso de indicadores e índices para fins econômicos se configura como uma forma eficiente de avaliação do cenário econômico, assim como, para balizamento de decisões e previsões de cenários futuros por meio da tendência desses instrumentos.

O diferencial das últimas décadas consiste na relevância que o termo sustentabilidade vem adquirindo mundialmente em um contexto de intensa urbanização, o que traz à tona a necessidade de se quantificar e avaliar a aplicabilidade do termo no espaço urbano.

O desenvolvimento de estatísticas ambientais surgiu logo após a Conferência de Estocolmo, em 1972, durante as conferências realizadas por estatísticos europeus, que já tratavam da complexidade inerente à formulação dos indicadores ambientais (MUELLER, 1991 apud SILVA, 2000). Durante a década seguinte, em 1987, ocorreu a publicação do Relatório Brundtland, o qual apresentava uma lista de atribuições do PNUMA, dentre as quais cabe destacar a seguinte: “...estabelecer critérios e indicadores para os padrões de qualidade ambiental, assim como diretrizes para o uso e a administração sustentáveis dos recursos naturais; ...” (CMMAD, 1991 apud SILVA, 2000, p.106).

Em 1992, vale ressaltar a divulgação da Agenda 21 durante a ECO-92, a qual também abordou a importância dos indicadores e os denominou de indicadores de desenvolvimento sustentável, conforme seu artigo 40 explicitado abaixo:

Os indicadores comumente utilizados, como o produto interno bruto (PIB) ou as medições das correntes individuais de contaminação ou de recursos, não dão indicações precisas de sustentabilidade. Os métodos de avaliação da interação entre diversos parâmetros setoriais do meio ambiente e o desenvolvimento são imperfeitos ou se aplicam deficientemente. É preciso elaborar indicadores de desenvolvimento sustentável que sirvam de base sólida para adotar decisões em todos os níveis, e que contribuam a uma sustentabilidade autorregulada dos sistemas integrados do meio ambiente e o desenvolvimento (CNUMAD, 1996 apud SILVA, 2000, p.107).

Segundo SHENG (1997 apud SILVA, 2000, p.102):

Se desejamos (o que, como sociedade, temos expressado) construir uma sociedade sustentável do ponto de vista ecológico, social e econômico, deve-se atribuir menos importância ao papel do PIB e da renda nacional na formulação de políticas e alargar o uso de indicadores sociais e ambientais.

Todavia, cabe destacar que formular e fazer uso de indicadores que considerem aspectos socioambientais é de maior complexidade do que de indicadores econômicos, os quais tendem a ser mais específicos e objetivos.

Em relação à conceituação dos termos indicador e índice, existe, de modo superficial, uma equivalência entre os mesmos, os quais são utilizados por muitos autores como sinônimos. Porém, neste trabalho diferenciaremos um do outro, segundo definições abordadas por SICHE e outros (2007), de modo que índice é o valor agregado final de todo um procedimento de cálculo onde se utilizam dados primários e/ou indicadores como variáveis que o compõem, sendo que o mesmo pode se transformar no componente de outro índice. Já o termo indicador é um parâmetro selecionado e considerado isoladamente ou em combinação com outros para refletir sobre as condições do sistema em análise. Normalmente um indicador é utilizado como um pré-tratamento aos dados originais.

Para a caracterização dos indicadores e índices, é necessário que se estabeleçam os objetivos dos mesmos, de modo que estes servirão de base para a definição dos critérios e métodos que embasam a sua formulação, das suas escalas espaciais de abrangência e atuação, do perfil dos usuários e formuladores dessas informações e das limitações inerentes ao processo (SILVA, 2000).

Durante a Conferência dos Estatísticos Europeus na década de 70, algumas características foram definidas para os indicadores, as quais valem até os dias de hoje, como:

1. atender de forma adequada às necessidades de informações relativas à condição ambiental para a qual a descrição foi criada;
2. contar com o consenso dos usuários a respeito de sua eficácia em exprimir tal situação ambiental;
3. manter, no tempo, a capacidade de refletir a condição ambiental em questão. Para garantir a comparabilidade da série temporal, um indicador deve ser suficientemente robusto para evitar mudanças conceituais e metodológicas significantes ao longo do tempo; e

4. não deve ser excessivamente sintético procurando-se evitar o esquema do indicador único (NAHAS, 1998 apud SILVA, 2000, p.119).

Ademais, para o contexto da sustentabilidade, alguns critérios foram adicionados por MITCHEL (1996 apud SILVA, 2000, p.120-121) como sendo cruciais para a formulação de indicadores de sustentabilidade, sendo eles: “sensíveis às alterações de espaço e de grupos sociais; e identificação das metas e tendências que indiquem uma evolução para uma sustentabilidade desejável”.

Já os índices, segundo o Ministério do Meio Ambiente da Espanha (1996 apud SILVA, 2000), possuem as mesmas características que os indicadores, porém com algumas especificidades, por exemplo, são considerados como adimensionais pelo fato do índice representar uma fusão de informações com diferentes unidades de medida em uma única expressão de valor (“adimensional”); além de terem um caráter social mais acentuado devido à aleatoriedade que permeia as suas ponderações, as quais dependem do posicionamento dos seus formuladores em relação aos valores estipulados para os componentes dos índices.

Desse modo, verifica-se que ao se optar pelo uso de um índice ao invés de um indicador, o formulador/usuário terá como resultado uma informação que possui maior potencial de síntese, mas, por outro lado, poderá ser um resultado mais subjetivo, haja vista o maior feito de escolhas e prioridades durante o processo de construção do índice.

Índices ou indicadores funcionam como instrumento de avaliação de um sistema selecionado, uma vez que retratam o atual cenário; porém, ao se considerar que os sistemas são dinâmicos, esses instrumentos podem, por ocasião, não considerar algumas inovações, por exemplo, de cunho tecnológico. Além disso, críticas também são tecidas por simplificarem em valores uma série de parâmetros complexos e dinâmicos.

Assim, para melhor representação do cenário real, a manipulação dos dados originais deve ser baseada em métodos transparentes e consistentes, além de compatíveis com os objetivos do projeto (SILVA, 2000, p.112). E, para uma avaliação contínua e eficiente do dado sistema em análise, notoriedade deve ser dada ao

monitoramento dos indicadores e/ou índices e à atualização dos dados de entrada, conforme a necessidade.

3.2 IMPORTÂNCIA DOS INDICADORES E ÍNDICES AMBIENTAIS

Independentemente da adjetivação dos indicadores ou índices, sejam eles ambientais, de sustentabilidade ou de desenvolvimento sustentável, verifica-se, nas últimas décadas, a relevância dos mesmos no cenário internacional no que tange o seu papel de instrumento de apoio às tomadas de decisões de governos e/ou de sociedades, uma vez que atuam como ferramentas de conhecimento da realidade e da sua tendência de evolução. Entende-se que não mais uma cidade/região/país pode ser avaliado exclusivamente pelos seus aspectos econômicos, mas sim por uma avaliação integrada dos fatores econômicos, sociais, políticos e ambientais, ou, ao que se nomearia sob a ótica da sustentabilidade.

A nível de Brasil, tem-se um contexto de abundância de recursos naturais, forte aparato legal para garantia da proteção e conservação ambiental, fraca fiscalização do cumprimento legal, acentuada desigualdade social, urbanização desordenada, valorização da lógica de mercado, a qual não considera as externalidades socioambientais, além da presença de interesses políticos e de grandes *players* do mercado que perpassam o artigo 225 da Constituição federal de 1988, o qual afirma que:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Diante deste cenário nacional, onde a busca por uma sociedade sustentável encontrará uma série de dificuldades em diferentes esferas, o enfoque deste trabalho será dado às questões de cunho ambiental, pois acredita-se que o crescimento econômico deve ser balizado pela conservação do meio ambiente, uma vez que um dos maiores problemas globais da atualidade é a mudança climática, a qual, se não tratada com devida atenção, pode pôr em risco não só a fauna e a flora, mas a sustentação da economia e a sobrevivência da espécie humana, por exemplo, por meio do agravamento de doenças respiratórias. Apesar do enfoque ser ambiental verifica-se que uma problemática, como, a mudança do clima, tem impacto sobre as

outras dimensões, econômica e social, uma vez que as esferas do tripé da sustentabilidade estão frequentemente correlacionadas.

Para avaliação do atual e real cenário ambiental de um espaço urbano, alguns indicadores e índices são formulados para tal, e dentre os existentes, vale destacar o índice Pegada Ecológica ou EF (do inglês *Ecological Footprint*)¹⁰, o índice de Sustentabilidade Ambiental ou ESI (do inglês *Environmental Sustainability Index*)¹¹ e o conjunto de indicadores da *Agenda 21*¹², os quais propiciaram, desde seus surgimentos, grande ganho para a sociedade global por meio da acurácia em avaliação de sistemas.

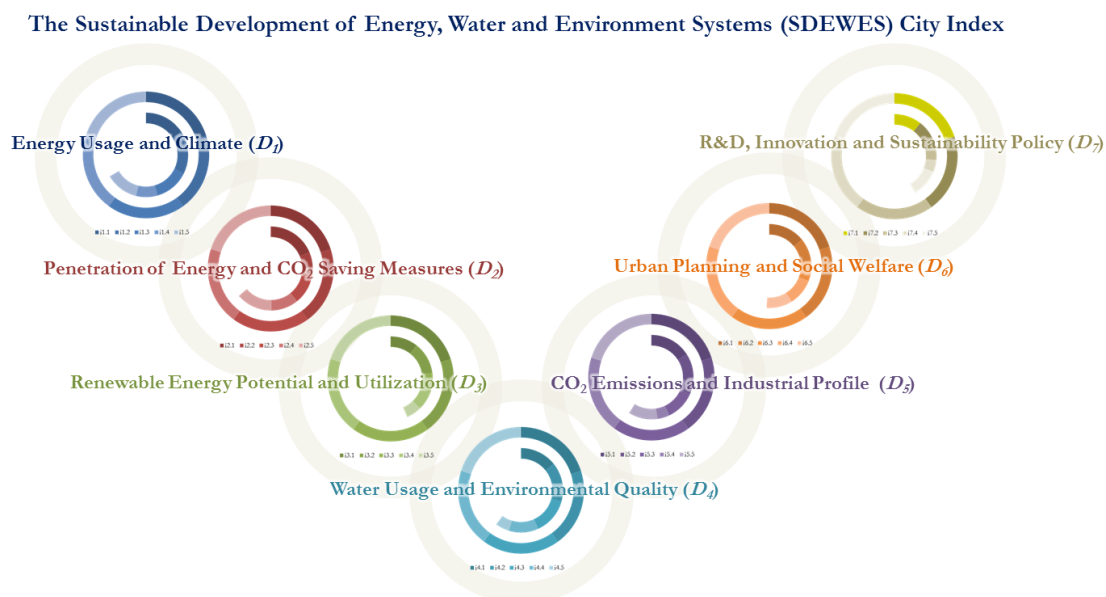
Em se tratando de sustentabilidade urbana, existem sistemas de indicadores e índices específicos para sua avaliação global envolvendo diversos aspectos, como, taxa de desemprego, taxa de crescimento populacional, emissões de GEE, cobertura vegetal, proporção do lixo tratado, ruído, mobilidade, consumo de combustíveis fósseis, PIB per capita, dentre muitos outros. Corriqueiramente são atribuídos pesos aos impactos de cada aspecto tendo como resultado final uma “nota” única para cada localidade analisada, com o cálculo de uma média ponderada. Merece destaque o índice *Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems* (SDEWES), o qual foi aplicado a 120 cidades da Europa, bem como da África, Ásia e das Américas com base em 7 dimensões, 35 indicadores principais e cerca de 25 subindicadores. As dimensões que definem o índice podem ser visualizadas na figura abaixo:

¹⁰ O objetivo deste índice é calcular a área de ecossistema (terra ou água) produtiva necessária para a produção e a manutenção de bens e serviços consumidos por uma determinada comunidade, assim como a absorção dos resíduos correspondentes. O EF não trabalha com índices ou indicadores intermediários, pois utiliza somente os dados primários e agregados para obter o índice final. (SICHE, et al., 2007)

¹¹ O ESI é calculado a partir de um conjunto de 21 indicadores ambientais, macroeconômicos e sociais. Utiliza uma enorme quantidade de dados primários para obter as variáveis (dados agregados + sub-indicadores) e os indicadores. Em seguida, os indicadores, separados em dimensões (sub-índices), são agregados para obter o índice final. O ESI utiliza a EF como uma de suas componentes de cálculo. Há controvérsias em relação ao uso do ESI por este apresentar, por exemplo, os EUA com resultado positivo, apesar do mesmo ter grande contribuição na poluição do planeta Terra. (SICHE, et al., 2007)

¹² Os indicadores da Agenda 21 buscam integrar, de maneira equilibrada, questões relativas ao meio ambiente e ao desenvolvimento e permitem, em um primeiro momento, realizar comparações entre os diversos países signatários da Agenda 21. No entanto, fica a critério de cada instituição governamental, o emprego destes indicadores em diferentes níveis em cada país, e a elaboração de Agendas Locais visando o desenvolvimento sustentável. Este sistema é composto por 132 indicadores relacionados de forma direta aos 40 capítulos que compõem a Agenda 21, classificados nas categorias social, econômica, ambiental e institucional. (Costa, 2003)

Figura 3 - Dimensões do Índice SDEWES



Fonte: SDEWES Centre.

Tendo em vista o contexto nacional de urbanização desordenada e a ameaça global das mudanças climáticas, tem-se como alternativa de auxílio a uma ocupação do solo mais ordenada e à redução das emissões de GEE, o incentivo ao transporte sustentável, uma vez que a mobilidade tem a capacidade de promover a acessibilidade, melhorando uma série de aspectos sociais, como a marginalização social, além de impulsionar a economia e, neste caso, se tratando de uma mobilidade urbana sustentável, cooperar consideravelmente para com a mitigação das mudanças climáticas.

Em relação ao setor de transporte, dentre as dimensões retratadas na figura acima, algumas trazem indicadores e sub-indicadores de mensuração das características e impactos referentes ao setor em questão, como, o uso de energia do setor de transporte (dimensão D1), a densidade da rede do transporte público, através, por exemplo, da quantificação das estações de compartilhamento de bicicletas (dimensão D2), o uso de energia limpa pelo setor (dimensão D3) e as emissões de CO₂ oriundas dos transportes (dimensão D5).

Em sendo assim, para incentivo ao transporte sustentável em um contexto de busca pela sustentabilidade urbana, faz-se necessário o conhecimento da realidade do setor, por exemplo, em relação ao atual consumo de combustíveis fósseis e, para

isso, o uso de indicadores e índices é oportuno para identificação das potencialidades e fragilidades do setor, as quais servirão de base, a posteriori, para a formulação de políticas públicas e regulamentações direcionadas.

3.3 APLICABILIDADES E LIMITAÇÕES DOS INDICADORES E ÍNDICES AMBIENTAIS

O uso de indicadores e índices ambientais é oportuno para avaliação de um dado sistema urbano, porém é questionado por diversos autores devido a uma série de fatores que envolvem a sua formulação e utilização.

Segundo SILVA (2000, p.139):

Os riscos na formulação de indicadores/índices se apresentam tanto pelo lado da complexidade, inerente às medições ambientais, como pela simplificação que é necessária para que sejam compreensíveis e comunicativos para a sociedade que vai utilizá-los.

Essa complexidade pode ser exemplificada pela dificuldade de obtenção de dados ambientais ideais, o que resultaria na adoção de outros dados, por ora, inadequados para o propósito do instrumento formulado. Em relação à simplificação das informações, críticas são tecidas ao fato de que informações possam ser perdidas nesse processo de adensamento, mas, por outro lado, segundo MITCHELL (1996 *apud* SILVA, 2000), acredita-se que se o índice/indicador for formulado apropriadamente (isto é compatibilizando propósito com dados coerentes), a informação perdida não deverá provocar grave distorção nas respostas às questões que se busca responder.

Já os riscos na utilização desses instrumentos dizem respeito à não coerência entre a finalidade do índice/indicador e a aplicação do mesmo, sendo, portanto, essencial entender o propósito daquele instrumento de avaliação, ou seja, o quê ele busca responder, assim como o quê o usuário espera como resposta.

Segundo SICHE e outros (2007), algumas das principais vantagens e limitações dos índices de sustentabilidade em geral, mas que também se aplicam aos indicadores, encontram-se descritas no quadro abaixo:

Quadro 1 - Vantagens e Limitações dos Índices de Sustentabilidade

Vantagens	Limitações
Avaliação dos níveis de sustentabilidade	Subestima a informação associada à sustentabilidade
Capacidade de sintetizar a informação de caráter técnico/científico	Dificuldades na definição de expressões matemáticas que melhor traduzem os parâmetros selecionados
Identificação das variáveis-chave do sistema	Perda de informação nos processos de junção dos dados
Facilidade de transmitir a informação	Diferentes critérios na definição dos limites de variação
Bom instrumento de apoio à decisão e aos processos de gestão ambiental	Complexidade nos cálculos para chegar ao índice final
Sublinhar a existência de tendências pressagiadoras	Dificuldades na aplicação em determinadas áreas como o ordenamento do território e a paisagem

Fonte: Modificado de SICHE, Raúl et al. (2007).

Além do potencial de cunho técnico/científico que os indicadores e índices apresentam, os mesmos têm a capacidade de se transformarem em agentes catalisadores de movimentos sociais participativos, uma vez que “podem corresponder aos anseios de leitura de uma dada realidade, contribuindo na ampliação perceptiva que uma sociedade requer para pleitear a sua transformação” (SILVA, 2000, p.247).

Independentemente das limitações que os instrumentos de avaliação aqui abordados possam trazer, estes representam formas eficientes de mensuração e por conseguinte avaliação de um dado sistema urbano, servindo como ferramentas relevantes no apoio a tomadas de decisão. Todavia, SILVA (2000) destaca que a implementação de indicadores ou índices para avaliação e monitoramento de um sistema encontra as maiores dificuldades não nos aspectos conceituais ou estatísticos, mas sim nos problemas institucionais que impossibilitam a sua adequada utilização. Segundo NAREDO (1999 *apud* SILVA, 2000, p. 89):

Não cabe modificar o modelo atual de urbanização dominante com simples planejamentos técnicos e científicos, se não se modificar também o ‘status quo’ mental e institucional que o gerou. A racionalização dos problemas é condição necessária, mas também requerem transformações nas atitudes e nas instituições, suficientemente capazes de fornecer os meios para resolvê-los.

4 SELEÇÃO DOS INDICADORES E ÍNDICES DE MOBILIDADE URBANA

Nesse contexto de incentivo ao transporte sustentável como forma de mitigação das mudanças climáticas, de promoção da ocupação do solo mais ordenada, de melhoria da acessibilidade e do impulsionamento da economia, tem-se como ação, a priori, a necessidade de conhecimento das características do setor por meio do uso de indicadores e índices de mobilidade urbana. O uso desses instrumentos de avaliação é que irá permitir identificar as potencialidades e as fragilidades do setor de transporte em relação aos parâmetros de sustentabilidade para que então, diante deste panorama conhecido, se possa formular e implementar políticas públicas e regulamentações direcionadas para tal.

Neste capítulo iremos selecionar alguns índices e conjunto de indicadores de mobilidade urbana, abordados em trabalhos acadêmicos e científicos, a fim de identificar os seus respectivos indicadores segundo as dimensões da sustentabilidade (econômica, social e ambiental). No capítulo seguinte, será feita uma análise comparativa entre os indicadores de cunho ambiental dos trabalhos selecionados a fim de entender quais seriam os indicadores-chave para compor um conjunto de referência para a mensuração da sustentabilidade ambiental do setor de transporte.

Segundo Machado (2010), a seleção dos indicadores para mensuração da sustentabilidade varia conforme as estratégias adotadas em cada país ou região e depende, na prática, da existência e disponibilidade dos dados e de definições e métodos consistentes de coleta. Pesquisadores, como, Campos e Ramos (2005), Litman e Burwell (2006), Costa (2003, 2008), Machado (2010), entre outros, além de organizações como o *World Business Council For Sustainable Development* (WBCSD) com o projeto *Sustainable Mobility Project 2.0* (SMP 2.0) de 2015, vêm desenvolvendo extenso trabalho no sentido de compilar aqueles indicadores que melhor capturem os objetivos da mobilidade sustentável.

Um sistema de transportes é considerado sustentável se apresentar as características relacionadas no quadro a seguir:

Quadro 2 - Características da Mobilidade Sustentável

Dimensão	Características
Ambiental	Minimiza as atividades que causam problemas de saúde pública e danos ao meio ambiente; Reduz a produção de ruído; Minimiza o uso do solo; Limita os níveis de emissões e resíduos dentro daqueles que o planeta possa absorver; Utilize recursos renováveis; Potencializa fontes de energias renováveis; e Reutiliza e recicla seus componentes.
Social	Provê acesso a bens, recursos e serviços de forma a diminuir as necessidades de viagens; Opera com segurança; Assegura o movimento seguro de pessoas e bens; Promove equidade e justiça entre sociedade e grupos; Promove equidade intra-gerações
Econômica	Possui tarifa acessível (<i>affordability</i>) Opera de forma eficiente para dar suporte à competitividade econômica; Assegura que os usuários paguem o total dos custos sociais e ambientais devidas as suas opções pelo modo de transporte

Fonte: SUMMA (2002) apud Machado (2010).

As características retratadas acima servem como referência sobre quais parâmetros considerar na avaliação da sustentabilidade da mobilidade urbana e, portanto, atuam como base para a formulação de indicadores e índices. Segundo Litman (2011), um único indicador não costuma ser suficiente para retratar a realidade de um sistema, sendo, portanto, preciso um conjunto de indicadores de dimensões diferentes para tal. Este conjunto de indicadores deve refletir os inúmeros objetivos a que se busca atingir.

4.1 AUTORES LITMAN E BURWELL

O quadro a seguir apresenta um conjunto de indicadores recomendados por Litman e Burwell (2006) para avaliação da sustentabilidade da mobilidade urbana, os quais encontram-se classificados segundo as dimensões da sustentabilidade.

Quadro 3 - Indicadores de Transporte de Litman e Burwell

Dimensão	Indicador
Econômico	Tempo médio de viagem do trajeto Número de oportunidades de emprego e serviços comerciais a 30 minutos de distância dos residentes Implementação de políticas e práticas de planejamento que levem a um desenvolvimento multimodal mais acessível, concentrado e misto Divisão de modais: parte da viagem realizada a pé, de bicicleta, de carro compartilhado, de transporte público e "telework"(do inglês) Porção das despesas domésticas dedicada ao transporte em 20% das famílias de mais baixa renda Gastos per capita em estradas, serviços de tráfego e estacionamentos Velocidade e acessibilidade do frete e transporte comercial (eficiência) Grau em que as instituições de transporte refletem as práticas de planejamento e investimento de menor custo
Social	Deficiências e fatalidades em acidentes per capita Porcentagem da população que caminha e pedala regularmente Grau em que as atividades de transporte aumentam a habitabilidade da comunidade (qualidade ambiental local) Grau em que os preços refletem custos totais, a menos que um subsídio seja especificamente justificado Qualidade da acessibilidade e dos serviços de transportes para não-motoristas Qualidade das instalações e serviços de transporte para pessoas com deficiência (por exemplo, cadeirantes, pessoas com deficiência visual) Grau em que os impactos no transporte não motorizado são considerados na modelagem e planejamento Envolvimento do público no processo de planejamento de transporte
Ambiental	Emissões per capita de CO2 e de outros gases associados às mudanças climáticas Emissões per capita de poluentes do ar "convencionais" (CO, COV, NOx, partículas, etc.) Consumo per capita de combustíveis fósseis Consumo de recursos não renováveis na produção e no uso de veículos e instalações de transporte Parcela da população exposta a altos níveis de ruído do tráfego Terra per capita dedicada a instalações de transporte Perdas de fluido do veículo per capita Preservação da vida selvagem dos habitats (zonas úmidas, florestas, etc.)

Fonte: Traduzido e adaptado de Litman e Burwell (2006).

Segundo os autores, alguns impactos importantes não estão contemplados pelos indicadores no quadro acima, mas não quer dizer que devam ser ignorados. Por exemplo, veículos elétricos são frequentemente considerados mais sustentáveis do que os que utilizam combustíveis fósseis, mas deve-se destacar que seus impactos econômicos e ambientais dependem da fonte originária da eletricidade. Apesar da geração de energia nuclear reduzir alguns impactos, como, a poluição atmosférica, ela introduz outros (risco de radiação, poluição térmica, acordos terroristas) e, portanto, ela não necessariamente promove maior sustentabilidade, quando comparada a outras formas de geração de energia.

Cabe destacar que os autores utilizam, com certa frequência, o per capita no cálculo de seus indicadores, característica que torna o resultado de uma localidade possível de comparação com os de outras localidades, uma vez que divide o número absoluto de um parâmetro pela população total da área em estudo. Este tipo de informação é relevante quando, por exemplo, se busca entender o perfil poluidor de uma região x perante a região y.

4.2 AUTORES CAMPOS E RAMOS

Segundo Campos e Ramos (2005), o conceito de mobilidade sustentável está fortemente ligado às relações que se estabelecem entre Transporte e Uso do Solo, sendo um influenciado pelo outro e impactado pelo outro, gerando assim um círculo “vicioso” de ações e reações. A forma como os diferentes usos, por exemplo, residencial, comercial, industrial, entre outros, se distribuem na cidade condiciona as atividades humanas, tais como, morar, trabalhar, fazer compras, lazer, etc., e as atividades, por sua vez, geram a necessidade de efetuar viagens entre os diferentes locais em que se realizam. A proposta de um conjunto de indicadores de mobilidade sustentável, apresentada por Campos e Ramos (2005), se fez a partir das três dimensões da sustentabilidade, a ambiental, a social e a econômica, e com base na relação destas com a estratégia de ocupação urbana, isto é, uso do solo e o transporte, vide quadro a seguir:

Quadro 4 - Indicadores de Mobilidade Sustentável de Campos e Ramos

Dimensões da Sustentabilidade	Indicadores de mobilidade sustentável	
	Ocupação Urbana/Use do solo	Transporte
Meio Ambiente	Extensão de vias com <i>traffic calming</i> Parcela de interseções com faixas para pedestres Parcela de vias com calçada População residente com acesso a áreas verdes ou de lazer, dentro de um raio de 500m das mesmas	Parcela de veículos (oferta de lugares) do Transporte Público Urbano (TPU) utilizando energia limpa Horas de congestionamento nos corredores de transportes, próximos ou de passagem na região Acidentes com pedestres e ciclistas por 1000 hab
Sociedade	População residente com distância média de caminhada inferior a 500m das estações/paradas de TPU Parcela de área de comércio (uso misto) Diversidade de uso comercial e serviços dentro de um bloco ou quadra de 500m X 500m Extensão de ciclovias Distância média de caminhada as escolas Número de lojas de varejo por área desenvolvida líquida População dentro de uma distância de 500m de vias com uso predominante de comércio e serviços	Oferta de TPU (oferta de lugares) Frequência de TPU Oferta de transporte para pessoas de mobilidade reduzida Tempo médio de viagem no TPU para o núcleo central de atividades e comércio Demanda de viagens por automóveis na região Tempo médio de viagem TPU vs tempo médio de viagem por automóvel
Economia	Renda média da população/custo mensal do transporte público Baías para carga e descarga	Custo médio de viagem no transporte público para o núcleo central de atividades Veículo-viagens/comprimento total da via ou corredor Parcela de veículos de carga com uso de energia menos poluente Total de veículos-viagens/per capita

Fonte: Campos e Ramos (2005).

A respeito dos indicadores levantados no quadro acima, os autores expõem que de acordo com as características e informação disponível para cada região em estudo, apenas um subconjunto dos indicadores propostos possa vir a ser utilizado.

4.3 AUTORA MACHADO

No trabalho desenvolvido por Machado (2010), os critérios de seleção dos indicadores foram, além da relevância deles para o acompanhamento dos principais impactos negativos ocasionados pela mobilidade individual motorizada nas três dimensões da sustentabilidade, a disponibilidade e a frequência anual da coleta dos dados da localidade estudada, Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA). Abaixo segue uma tabela referente aos temas e indicadores previamente identificados e um quadro estruturado após análise da disponibilidade dos dados da RMPA, referente aos temas e indicadores propostos para composição do índice final – Índice de Mobilidade Sustentável (IMS):

Tabela 1 – Indicadores de Mobilidade identificados por Machado

TEMAS	INDICADOR	TIPO QUANTITATIVO	EXISTÊNCIA DO DADO	PERIODICIDADE ANUAL
SOCIAIS				
Acessibilidade	Uso misto do solo	✓	✓	
Acidentes	Nº de mortes e feridos	✓	✓*	✓
Mobilidade	Passageiros transportados por modo	✓	✓*	✓
Equidade	Terminais intermodais	✓	✓	✓
AMBIENTAIS				
Poluição Atmosférica	Emissões por tipo de poluente	✓		
Ruído	% de população exposta a ruídos maiores que 65db	✓		
Aquecimento Global	Emissões de gases de efeito estufa	✓		
Uso energia	Consumo de combustíveis	✓	✓	✓
Uso solo transportes	% do solo apropriado pelos transportes	✓		
ECONÔMICOS				
Custos para economia	Investimento público nos transportes	✓	✓*	✓
Produtividade / Eficiência	Índice de passageiros por Km (IPK)	✓	✓	✓
Affordability (custo da tarifa)	% orçamento doméstico gasto em transporte	✓	✓*	✓
Congestionamentos / Atrasos	Custos dos congestionamentos	✓		

* dados parciais

Fonte: Machado (2010).

Quadro 5 – Indicadores de Mobilidade selecionados por Machado

Dimensão	Tema	Indicador	Fonte
SOCIAL (SOC)	SOC01: Acidentes com mortes	% de mortes em acidentes de trânsito/ n° de veículos	DATASUS
	SOC02: Oferta de TC	Passageiros transportados <i>per capita</i>	METROPLAN/EPTC, IBGE
	SOC03: Intermodalidade	Número de estações intermodais	TRENSURB
ECONÔMICA (ECO)	ECO01: Orçamento gasto em transporte (tarifa)	Valor médio da tarifa*mês/ Salário mínimo	METROPLAN/ MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, METROPLAN, EPTC
	ECO02: Eficiência transporte coletivo	Índice de Passageiros por Km (IPK)	
	ECO03: Investimentos públicos no setor de transportes	% de gastos em transporte/PIB	MINISTÉRIO DA FAZENDA, FEE DADOS
AMBIENTAL (AMB)	AMB01: Taxa de motorização	N° de veículos em circulação <i>per capita</i>	FEE DADOS
	AMB02: Consumo de combustíveis fósseis	Venda combustível fóssil (Gasolina+diesel) <i>per capita</i>	FEE DADOS
	AMB03: Consumo de combustíveis alternativos	Venda de álcool hydr. <i>per capita</i>	FEE DADOS

Fonte: Machado (2010).

Na proposta de Machado (2010), muitos dos indicadores ambientais (poluição sonora, atmosférica, uso do solo etc.) não foram adotados, porque a maioria dos municípios, à exceção da capital, não possui uma rotina de coleta de dados, o que levou a busca por indicadores proxy. Devido à existência apenas de dados sobre o consumo de combustíveis na área de estudo, optou-se por incluir na dimensão ambiental a taxa de motorização que mede o número de veículos por habitante - um indicador proxy capaz de alertar o poder público sobre o aumento da motorização individual, a qual pode acarretar em problemas ambientais do tipo: aumento das emissões atmosféricas, do ruído, dos congestionamentos, dos resíduos, da expansão urbana, etc. Além disso, o autor optou por trabalhar com um número reduzido de indicadores, pois acredita que um índice com muitas variáveis se torna de difícil execução e acompanhamento periódico. A partir do estudo em questão, identificou-se que os indicadores que afetaram diretamente os valores do IMS foram as altas taxas de motorização, o número de mortes em acidentes e os custos das tarifas.

4.4 AUTORA COSTA

A pesquisa desenvolvida por Costa (2003) apresenta um conjunto de indicadores para avaliação da mobilidade urbana sustentável em cidades de médio porte no Brasil e em Portugal. Foram selecionadas para esta pesquisa 16 experiências nacionais e

internacionais de indicadores de sustentabilidade, como, Indicadores da Agenda 21, Indicadores de *Seattle*, Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – IBGE, Índice de Qualidade de Vida Urbana de Belo Horizonte, dentre outras, totalizando 1350 indicadores. A partir de uma série de seleções e de avaliações por parte de especialistas de ambos os países, Costa estabeleceu uma estrutura composta por 24 indicadores que poderiam constituir as bases de um sistema de gestão da mobilidade comum aos dois países, vide quadro a seguir.

Quadro 6 - Indicadores comum à Brasil e Portugal propostos por Costa

Categoria	Tema	Indicador
Transportes e Meio Ambiente	Impactos Ambientais	Fragmentação de terras e florestas Impactos do uso de automóveis Resíduos gerados por veículos rodoviários Dias por ano em que os padrões de qualidade do ar não são atendidos Emissão de gases acidificantes pelos transportes
	Qualidade do Ar	Emissão de gases que geram o efeito estufa pelos transportes Emissões causadas pelos transportes e intensidade das emissões População exposta à poluição do ar causada pelos transportes Poluição sonora
	Ruídos de Tráfego	População exposta ao ruído acima de 65 dB (A) causado pelos transportes Ruído de tráfego: exposição e incômodo
Gestão da Mobilidade Urbana	Despesas/Investimentos/Estratégias econômicas	Investimentos em infra-estrutura de transportes
	Gerenciamento/Monitoramento	Gerenciamento efetivo do tráfego/fiscalização
	Medidas para o incremento da mobilidade urbana	Sistemas nacionais para o monitoramento dos transportes e meios ambiente Desenvolvimento de planos municipais para a redução das viagens
Planejamento Espacial e Demanda por Transportes	Acesso aos serviços e atividades urbanas	Acessibilidade ao centro Acesso aos serviços básicos
	Desenvolvimento urbano/Use do solo	Acesso aos serviços de transportes Planejamento do uso do solo urbano
	População urbana	Densidade populacional Taxa de crescimento da população
	Viagens/Deslocamentos	Mobilidade local e passageiros transportados
Aspectos Socioeconômicos	Segurança	Acidentes fatais de transportes
		Segurança e proteção para as vias residenciais

Fonte: Adaptado de Costa (2003).

Segundo Costa (2003, p.118-119):

Com base nos dados obtidos para as cidades melhor classificadas e nos indicadores apontados como de maior importância, segundo a opinião dos profissionais brasileiros, constata-se que as cidades brasileiras encontram-se desprovidas de uma série de informações relevantes para o diagnóstico das condições de mobilidade em nível urbano ou que, talvez, não exista interesse por parte das administrações municipais em disponibilizar estes dados para a população. Embora os impactos ambientais e sobretudo os impactos sobre a saúde humana oriundos dos transportes tenham se revelado uma preocupação principal, estes estiveram ausentes na análise desenvolvida para as cidades brasileiras. Neste sentido é fundamental que os centros urbanos estejam melhor preparados no sentido de oferecer à sua comunidade informações sobre estas questões.

Posteriormente, o mesmo autor publicou em 2008 um outro estudo que contempla a formulação do Índice de Mobilidade Urbana Sustentável – IMUS, o qual é composto por nove domínios, distribuídos em 37 temas e 87 indicadores, e que após aplicação na cidade de São Carlos, estado de São Paulo, e avaliação de especialista, verificou-se que o mesmo pode ser aplicado com êxito a cidades de médio e grande porte. Este estudo, mais aprofundado, teve como base para seleção dos indicadores e experiências de referência, os já analisados na pesquisa de 2003, além de outros complementares e mais atualizados. Os indicadores utilizados na formulação do Índice em questão podem ser visualizados no quadro a seguir:

Quadro 7 - Indicadores componentes do IMUS propostos por Costa

Categoria	Tema	Indicador
Acessibilidade	Acessibilidade aos sistemas de transportes	Acessibilidade ao transporte público
		Transporte público p/PPDs
		Despesas com transporte
	Acessibilidade universal	Travessias adaptadas a PPDs
		Acessibilidade espaços abertos
		Vagas PPDs
	Barreiras físicas	Acess. Ed públicos
		Acess. Serviços essenciais
		Fragmentação urbana
Aspectos Ambientais	Legislação PPDs	Ações p/ acess universal
		Emissões de Co
		Emissões de CO2
	Controle dos impactos no meio ambiente	População exposta ao ruído do tráfego
		Estudos impacto ambiental
		Consumo combustível
	Recursos naturais	Uso energia limpa e combustíveis alternativos
		Informação disponível ao cidadão
		Equidade vertical (renda)
Aspectos Sociais	Apoio ao cidadão	Educação p/ desenv.sustentavel
		Participação tomada decisões
		Qualidade de vida
	Inclusão social	Qualidade de vida
		Integração entre níveis de governo
		Parcerias públi/privadas
	Educação e cidadania	Captação de recursos
		Investimentos em sistemas de transporte
		Distribuição dos recursos (publico x privado)
Aspectos Políticos	Participação popular	Distribuição dos recursos (motorizados x não-motorizados)
		Política de mobilidade urbana
		Política de mobilidade urbana
	Qualidade de vida	Densidade rede viária
		Vias pavimentadas
		Despesas com manutenção da infraestrutura de transportes
	Integração de ações políticas	Sinalização viária
		Vias para transporte coletivo
		Extensão e conectividade de ciclovias
Infra-Estrutura	Provisão e manutenção de infraestrutura de transportes	Frota de bicicletas
		Estacionamento para bicicletas
		Vias para pedestres
	Distribuição da infraestrutura	Vias com calçadas
		Distância de viagem
		Tempo de viagem
	Transporte cicloviário	Nº de viagens
		Ações para redução do tráfego motorizado
		Nível de formação de técnicos e gestores
Modos não Motorizados	Deslocamentos a pé	Capacitação de técnicos e gestores
		Vitalidade do centro
		Consórcios intermunicipais
	Redução de viagens	Transparência e responsabilidade
		Vazios urbanos
		Crescimento urbano
	Planejamento e controle do uso e ocupação do solo	Densidade populacional urbana
		Índice de uso misto
		Ocupações irregulares
Planejamento Integrado	Planejamento urbano, ambiental e transporte integrado	
	Efetivação e continuidade das ações	

Fonte: Costa (2008) apud Machado (2010).

Dentre os indicadores listados no quadro acima, os dez com maiores pesos para o resultado global do IMUS são:

Tabela 2 - Dez Indicadores do IMUS com maiores pesos para o resultado global

Posição	ID	Global
1	5.2.1	Vias para transporte coletivo
2	4.3.1	Política de mobilidade urbana
3	2.2.1	Consumo de combustível
4	2.2.2	Uso de energia limpa e combustíveis alternativos
5	1.3.1	Fragmentação urbana
6	3.5.1	Qualidade de Vida
7	1.4.1	Ações para acessibilidade universal
8	3.1.1	Informação disponível ao cidadão
9	3.2.1	Equidade vertical (renda)
10	8.4.1	Violação das leis de trânsito

Fonte: Costa (2008).

Segundo o autor, a partir da classificação dos indicadores conforme o grau de interferência no resultado final é possível definir prioridades para investimentos, planos e ações para a mobilidade sustentável, visando melhorar os resultados encontrados para os indicadores de maior importância relativa.

Cabe destacar que, diferentemente de outros autores, Costa (2008) não categoriza cada indicador conforme uma única dimensão da sustentabilidade, pois considera que um mesmo indicador pode ter relação com mais de uma dimensão.

4.5 ORGANIZAÇÃO WBCSD

O *Sustainable Mobility Project 2.0* (SMP 2.0) do *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) definiu um conjunto de 19 indicadores para avaliação da sustentabilidade da mobilidade urbana com base em uma longa lista de indicadores selecionados por especialistas de diferentes setores relacionados à mobilidade, vide figura a seguir. O conjunto de indicadores foi aplicado a seis cidades, sendo elas: Bangkok - Tailândia, Campinas - Brasil, Chengdu - China, Hamburgo - Alemanha, Indore - Índia e Lisboa - Portugal. Quanto à abrangência dos indicadores, cabe destacar que transporte aéreo e marítimo não foram considerados no estudo, pelo fato de que na maioria das cidades esses modos estão além da governança urbana.

Quadro 8 - Indicadores para a Sustentabilidade da Mobilidade Urbana do WBCSD

Indicador	Dimensões	
Acessibilidade do transporte público para pessoas de baixa renda	S	Q
Acessibilidade para grupos com mobilidade reduzida	S	Q
Emissões de poluentes atmosféricos	Q	
Limite de ruído	Q	
Fatalidades	Q	
Acesso aos serviços de mobilidade	Q	
Qualidade da área pública	Q	
Diversidade funcional urbana	Q	E
Tempo de viagem dos deslocamentos	Q	E
Atratividade econômica	Q	E
Finanças públicas	E	
Uso do espaço de mobilidade	G	E
Emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE)	G	
Congestionamento e atrasos	G	S
Eficiência energética	G	S
Oportunidade para a mobilidade ativa	G	S
Integração intermodal	S	
Conforto e prazer	S	Q
Segurança	S	Q

G: Ambiente Global (Global environment)

Q: Qualidade de Vida (Quality of life)

E: Sucesso Econômico (Economic success)

S: Performance do Sistema de mobilidade (Mobility system performance)

Fonte: Traduzido e adaptado de WBCSD (2015).

Vale ressaltar que, assim como Costa, o projeto SMP 2.0 também considera que um mesmo indicador pode ter relação com mais de uma dimensão da sustentabilidade. Além das dimensões triviais, como, ambiental e econômica, duas outras são utilizadas neste projeto para classificar os indicadores, são elas, 'Qualidade de vida' e 'Performance do sistema de mobilidade', sendo a primeira mensurada, por exemplo, pela acessibilidade aos meios de transporte, pelo tempo dos deslocamentos, enquanto que a segunda está associada a indicadores considerados componentes essenciais para cada sistema de mobilidade contemplar e otimizar, como, por exemplo, os indicadores segurança e integração entre modais.

A partir dos estudos retratados acima, será possível, no capítulo seguinte, identificar os indicadores de cunho ambiental e agrupá-los em categorias

correspondentes às suas características, de modo que se possa verificar a relevância de algumas categorias perante a outras, em virtude da predominância de alguns indicadores correlatos. Assim, após análise crítica, ter-se-á a sugestão de um novo conjunto de indicadores mais restrito e de mais fácil execução para a avaliação da sustentabilidade ambiental da mobilidade urbana, além de mais “aceitável” perante a opinião de especialistas, haja vista que serão contemplados os indicadores de maior predominância. Acredita-se que um conjunto representado por um número menor de indicadores seja benéfico para uma avaliação mais efetiva (maior facilidade de aplicação) e para o monitoramento constante.

5 ANÁLISE DOS INDICADORES DE CUNHO AMBIENTAL

Conforme previsto no capítulo anterior, será apresentado no quadro abaixo um compilado dos indicadores referentes à dimensão ambiental da sustentabilidade, de todos os autores e projetos selecionados no capítulo 4, separados por categorias. A categorização vem a facilitar a identificação e, portanto, o agrupamento dos indicadores correlatos.

Quadro 9 - Compilado dos Indicadores Ambientais advindos das Referências

Categorias	Costa (2003)	Campos e Ramos (2005)	Litman e Burwell (2006)	Costa (2008)	Machado (2010)	WBSCD (2015)
Emissões Atmosféricas	Impactos do uso de automóveis ¹ Dias por ano em que os padrões de qualidade do ar não são atendidos Emissão de gases acidificantes pelos transportes Emissão de gases que geram o efeito estufa pelos transportes Emissões causadas pelos transportes e intensidade das emissões ² População exposta à poluição do ar causada pelos transportes ³		Emissões per capita de CO ₂ e de outros gases associados às mudanças climáticas Emissões per capita de poluentes do ar "convencionais" (CO, COV, NOx, partículas, etc.)	Emissões de CO (%) Emissões de CO ₂ (%)		Emissões de GEE
Combustível e Energia		Parcela de veículos do Transporte Público Urbano (TPU) utilizando energia limpa	Consumo per capita de combustíveis fósseis Consumo de recursos não renováveis na produção e no uso de veículos e instalações de transporte	Consumo combustível (litro/hab/ano) Uso energia limpa e combustíveis alternativos (%)	Consumo de combustíveis fósseis (venda combustível fóssil (Gasolina+diesel) per capita) Consumo de combustíveis alternativos (venda de álcool hidr. per capita)	Eficiência energética (energia total consumida no transporte urbano)
Ruído	Impactos do uso de automóveis ⁴ Poluição sonora (distribuição da população exposta a longo prazo a pesados níveis de ruído ambiental) População exposta ao ruído acima de 65 dB (A) causado pelos transportes Ruído de tráfego: exposição e incômodos ⁵		Parcela da população exposta a altos níveis de ruído do tráfego	População exposta ao ruído do tráfego (%)		
Uso do Solo	Fragmentação de terras e florestas ⁶	População residente com acesso a áreas verdes ou de lazer, dentro de um raio de 500m das mesmas	Terra per capita dedicada a instalações de transporte	Fragmentação urbana Ocupações irregulares		Uso do espaço de mobilidade (proporção de uso do solo destinado a todos os modais de transporte, incluindo uso direto e indireto)
Modo Não Motorizado		Parcela de interseções com faixas para pedestres Parcela de vias com calçada		Extensão e conectividade de ciclovias Frota de bicicletas Estacionamento para bicicletas Vias para pedestres Vias com calçadas		Mobilidade ativa (opções e infraestrutura para a mobilidade ativa, que se refere aos modos: andar a pé e de bicicleta)
Modo Motorizado				Vias para transporte coletivo	Taxa de motorização (nº de veículos em circulação per capita)	
Poluição Água			Perdas de fluido do veículo per capita			
Congestionamento		Horas de congestionamento nos corredores de transportes, próximos ou de passagem na região				Congestionamento e atrasos (atrasos no tráfego rodoviário e nos transportes públicos durante o horário de pico em comparação com viagens de fluxo livre)
Resíduos	Resíduos gerados por veículos rodoviários					
Planejamento Estratégico				Planejamento urbano, ambiental e transporte integrado Política Mobilidade Urbana		
Acidentes com Usuários de Modos Não Motorizados		Acidentes com pedestres e ciclistas por 1000 hab				
Estudos Ambientais				Estudos impacto ambiental (sim/não)		
Preservação ambiental			Preservação da vida selvagem dos habitats (zonas úmidas, florestas, etc.)			
Qualidade de Vida				Qualidade de vida (população satisfeita com a cidade como local para viver)		

Costa (2003):

¹ Indicador que relaciona de forma direta: emissão de poluentes, ruído, dispersão das cidades, entre outros.² Emissões de CO₂, CO, NO_x, VOC e SO_x, contribuição relativa no total de emissões, intensidade de emissões per capita e por unidade de PDB. Emissões para o tráfego rodoviário por unidade de volume de tráfego.³ Indicador que mede a percentagem da população exposta a padrões inferiores de qualidade do ar devido a emissões causadas pelos transportes.⁴ Indicador que relaciona de forma direta: emissão de poluentes, ruído, dispersão das cidades, entre outros.⁵ Indicador obtido a partir da percentagem da população exposta a 4 diferentes níveis de ruído (dB(A)): 45-55 dB, 55-65 dB, 65-75 dB e >75 dB. Percentagem da população exposta ao ruído de tráfego por modo de transporte.⁶ Indicador relacionado à preservação da biodiversidade e à manutenção da conectividade entre áreas naturais. A fragmentação está diretamente associada ao desenvolvimento de infra-estrutura de transportes.

Fonte: Elaboração própria.

Os indicadores selecionados dos estudos analisados foram separados em quatorze categorias, sendo que algumas concentram maior número de indicadores, com mais de cinco indicadores representados, como, é o caso das categorias ‘Emissões Atmosféricas’, ‘Combustível e Energia’, ‘Ruído’, ‘Uso do Solo’ e ‘Modo Não Motorizado’, e outras englobam somente um ou dois indicadores, como é o caso das categorias ‘Modo Motorizado’, ‘Poluição Água’, ‘Congestionamento’, ‘Resíduos’, ‘Planejamento Estratégico’, ‘Acidentes com Usuários de Modos Não Motorizados’, ‘Estudos Ambientais’, ‘Preservação Ambiental’ e ‘Qualidade de Vida’.

5.1 CATEGORIAS DE MAIOR REPRESENTATIVIDADE

Para seleção dos indicadores, a compor o conjunto a ser proposto neste trabalho, com maior potencial de contribuição na avaliação da sustentabilidade ambiental da mobilidade urbana, iremos em um primeiro momento avaliar os indicadores referentes às cinco categorias de maior representatividade, as quais foram citadas no parágrafo acima, uma vez que entende-se que a maior representatividade significa maior grau de contribuição para a avaliação, na visão de diferentes especialistas, portanto, também, maior respaldo técnico. Para seleção dos indicadores de cada categoria iremos verificar a equivalência ou a disparidade de função entre eles e com isso separá-los mediante este critério. A partir daí, será escolhido, dentre os equivalentes, algum(ns) para representá-los, de modo a restringir o que seria redundante.

5.1.1 Categoria Emissões Atmosféricas

Para a categoria ‘Emissões Atmosféricas’ tem-se um total de onze indicadores advindos de quatro estudos, dentre os seis considerados no capítulo 4. Os indicadores foram agrupados em equivalentes e díspares, conforme quadro a seguir.

Quadro 10 - Categoria Emissões Atmosféricas: Equivalentes e Dísparos

Categoria	Equivalentes	Dísparos
Emissões Atmosféricas	Emissão de gases que geram o efeito estufa pelos transportes	
	Emissões de GEE	
	Emissões per capita de CO ₂ e de outros gases associados às mudanças climáticas	
	Emissões per capita de poluentes do ar "convencionais" (CO, COV, NO _x , partículas, etc.)	Dias por ano em que os padrões de qualidade do ar não são atendidos
	Emissões de CO ₂ (%)	População exposta à poluição do ar causada pelos transportes ³
	Impactos do uso de automóveis ¹	
	Emissões causadas pelos transportes e intensidade das emissões ²	
	Emissões de CO (%)	
	Emissão de gases acidificantes pelos transportes	

Costa (2003):

¹ Indicador que relaciona de forma direta: emissão de poluentes, ruído, dispersão das cidades, entre outros.

² Emissões de CO₂, CO, NO_x, VOC e SO_x, contribuição relativa no total de emissões, intensidade de emissões per capita e por unidade de PDB. Emissões para o tráfego rodoviário por unidade de volume de tráfego.

³ Indicador que mede a percentagem da população exposta a padrões inferiores de qualidade do ar devido a emissões causadas pelos transportes.

Fonte: Elaboração própria.

Identifica-se que, dentre os equivalentes, o objetivo, de modo geral, é a mensuração das emissões de gases causadas pelos transportes, sejam elas, representadas pelos GEE ou pelos poluentes “convencionais”. Diante do atual contexto das mudanças climáticas, a mensuração das emissões de GEE se traduz em importante medida de avaliação da sustentabilidade. Portanto, para fins deste trabalho, comprometido em propor um conjunto de indicadores conciso e efetivo para a avaliação da sustentabilidade ambiental da mobilidade urbana, será escolhido o indicador ‘Emissões de GEE’ como o representante dos equivalentes.

Cabe destacar que os indicadores dísparos apresentam uma semelhança entre si, uma vez que ambos estão relacionados aos níveis inferiores dos padrões de qualidade do ar, sendo um relativo à quantidade de dias por ano em que os padrões não são atendidos e o outro associado ao percentual da população que é exposta a

esses baixos níveis. Independente do percentual da população atingida e do número de dias do ano com níveis inferiores aos padrões, mesmo que ambos sejam baixos, acredita-se que o relevante é o nível das emissões, ou seja, é mensurá-las. Destarte, para a categoria ‘Emissões Atmosféricas’ ter-se-á como indicador-chave somente o representante dos equivalentes, nomeado de ‘Emissões de GEE’.

5.1.2 Categoria Combustível e Energia

Para a categoria ‘Combustível e Energia’ tem-se um total de oito indicadores advindos de cinco estudos, dentre os seis considerados no capítulo 4. Os indicadores foram agrupados em equivalentes e díspares, conforme quadro a seguir.

Quadro 11 - Categoria Combustível e Energia: Equivalentes e Díspares

Categoria	Equivalentes	Díspares
Combustível e Energia	Parcela de veículos do Transporte Público Urbano (TPU) utilizando energia limpa	Eficiência energética (energia total consumida no transporte urbano) Consumo combustível (litro/hab/ano)
	Consumo per capita de combustíveis fósseis	
	Consumo de recursos não renováveis na produção e no uso de veículos e instalações de transporte	
	Uso energia limpa e combustíveis alternativos (%)	
	Consumo de combustíveis fósseis	
	Consumo de combustíveis alternativos	

Fonte: Elaboração própria.

Verifica-se que os indicadores desta categoria se resumem, de modo geral, a mensurar o consumo de combustíveis ou parcela da energia do setor de transporte advindos de fontes renováveis e não renováveis. Os díspares, apesar de não tão diferentes dos equivalentes, dizem respeito a um valor total do consumo de combustível e de energia consumida, não diferenciando o consumo por tipo de fonte. Para fins deste trabalho, acredita-se ser relevante segregar o consumo de combustível dos meios de transporte por fósseis e alternativos, tendo assim dois indicadores-chave nomeados de ‘Consumo de combustíveis fósseis’ e ‘Consumo de combustíveis alternativos’, além do terceiro indicador-chave ‘Percentual de uso de energia

renovável', este em virtude da relevância de contabilização da participação dos veículos elétricos e movidos a hidrogênio na matriz de transportes.

5.1.3 Categoria Ruído

Para a categoria 'Ruído' tem-se um total de seis indicadores advindos de três estudos (onde dois estudos são do mesmo autor), dentre o total de seis considerados no capítulo 4. Os indicadores em questão foram considerados equivalentes, não sendo identificados indicadores díspares, uma vez que todos se referem ao mesmo assunto - a exposição da população ao ruído causado pelos transportes -, com as suas especificidades, conforme pode ser conferido no quadro a seguir.

Quadro 12 - Categoria Ruído: Equivalentes

Categoria	Equivalentes
Ruído	Impactos do uso de automóveis ⁴ Poluição sonora (distribuição da população exposta a longo prazo a pesados níveis de ruído ambiental) População exposta ao ruído acima de 65 dB (A) causado pelos transportes Ruído de tráfego: exposição e incômodo ⁵ População exposta ao ruído do tráfego (%) Parcela da população exposta a altos níveis de ruído do tráfego

Costa (2003):

⁴ Indicador que relaciona de forma direta: emissão de poluentes, ruído, dispersão das cidades, entre outros).

⁵ Indicador obtido a partir da percentagem da população exposta a 4 diferentes níveis de ruído (dB(A): 45-55 dB, 55-65 dB, 65-75 dB e >75 dB. Percentagem da população exposta ao ruído de tráfego por modo de transporte.

Fonte: Elaboração própria.

Diante do exposto acima, a categoria em questão terá um indicador-chave que será nomeado de ‘Parcela da População exposta ao ruído do tráfego acima de 53 decibéis (dB)’. O valor 53 dB foi definido pela Organização Mundial da Saúde (OMS)¹³, em outubro de 2018, através de relatório sobre a poluição sonora, como sendo a recomendação máxima para o trânsito durante o período diurno.

5.1.4 Categoria Uso do Solo

Para a categoria ‘Uso do Solo’ tem-se um total de seis indicadores advindos de cinco estudos, dentre os seis considerados no capítulo 4. Os indicadores foram agrupados em equivalentes e díspares, conforme quadro a seguir.

Quadro 13 - Categoria Uso do Solo: Equivalentes e Díspares

Categoria	Equivalentes	Díspares
Uso do Solo	Fragmentação de terras e florestas ⁶ Fragmentação urbana Uso do espaço de mobilidade (proporção de uso do solo destinado a todos os modais de transporte, incluindo uso direto e indireto) Terra per capita dedicada a instalações de transporte	Ocupações irregulares População residente com acesso a áreas verdes ou de lazer, dentro de um raio de 500m das mesmas

Costa (2003):
⁶ Indicador relacionado à preservação da biodiversidade e à manutenção da conectividade entre áreas naturais. A fragmentação está diretamente associada ao desenvolvimento de infra-estrutura de transportes.

Fonte: Elaboração própria.

Os indicadores equivalentes basicamente dizem respeito à fragmentação do solo urbano segundo seus usos, em especial destinados aos modais de transporte e às áreas verdes. Enquanto que os indicadores considerados díspares fazem referência

¹³ Fonte: <https://www.dw.com/pt-br/oms-recomenda-limites-de-exposi%C3%A7%C3%A3o-%C3%A0-polui%C3%A7%C3%A3o-sonora/a-45831111>

às áreas do solo urbano destinadas às ocupações irregulares e à parcela da população com acesso a áreas verdes ou de lazer, dentro de um raio de 500 metros de suas residências.

Em relação ao indicador díspar relativo à oferta de áreas verdes ou de lazer, em um raio de até 500 metros das residências, o mesmo apresenta relação com o setor de transporte, uma vez que, teoricamente, essa proximidade diminuiria a necessidade de locomoção dos residentes até esse tipo de área. Todavia, vale ressaltar que essa relação é indireta, visto que outros fatores influem na frequência dos residentes a esses locais próximos, como, segurança, iluminação, limpeza, qualidade dos serviços de banheiro e lazer oferecidos, dentre outros. Já o indicador díspar relativo às ocupações irregulares também apresenta relação com o setor de transporte, uma vez que esse tipo de ocupação costuma se localizar em áreas periféricas nos centros urbanos ou instáveis ambientalmente e com isso os moradores dessas ocupações (em geral de baixa renda) requerem bastante o uso do transporte público coletivo para se locomoverem na cidade. A nível de Brasil tem-se que o transporte coletivo é majoritariamente representado pelos ônibus, estes caracterizados pelo intenso uso de combustíveis fósseis.

Desse modo, em relação aos díspares ter-se-á como indicador-chave o referente às ocupações irregulares, haja vista a relação direta entre o uso do solo e a mobilidade urbana. Quanto aos equivalentes, o indicador-chave selecionado será a fragmentação urbana, uma vez que entender o retrato de recortes da superfície do solo urbano é de extrema importância para a partir daí estruturar uma estratégia para melhor otimização do uso do solo, por exemplo, a parte relativa aos modais de transporte, de modo a não segregar e desconectar as áreas verdes.

Segundo Coelho (2016), embora seja reconhecida a importância ecológica da manutenção das matrizes florestais, o processo de urbanização dispersa e fragmentada tem sido responsável pela criação de fragmentos e potenciais corredores que, caso sejam bem articulados por meio de ações de planejamento da paisagem, podem resultar em ganhos de qualidade para as áreas urbanizadas, desde que se estabeleça entre estas uma relação de equilíbrio dinâmico com as áreas não urbanizadas.

5.1.5 Categoria Modo Não Motorizado

Para a categoria 'Modo Não Motorizado' tem-se um total de 8 indicadores advindos de três estudos, dentre os seis considerados no capítulo 4. Os indicadores foram agrupados em equivalentes e díspar, conforme quadro a seguir.

Quadro 14 - Categoria Modo Não Motorizado: Equivalentes e Díspar

Categoria	Equivalentes	Díspar
Modo Não Motorizado	Parcela de interseções com faixas para pedestres Parcela de vias com calçada Extensão e conectividade de ciclovias Vias com calçadas Vias para pedestres Estacionamento para bicicletas Mobilidade ativa (opções e infraestrutura para a mobilidade ativa, que se refere aos modos: andar a pé e de bicicleta)	Frota de bicicletas

Fonte: Elaboração própria.

Os indicadores equivalentes basicamente dizem respeito às infraestruturas de suporte aos modos não motorizados, andar a pé e de bicicleta, enquanto que o indicador classificado como díspar diz respeito à frota de bicicletas. Independentemente da frota de bicicletas, o incentivo aos modos não motorizados deve ser feito por meio da adaptação e construção de infraestrutura para os mesmos. Desse modo, ter-se-á como indicadores-chave os referentes à extensão das vias com calçadas e com ciclovias, nomeados de respectivamente 'Vias com calçadas' e 'Extensão das ciclovias'.

5.2 CATEGORIAS DE MENOR REPRESENTATIVIDADE

Em relação às demais categorias, com representatividade de um ou dois indicadores, as mesmas não serão consideradas para fins deste trabalho devido à baixa representatividade e à dificuldade e subjetividade de mensuração que alguns indicadores apresentam, como, por exemplo, o 'Qualidade de Vida'. Entretanto, a

categoria 'Modo Motorizado' merece destaque através do indicador 'Taxa de Motorização', haja vista que se tratando de mobilidade urbana sustentável, o modelo de urbanização não deve ter como foco o transporte motorizado individual ou com número reduzido de passageiros e, portanto, mensurar o número de veículos em circulação per capita é de grande relevância para se conhecer e poder acompanhar o crescimento da frota nacional, o que tem relação direta com o potencial poluidor do setor de transporte no meio urbano, uma vez que a matriz energética da frota é baseada em combustíveis fósseis.

5.3 CONJUNTO DE INDICADORES PROPOSTO

A partir da categorização dos indicadores identificados nos estudos analisados, das análises dos mesmos segundo suas características correlatas entre si ou díspares e da posterior seleção dos indicadores-chave, tem-se abaixo a proposta de um conjunto de dez indicadores para mensuração da sustentabilidade ambiental da mobilidade urbana.

Quadro 15 - Conjunto de Indicadores-chave Proposto

Categorias	Indicadores-chave	Descritivo/Unidade de mensuração
Emissões Atmosféricas	Emissões de GEE	t CO ₂ eq do setor de transporte por ano e per capita
Combustível e Energia	Consumo de combustíveis fósseis Consumo de combustíveis alternativos Percentual de uso de energia renovável	Venda combustível fóssil (Gasolina+diesel) per capita (l/hab/ano) Venda etanol/gás natural/biodiesel per capita (l/hab/ano) Percentual da matriz de transporte que faz uso de energia renovável - veículos elétricos e a hidrogênio (%)
Ruído	Parcela da População exposta ao ruído do tráfego acima de 53 dB	Porcentagem da população vivendo em áreas cujo ruído produzido pelos transportes ultrapassa 53 dB (%)
Uso do Solo	Fragmentação urbana Ocupações irregulares	Percentual da superfície do solo urbano destinado aos modais de transporte motorizado (%) Percentual do solo urbano destinado às ocupações irregulares (%)
Modo Não Motorizado	Vias com calçadas Extensão de ciclovias	Percentual de vias com calçadas em ambos os lados, com largura superior a 1,20m, em relação à extensão total de vias. Unidade: km/km (%) Razão entre a extensão de vias com ciclovias e a extensão total de vias coletoras e arteriais. Unidade: km/km (%)
Modo Motorizado	Taxa de Motorização	Número de veículos em circulação per capita (nº/hab/ano)

Fonte: Elaboração própria.

Acredita-se que um conjunto com número mais restrito de indicadores tenha melhor desempenho, tanto na sua execução, devido à maior facilidade de coleta dos dados e aplicação, quanto no seu monitoramento periódico, relevante para fins de

planejamento urbano. Cabe ressaltar que os dez indicadores apresentados no quadro acima foram selecionados a partir de um total de 51 indicadores levantados dos seis trabalhos de referência analisados no capítulo 4, ou seja, apresentam embasamento técnico para suas escolhas.

Outro ponto de destaque é a transformação do valor absoluto de um determinado parâmetro em um mais específico e comparável através do cálculo per capita. Essa especificidade na mensuração foi realizada para os indicadores referentes ao potencial poluidor, como, os relativos às emissões de GEE, ao consumo de combustíveis e à taxa de motorização.

No quadro abaixo acrescentou-se a direção que cada indicador deve seguir para alcançar a sustentabilidade da mobilidade urbana:

Quadro 16 - Direção dos Indicadores-chave

Categorias	Indicadores-chave	Direção
Emissões Atmosféricas	Emissões de GEE	Diminuir
Combustível e Energia	Consumo de combustíveis fósseis Consumo de combustíveis alternativos Percentual de uso de energia renovável	Diminuir Aumentar Aumentar
Ruído	Parcela da População exposta ao ruído do tráfego acima de 53 dB	Diminuir
Uso do Solo	Fragmentação urbana Ocupações irregulares	Diminuir Diminuir
Modo Não Motorizado	Vias com calçadas Extensão de ciclovias	Aumentar Aumentar
Modo Motorizado	Taxa de Motorização	Diminuir

Fonte: Elaboração própria.

Vale ressaltar a respeito do Quadro 16 que a direção do indicador ‘Consumo de combustíveis alternativos’, em um cenário de mobilidade sustentável, deve aumentar perante a diminuição do consumo de combustíveis fósseis, mas não quer dizer que o

etanol, o biodiesel e o gás natural sejam opções com ínfimo potencial poluidor. Além disso, o indicador 'Fragmentação urbana' deve diminuir em um caminho de busca pela sustentabilidade, uma vez que quanto menos fragmentado o espaço urbano for pelos modais de transporte motorizado, menos vias de tráfego irão existir, portanto, mais eficiente deverá ser o transporte coletivo para atender a demanda da população, assim como mais presente deverá ser a mobilidade ativa, com infraestrutura e segurança de apoio, para permitir à população uma mobilidade mais democrática, mais acessível financeiramente, em especial à população de baixa renda. Vale destacar que a fragmentação urbana aqui abordada diz respeito ao recorte da superfície do solo urbano e não ao solo subterrâneo, o qual em um caminho de sustentabilidade deveria aumentar sua fragmentação e não diminuir, haja vista a relevância da expansão do modal metropolitano.

Em relação ao indicador 'Ocupações irregulares', tem-se que essas áreas, em geral, representam zonas periféricas da cidade e precárias, com dificuldade de acesso a serviços e desprovidas de infraestrutura básica, além, muitas vezes, de serem áreas instáveis ambientalmente. Assim, quanto maior este indicador, pior é o desenvolvimento social e humano daquela localidade, portanto, a direção deste no caminho da sustentabilidade deve ser diminuir. Os demais indicadores do Quadro 16 apresentam direções mais óbvias na busca pela sustentabilidade perante o entendimento comum, por exemplo, o indicador 'Emissões de GEE', quanto maior o nível de emissão, pior para a sociedade e para o meio ambiente, tendo em vista os impactos causados sobre a saúde humana e sobre os recursos da natureza, dos quais os seres humanos e suas atividades dependem para sua sobrevivência.

A aplicação do conjunto proposto depende certamente da disponibilidade dos dados da área de estudo, mas vale ressaltar que os indicadores de mensuração mais difícil e subjetiva não foram selecionados para compor este conjunto. Além disso, a análise dos resultados, após aplicação do conjunto em uma localidade, deve ser sempre acompanhada de avaliação crítica do contexto urbano local, uma vez que, por exemplo, um alto valor para a extensão das ciclovias não significa que essas sejam conectadas entre si.

Segundo Costa (2008), a aplicação de avaliações nas cidades, por meio do uso de indicadores e índices, permite a identificação de fatores críticos e de maior impacto

para a melhoria de aspectos globais e setoriais da mobilidade urbana, fornecendo assim subsídios para a proposição de políticas e estratégias que visam à mobilidade sustentável.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca pelo desenvolvimento sustentável se dá a partir do enfrentamento de alguns desafios sociais, econômicos e ambientais, assim como pode encontrar algumas barreiras institucionais e políticas, haja vista que a formulação de políticas e regulamentações de promoção da sustentabilidade dependem dos agentes tomadores de decisão. Os objetivos globais a que se busca atingir por meio do desenvolvimento sustentável encontram-se representados pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela ONU, também conhecidos como Agenda 2030, cujo propósito geral é erradicar a pobreza e promover universalmente a prosperidade econômica, o desenvolvimento social e a proteção ambiental. Já a busca pela sustentabilidade urbana tem como obstáculo o crescimento populacional, o qual traz desafios adicionais ao esforço de cumprir os ODS, em especial o ODS 11, que propõe tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

Desse modo, a construção da sustentabilidade, seja ela urbana, ou a mais ampla, depende de planejamento e vontade política de buscar na prática qualidade de vida para a sociedade – conceito este um tanto amplo e subjetivo, uma vez que envolve diferentes aspectos, como, cultura, educação, nível de ruído, poluição do ar, preservação de ecossistemas, renda familiar, dentre outros, além de apresentar diferentes concepções a depender da percepção de cada indivíduo. Assim, faz-se relevante, em contexto de planejamento, primeiro se definir o que se busca atingir, ou seja, quais são os objetivos, para em seguida se estabelecer os critérios e os métodos que irão embasar essa busca.

Para transformar a realidade de um aspecto urbano em uma mais sustentável faz-se preciso, primeiramente, conhecer a real situação deste aspecto em análise e, para isso, o uso de indicadores e/ou índices é fundamental. Os resultados advindos desses instrumentos de avaliação podem, posteriormente, servir de base para a

proposição de políticas públicas, de regulamentações, ou até mesmo de parâmetro de comparação com outras realidades.

Segundo Machado (2010, p.136):

As políticas urbanas devem viabilizar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade como um todo e proporcionar aos habitantes condições adequadas de moradia, trabalho, saúde, educação, lazer e transporte. A cidade é o espaço de legitimação das políticas urbanas que devem, necessariamente, levar à inclusão social, à eficiência e à equidade.

No espaço urbano, a exclusão social, que em geral se associa à segregação espacial, haja vista a concentração das ocupações irregulares em áreas mais periféricas da cidade, atribui aos indivíduos deste grupo menor mobilidade e, portanto, menor acessibilidade aos bens e serviços que a cidade oferece. Segundo Machado (2010, p.136), uma estratégia de combate à exclusão social é a garantia de acesso aos serviços públicos essenciais, dentre os quais está o transporte coletivo que atua como importante agente de inclusão social.

Se, de um lado, os transportes motorizados alavancam o desenvolvimento econômico, ao promover maior integração entre indivíduos e regiões, por outro, consomem os estoques de recursos naturais, aumentam as emissões sonoras e atmosféricas, a insegurança viária, os congestionamentos etc. (Machado, 2010, p.137).

A busca pela sustentabilidade da mobilidade urbana perpassa pelo desincentivo ao transporte motorizado individual ou com número reduzido de passageiros, pelo incentivo à mobilidade ativa, que seria o andar a pé e de bicicleta, desde que para isso haja infraestrutura de suporte, o que envolve desde vias exclusivas à segurança pública, e também o incentivo à eficiência dos transportes coletivos, com uso de energia limpa e combustíveis alternativos.

A contabilização, quantitativa e/ou qualitativa, dos aspectos da mobilidade urbana de uma localidade pode ser realizada a partir de um conjunto de indicadores que mensurem parâmetros diferentes desta realidade a fim de se identificar as potencialidades e as fragilidades do setor de transporte no contexto da mobilidade sustentável. Neste sentido, este trabalho buscou contribuir com a proposição de um conjunto de indicadores para avaliação das condições da mobilidade urbana de uma localidade com vistas à sustentabilidade ambiental.

A pesquisa bibliográfica e o estudo do material selecionado confirmam a importância da atividade de transportes para a sustentabilidade urbana. A elaboração de um conjunto mais restrito e mais coerente de indicadores ambientais – considerados os mais relevantes – sobre a mobilidade urbana permite que haja não apenas uma melhor avaliação e um entendimento mais consensual do desempenho ambiental dessa atividade, como também, uma melhor condição para a formulação de políticas públicas para a superação dos problemas encontrados.

Cabe destacar que a revisão bibliográfica contemplada neste trabalho buscou incluir os principais conceitos relacionados à sustentabilidade e sua contextualização urbana, o uso de indicadores e índices para avaliação e monitoramento, além de aspectos relativos à mobilidade urbana sustentável. A partir da seleção de estudos nacionais e internacionais a respeito da mobilidade sustentável, buscou-se estabelecer um referencial teórico acerca do que seria relevante considerar em uma avaliação e monitoramento, no sentido de promover o conceito.

Dado que este trabalho trata da avaliação da sustentabilidade ambiental da mobilidade urbana, fica como recomendação para trabalhos futuros a análise das esferas social e econômica. Além disso, o conjunto de indicadores ambientais aqui proposto pode servir como ponto de partida para a formulação de um índice de sustentabilidade para as cidades. Segundo Costa (2003, p.125), é fundamental ainda avaliar o quanto as questões relacionadas à mobilidade urbana têm contribuído para o desenvolvimento sustentável das cidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTP – Agência Nacional de Transportes Públicos. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público - Simob/ANTP**. São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://files.antp.org.br/simob/simob-2016-v6.pdf>> Acesso em 22 de junho de 2019.

ASSUNÇÃO, Miriellen Augusta da. **Indicadores de Mobilidade Urbana Sustentável para a Cidade de Uberlândia, MG**. 2012. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14163/1/d.pdf>> Acesso em 7 de setembro de 2019.

BERNARDES, Júlia Adão; FERREIRA, Francisco Pontes de Miranda. Sociedade e Natureza. In: CUNHA, Sandra Batista da; GUERRA, Antonio José Teixeira (Organizadores). **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

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

BRASIL. Lei 12.587 de 3 de janeiro de 2012. **Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 04 de janeiro de 2012.

BRASIL. Lei Nacional 10.257/2001. **Estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 de julho de 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm> Acesso em 30 de junho de 2019.

CALIXTO, Eduardo da Silva. **Sustentabilidade Urbana e desafios econômicos**. Boletim Jurídico, Uberaba/MG, a. 13, n. 1528. Disponível em: <<https://www.boletimjuridico.com.br/doutrina/artigo/4588/sustentabilidade-urbana-desafios-economicos>> Acesso em 12 de julho de 2019.

CAMPOS, Vânia Barcellos Gouvêa; RAMOS, Rui António Rodrigues. **Proposta de Indicadores de Mobilidade Urbana Sustentável relacionando Transporte e Uso do Solo**. In: CONGRESSO LUSO BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO REGIONAL INTEGRADO SUSTENTÁVEL, 1., 2005, São Carlos. Anais...São Carlos: PLURIS, 2005. Disponível em: <[http://www.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/\(21\)INDICADORES.pdf](http://www.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/(21)INDICADORES.pdf)> Acesso em 7 de setembro de 2019.

CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro de Desenvolvimento Sustentável. **Sustentabilidade Urbana: Uma Nova Agenda para as Cidades**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://cebds.org/publicacoes/sustentabilidade-urbana-uma-nova-agenda-para-cidades/#.XLzKITBKjIV>> Acesso em 16 de maio de 2019.

CMMAD - Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum**. 2ª ed. Tradução de Our Common Future. 1ª ed. 1988. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991. Disponível em: <https://edisdisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4245128/mod_resource/content/3/Nosso%20Futuro%20Comum.pdf> Acesso em 14 de maio de 2019.

COELHO, Leonardo Loyola. **Os Conceitos de Dispersão e Fragmentação Urbana Sob a Abordagem da Paisagem**. In: Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 4., 2016, Porto Alegre. Anais...Porto Alegre: ENANPARQ, 2016. Disponível em: <<https://www.anparq.org.br/dvd-enanparq-4/SESSAO%2030/S30-01-COELHO,%20L.pdf>> Acesso em 6 de outubro de 2019.

COSTA, Marcela da Silva. **Mobilidade Urbana Sustentável: um estudo comparativo e as bases de um sistema de gestão para Brasil e Portugal**. 2003. 196 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-26042004-114926/publico/dissert_final_marcela.pdf> Acesso em 18 de agosto de 2019.

COSTA, Marcela da Silva. **Um Índice de Mobilidade Urbana Sustentável**. 2008. 274 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18144/tde-01112008-200521/publico/Tese_MCOSTA.pdf> Acesso em 3 de setembro de 2019.

CUNHA, José Mauro de Carvalho; GUIMARÃES, Claudinei de Souza; SERRA, Eduardo Gonçalves. **Avaliação Econômica do Monitoramento dos Principais Poluentes Emitidos na Atmosfera e de seus Efeitos na Saúde da População do Rio de Janeiro**. Em pauta: revista SODEBRAS, São Paulo, v. 9, n. 98, p. 3-9, 2014. Disponível em: <<http://sodebras.com.br/edicoes/N98.pdf>> Acesso em 22 de junho de 2019.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2019: Relatório Síntese**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2019>> Acesso em 20 de junho de 2019

ESTRATÉGIA ODS. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**. Disponível em: <<http://www.estrategiaods.org.br/os-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-estao-na-palma-da-mao/>> Acesso em 16 de maio de 2019.

FDC – Fundação Dom Cabral. **Custos Logísticos no Brasil 2017**. Disponível em: <<https://www.fdc.org.br/conhecimento-site/nucleos-de-pesquisa-site/Materiais/pesquisa-custos-logisticos2017.pdf>> Acesso em 22 de junho de 2019.

FILHO, Gilberto Montibeller. **Ecodesenvolvimento e Desenvolvimento Sustentável: Conceitos e Princípios**. Revista Textos de Economia, Florianópolis, v.4, n.1, p.131-142,1993. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/economia/article/view/6645>> Acesso em 14 de maio de 2019.

FIRJAN – Federação das Indústrias do Rio de Janeiro. **Cartilha Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://www.firjan.com.br/publicacoes/manuais-e-cartilhas/cartilha-inventario-de-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa.htm>> Acesso em 20 de junho de 2019.

GOBBI, Leonardo Delfim. **Urbanização mundial**. Disponível em: <<http://educacao.globo.com/geografia/assunto/urbanizacao/urbanizacao-mundial.html>> Acesso em 12 de junho de 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil: uma primeira aproximação / IBGE, Coordenação de Geografia**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100643.pdf>> Acesso em 27 de maio de 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>> Acesso em 5 de junho de 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 1940-2010**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<https://serieestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122>> Acesso em 5 de junho de 2019.

ISE B3. **O que é o ISE B3**. Disponível em: <<http://iseb3.com.br/o-que-e-o-ise>> Acesso em 16 de maio de 2019.

KAHN, Suzana. **Reflexões sobre sustentabilidade urbana**. Cienc. Cult., São Paulo, v. 67, n. 1, 2015. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252015000100002> Acesso em 24 de junho de 2019.

LITMAN, Todd Alexander. **Developing Indicators for Comprehensive and Sustainable Transport Planning**. Canada, 2011. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/5d87/f4fed8e9e681103c7a2e02a8661f3a1e4cb8.pdf>> Acesso em 3 de setembro de 2019.

LITMAN, Todd Alexander e BURWELL, David. **Issues in sustainable transportation**. Int. J. Global Environmental Issues, v. 6, n. 4, p.331-347, 2006. Disponível em: <https://www.vtpi.org/sus_iss.pdf> Acesso em 3 de setembro de 2019.

MACHADO, Laura. **Índice de Mobilidade Sustentável para Avaliar a Qualidade de Vida Urbana – Estudo de caso: Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA)**. 2010. 173 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano) – Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/27850>> Acesso em 7 de setembro de 2019.

MEADOWS, Dennis L., et al. **THE LIMITS TO GROWTH**. Universe Books, New York, 1972. Disponível em: <<http://www.donellameadows.org/wp->

[content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf](#)> Acesso em 14 de maio de 2019.

MMA – Ministério de Meio Ambiente. **Agenda 21 Global**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global.html>> Acesso em 16 de maio de 2019.

MPPR - Ministério Público do Paraná. **Habitação e Urbanismo: Transporte e Mobilidade Urbana**. Disponível em: <http://www.urbanismo.mppr.mp.br/pagina-4.html>> Acesso em 30 de junho de 2019.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. População mundial deve chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, diz relatório da ONU. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-chegar-a-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatorio-da-onu/>> Acesso em 27 de maio de 2019.

NIERDELE, Paulo André (org.); RADOMSKY, Guilherme Francisco Waterloo (org.). **Introdução às teorias do desenvolvimento**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2016, p.103-112. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/cursopqdr/downloadsSerie/derad101.pdf>> Acesso em 14 de maio de 2019.

ODM BRASIL. **Os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM)**. Disponível em: <http://www.odmbrasil.gov.br/os-objetivos-de-desenvolvimento-do-milenio>> Acesso em 16 de maio de 2019.

OLIVEIRA, Daiana Felix de; MONTEIRO, Luciana de Vasconcelos Gomes. **Ecodesenvolvimento: uma abordagem sob o contributo de Ignacy Sachs**. Revista de Direito, Economia e Desenvolvimento Sustentável, Florianópolis, v. 1, n. 2, p. 29-48, jul./dez. 2015. Disponível em: <https://indexlaw.org/index.php/revistaddsus/article/viewFile/939/933>> Acesso em 27 de maio de 2019.

OLIVEIRA, Nielmar de. **Nova proposta de classificação territorial do IBGE vê o Brasil menos urbano**. Agência Brasil, Rio de Janeiro, 31 de julho de 2017. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2017-07/nova-proposta-de-classificacao-territorial-do-ibge-ve-o-brasil-menos-urbano>> Acesso em 10 de junho de 2019.

OMS recomenda limites de exposição à poluição sonora. Deutsche Welle, Alemanha, 10 de outubro de 2018. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/oms-recomenda-limites-de-exposi%C3%A7%C3%A3o-%C3%A0-polui%C3%A7%C3%A3o-sonora/a-45831111>> Acesso em 2 de outubro de 2019.

ONU. **Nova Agenda Urbana**. Nova York, 2017. Disponível em: <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Portuguese-Brazil.pdf?fbclid=IwAR2koIM7MtqBh6i57G4fxWeWpbK52Jr7sXIrGdBbJF81bF2GSzY527FWdAY>> Acesso em 10 de junho de 2019.

ONU. **Relatório dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio 2015**. Nova York, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/07/MDG-2015-June-25.pdf>> Acesso em 16 de maio de 2019.

ONU. **World Urbanization Prospects 2018: Highlights**. Nova York, 2018. Disponível em: <<https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Highlights.pdf>> Acesso em 27 de maio de 2019.

ONU. **World Urbanization Prospects**. Nova York, 2014. Disponível em: <<https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-report.pdf>> Acesso em 10 de junho de 2019.

PBMC - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Mudanças Climáticas e Cidades: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas** [RIBEIRO, Suzana Kahn; SANTOS, Andrea Souza (Eds.)]. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www.pbmc.coppe.ufri.br/documentos/Relatorio_UM_v10-2017-1.pdf> Acesso em 12 de junho de 2019.

RODRIGES, Katia Fabiane; RIPPEL, Ricardo. **Desenvolvimento Sustentável e Técnicas de Mensuração**. Revista GEAS, São Paulo, v. 4, n. 3, p.73-88, setembro/dezembro. 2015. Disponível em: <<http://www.revistageas.org.br/ojs/index.php/geas/article/view/387/167>> Acesso em 16 de maio de 2019.

SACHS, Ignacy. **Desenvolvimento incluyente, sustentável, sustentado**. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

SDEWES Centre. **SDEWES Index**. Disponível em: <https://www.sdewes.org/sdewes_index.php> Acesso em 18 de agosto de 2019.

SICHE, Raúl et al. Índices versus Indicadores: Precisoões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. Revista Ambiente & Sociedade, Campinas, v. x, n. 2, p.137-148, jul./dez. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v10n2/a09v10n2.pdf>> Acesso em 1 de agosto de 2019.

SILVA, Sandra Regina Mota. **Indicadores de sustentabilidade urbana as perspectivas e as limitações da operacionalização de um referencial sustentável**. 2000. 272 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/4231?show=full>> Acesso em 20 de junho de 2019.

WBCSD - World Business Council for Sustainable Development. **SMP 2.0 - Sustainable Mobility Indicators**. Suíça, 2015. Disponível em: <<https://www.wbcd.org/Programs/Cities-and-Mobility/Transforming-Mobility/SiMPLify/Resources/SMP2.0-Sustainable-Mobility-Indicators-2nd-Edition>> Acesso em 23 de setembro de 2019.

WBCSD - World Business Council for Sustainable Development. **SMP 2.0 Final Report - Integrated Sustainable Mobility in Cities, a practical guide**. Suíça, 2016. Disponível em: <<https://www.wbcd.org/Programs/Cities-and-Mobility/Transforming-Mobility/SiMPLify/Resources/SMP2.0-Final-Report-Integrated-Sustainable-Mobility-in-Cities-a-practical-guide>> Acesso em 23 de setembro de 2019.