

Indicadores como instrumentos de avaliação de sistemas urbanos sustentáveis no mundo e no Brasil

A sustentabilidade dos sistemas urbanos é uma grande preocupação dos gestores em todo o mundo. Especialmente, as cidades em desenvolvimento devem aprimorar as suas práticas de gestão para estabelecer sistemas urbanos sustentáveis. Para que este tipo de sistema caminhe em direção ao desenvolvimento sustentável é imprescindível definir princípios, estudar e avaliar a sustentabilidade nos critérios social, econômico e ambiental. Para mensurar a sustentabilidade é necessário utilizar métodos e instrumentos, como indicadores. Estes constituem parâmetros que fornecem informações sobre o estado do ambiente, gerando um valor quantitativo. Neste ínterim, o objetivo da pesquisa foi identificar os princípios, critérios, métodos de avaliação e indicadores de sustentabilidade urbana desenvolvida e aplicados no mundo e no Brasil para auxiliar aos pesquisadores que trabalham com a gestão de sistemas urbanos. O levantamento documental foi realizado de novembro de 2020 a março de 2021 em periódicos científicos, com publicações entre 2016 a 2020. Foram listados e analisados 187 artigos. Nesse processo, foi imperativo ponderar alguns critérios de exclusão: não utilização de indicadores, foco desviado de sistema urbano e revisão bibliográfica. Ao final, um total de 49 artigos foi considerado para análise qualitativa e quantitativa. De acordo com os dados coletados, verificou-se que a integração do critério social foi o mais comum (33 artigos no total – 82,5%), seguida do critério ambiental (29 artigos no total – 72,5%) e econômico (27 artigos no total – 67,5%). Um total de 17 artigos utilizaram os critérios: social, econômico e ambiental. Constatou-se que não há consenso sobre esses critérios, porém, identificou-se a interdependência entre eles. A sustentabilidade não é atingida, tratando-se e aplicando-se as dimensões isoladamente. Percebeu-se também que para avaliar a sustentabilidade urbana, a maioria dos artigos utilizou índices (38,8%) e outros métodos, tais como: Avaliação do Ciclo de Vida, Análise de fluxo de materiais, Análise multicritério e Avaliação baseada em escalas. Portanto, o conjunto de princípios e indicadores de sustentabilidade urbana listado, permite apoiar futuras pesquisas, às comunidades e aos gestores urbanos para diagnosticar problemas e identificar pressões que fornecem informações úteis à intervenção social, econômica e ambiental, e, assim, alcançar a tão almejada cidades sustentáveis.

Palavras-Chave: Meio ambiente; Indicadores; Sistemas urbanos; Sustentabilidade; Gestão Ambiental.

Indicators as assessment instruments for sustainable urban systems in the world and in Brazil

The sustainability of urban systems is a major concern for managers around the world. In particular, developing cities must improve their management practices to establish sustainable urban systems. For this type of system to move towards sustainable development, it is essential to define principles, study and evaluate sustainability in social, economic and environmental criteria. To measure sustainability, it is necessary to use methods and instruments, such as indicators. These are parameters that provide information about the state of the environment, generating a quantitative value. In the meantime, the objective of the research was to identify the principles, criteria, assessment methods and indicators of urban sustainability developed and applied in the world and in Brazil to assist researchers who work with the management of urban systems. The documentary survey was carried out from November 2020 to March 2021 in scientific journals, with publications between 2016 and 2020. 187 articles were listed and analyzed. In this process, it was imperative to consider some exclusion criteria: not using indicators, deviating from the urban system and bibliographic review. At the end, a total of 49 articles were considered for qualitative and quantitative analysis. According to the data collected, it was found that the integration of the social criterion was the most common (33 articles in total - 82.5%), followed by the environmental (29 articles in total - 72.5%) and economic (27 articles in total - 67.5%). A total of 17 articles used the criteria: social, economic and environmental. It was found that there is no consensus on these criteria, however, the interdependence between them was identified. Sustainability is not achieved by treating and applying the dimensions in isolation. It was also noticed that to assess urban sustainability, most articles used indexes (38.8%) and other methods, such as: Life Cycle Assessment, Material flow analysis, Multicriteria analysis and Scale-based assessment. Therefore, the set of principles and indicators of urban sustainability listed, allows to support future research, to communities and urban managers to diagnose problems and identify pressures that provide useful information to social, economic and environmental intervention, and, thus, achieve the longed for sustainable cities.


Keywords: Environment; Indicators; Urban systems; Sustainability; Environmental management.

Topic: Engenharia Ambiental


Received: 13/04/2021


Approved: 14/05/2021

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Giselaine Maria Gomes de Medeiros 
Instituto Federal de Pernambuco, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0114057915171709>
<http://orcid.org/0000-0002-8463-7636>
lainemgm@gmail.com

Rui de Oliveira 
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil
<http://orcid.org/0000-0002-1972-9809>
ruiideo@gmail.com

Ruth Silveira do Nascimento 
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/817778861197791>
<http://orcid.org/0000-0002-1342-3075>
ruthsn@gmail.com

Mônica Maria Pereira da Silva 
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8972860324282858>
<http://orcid.org/0000-0002-1593-1698>
monicaea@terra.com.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.005.0028

Referencing this:

MEDEIROS, G. M. G.; OLIVEIRA, R.; NASCIMENTO, R. S.; SILVA, M. M. P.. Indicadores como instrumentos de avaliação de sistemas urbanos sustentáveis no mundo e no Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.5, p.327-347, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.005.0028>

INTRODUÇÃO

Com o surgimento do fordismo, caracterizado como o processo de produção e de consumo em massa no mundo, surge expressiva preocupação com as questões ambientais. Fatores decorrentes deste processo, como industrialização, modernização agrícola, concentração espacial, crescimento populacional e urbanização, constituíram preocupação e despertaram a consciência humana sobre a problemática ambiental global. Grandes desafios já são enfrentados pela humanidade para minimizar as ameaças decorrentes de alterações ambientais provocadas pelas próprias atividades antrópicas. Neste contexto, surge de forma emergencial a necessidade da implementação da gestão ambiental, estabelecendo ações que proporcionem o desenvolvimento sustentável dos sistemas urbanos, de forma a mitigar os desastres e favorecer a preservação e/ou conservação de diferentes espaços.

O conceito de sustentabilidade está profundamente relacionado com as mais variadas dimensões, mas, os três pilares, social, econômico e ambiental, apresentam estreita interdependência e ainda são os mais relevantes para que a sustentabilidade se estabeleça. A avaliação, a mensuração e o monitoramento da sustentabilidade exigirão necessariamente uma trinca de indicadores, pois é estatisticamente impensável fundir em um mesmo índice apenas duas de suas três dimensões. Para atingir a sustentabilidade devem-se valorizar as pessoas, a sua cultura e os seus saberes e não focar apenas na gestão dos recursos naturais, mas ter uma visão sistêmica das adversidades da sociedade. É um pensamento muito mais profundo, que visa verdadeira metamorfose do modelo civilizatório atual (VEIGA, 2010; SACHS, 2002).

Elaborar novos indicadores de desempenho urbano é um passo fundamental para ajudar as cidades, em longo prazo, a manter o recurso natural da Terra. Medidas tradicionais de desempenho econômico e índices de qualidade de vida urbana são insuficientes para captar a interdependência entre as questões sociais urbanas, o desenvolvimento econômico e a preservação do meio ambiente. Pois, embora as cidades afetem e sejam afetadas pelos sistemas naturais, além de seus limites espaciais, essa inter-relação não é refletida no planejamento das áreas urbanas (NATIONAL ACADEMIES, 2016).

Os indicadores de sustentabilidade urbana devem ser delimitados de acordo com um conjunto de fatores, tais como, econômicos, sociais, ambientais, culturais e institucionais e todos devem ser analisados simultaneamente. São elementos fundamentais aos gestores da ciência e da política, porque resumem, concentram e condensam informações complexas a uma quantidade significativa e gerenciável. São necessários para dar suporte às decisões, sendo vistos como elementos essenciais para comunicar os problemas de desenvolvimento a legisladores e à sociedade civil, e por promover o diálogo institucional (SPILLER, 2016; OECD, 2000).

Muitos líderes de cidades que aspiram mudar as políticas de desenvolvimento usam indicadores para documentar o progresso urbano como fonte de orgulho. São vistos por líderes políticos e econômicos como indicadores da percepção da área urbana e podem impactar o turismo e aumentar as perspectivas de desenvolvimento econômico e social (NATIONAL ACADEMIES, 2016).

Não restam dúvidas de que os indicadores de sustentabilidade auxiliam aos tomadores de decisão a

definir metas para o desenvolvimento sustentável dos sistemas urbanos. São utilizados na fase de diagnóstico da gestão ambiental, tornando-se, instrumentos imprescindíveis às etapas de planejamento e avaliação ambiental da área de interesse. De posse de indicadores bem delineados e fundamentados em métodos da literatura e experiências em pesquisas científicas, espera-se que estes subsidiem a gestão ambiental dos sistemas urbanos, nos âmbitos sociais, econômicos e ambientais e que forneçam informações sobre o estado do ambiente, auxiliando nos processos decisórios. Assim, objetivou-se, nesta pesquisa, identificar os princípios, critérios, métodos de avaliação e indicadores de sustentabilidade urbana desenvolvida e aplicada no mundo e no Brasil, para auxiliar aos pesquisadores que trabalham com a gestão de sistemas urbanos.

METODOLOGIA

Para atingir o objetivo proposto, o procedimento metodológico utilizado foi a revisão bibliográfica e documental a respeito de indicadores de sustentabilidade aplicados em todo o mundo, caracterizando uma pesquisa de natureza qualitativa, de cunho documental. De acordo com Stake (2011), na pesquisa qualitativa, o próprio pesquisador é um instrumento ao observar ações e contextos e os métodos de pesquisa mais comuns são a observação, a entrevista e a análise dos documentos.

O levantamento documental foi realizado na base de dados do portal da CAPES entre os meses de novembro de 2020 a março de 2021 em periódicos acadêmicos e científicos, com publicações entre 2016 a 2020, no intervalo máximo de quatro anos. Foi utilizado o seguinte tema de pesquisa: *sustainability indicators in urban systems*. Os artigos selecionados no portal da Capes foram ordenados por “mais acessados”, e na opção “refinar meus resultados” foram selecionados os tópicos: desenvolvimento sustentável, sustentabilidade e gestão ambiental. Foram listados 187 periódicos revisados por pares, relacionados ao desenvolvimento sustentável com propostas de indicadores de sustentabilidade em sistemas urbanos em várias revistas científicas.

A revisão sistemática foi realizada de acordo com as seguintes etapas: seleção dos artigos científicos, avaliação do texto completo de todos os documentos potencialmente elegíveis com base em critérios previamente identificados para inclusão/exclusão; os artigos (incluídos e excluídos) foram novamente selecionados por cada autor deste artigo, de forma independente, em seguida, foram identificados os artigos a serem levados em consideração numa planilha (autores, ano e título), e por último, foram analisados os artigos compilados na planilha.

Dos 187 artigos, cada um foi analisado individualmente para identificar os princípios e os critérios e da sustentabilidade, os métodos de avaliação considerados e os indicadores mais utilizados internacionalmente em sistemas urbanos. Porém, no processo de análise, foi necessário ponderar alguns critérios de exclusão: não utilização de indicadores, foco desviado de sistema urbano e revisão bibliográfica. Esses critérios foram relevantes para incluir ou excluir estudos de caso emergentes na base de dados da pesquisa, isto é, para certificar de que sejam incluídos todos os artigos significativos ou que possam ter algum impacto no término da revisão.

Ao final, um total de 49 artigos foi considerado para análise qualitativa. A Tabela 1 apresenta a relação dos periódicos mais frequentes das publicações analisadas e os seus respectivos fatores de impacto (FI) em 2019, segundo o *Journal Citation Reports*. Além destes, os artigos analisados também foram publicados nos periódicos *Ambio*, *Environmental Science and Pollution Research*, *Landscape Ecology*, *Resources, Conservation and Recycling*, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, entre outros.

Tabela 1: Fator de impacto de alguns dos periódicos utilizados nas publicações analisadas.

Periódicos	Quantidade de artigos analisados	FI do periódico
<i>Environmental Development and Sustainability</i>	14	2,19
<i>Sustainability Science</i>	12	5,30
<i>Environmental Monitoring and Assessment</i>	4	1,90
<i>Ecological Indicators</i>	3	4,23
<i>Environmental Management</i>	2	5,65

Na análise dos indicadores de sustentabilidade urbana foi necessário realizar uma categorização para resumir e facilitar a informação sobre um conjunto de indicadores encontrados nos artigos analisados. Segundo Bardin (2011), “é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo um gênero, com os critérios bem definidos.”

Após analisar sistematicamente um conjunto de indicadores por critérios (social, econômico e ambiental) foi realizada uma classificação destes indicadores de acordo com categorias associadas a cada critério. A exemplo do critério social foi possível observar que o conjunto de indicadores pode ser classificado conforme categorias de acessibilidade, educação, herança cultural, saúde e segurança. Na análise documental foram observados também a área geográfica da pesquisa, os setores urbanos de aplicação dos indicadores e a contribuição na transferência de informações sobre a realidade do sistema urbano, orientando decisões.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os princípios de sustentabilidade direcionam ao caminho do desenvolvimento sustentável. É importante ressaltar que tanto no levantamento das informações quanto na análise e definição de princípios para tomada de decisão, devem ser consideradas as políticas públicas nos seus três níveis de abrangência: nacional, estadual e municipal, bem como das demandas da sociedade difusa. Integrar os princípios de desenvolvimento sustentável nas políticas e nos programas nacionais faz parte do objetivo sete dos “Objetivos do Milênio”, determinados pela Organização das Nações Unidas.

Desde o início de 1990, um número crescente de organizações esteve envolvido no desenvolvimento de sistemas de indicadores em torno das preocupações socioeconômicas e ambientais essenciais do desenvolvimento sustentável dentro do seu próprio contexto.

A fim de fornecer orientação ao desenvolvimento sustentável e promover as melhores práticas, em novembro de 1996, no Centro de Estudos e Conferências da Fundação Rockefeller, em Bellagio, Itália, um grupo de especialistas, pesquisadores e profissionais da área de sustentabilidade, do mundo todo, se reuniu com o objetivo de levantar experiências sobre os principais aspectos relacionados à avaliação da

sustentabilidade, e como resultado, publicaram a primeira versão dos Princípios de Bellagio, constando de dez princípios (PINTÉR et al., 2012).

Em 2008 de maneira similar, um grupo de especialistas, partindo dos dez princípios iniciais, considerados como um conjunto completo e original ajustou para oito princípios, e em 2009, publicou em Bellagio STAMP: Princípios de avaliação e mensuração da sustentabilidade (PENTEADO et al., 2014). Segundo Pintér et al. (2012), o número de princípios foi reduzido para eliminar as ambiguidades e duplicações presentes no conjunto original e apresentar novos pontos de ênfase. Estes princípios são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Princípios de avaliação e mensuração da sustentabilidade de Bellagio.

<p>Princípio 1: Visão orientadora A avaliação do progresso em direção ao desenvolvimento sustentável deve:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser guiada pelo objetivo de oferecer o bem-estar respeitando a capacidade da biosfera em sustentá-la para as gerações futuras.
<p>Princípio 2: Considerações essenciais A avaliação do progresso em direção ao desenvolvimento sustentável considera:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O sistema social, econômico e ambiental como um todo, e as interações entre seus componentes, incluindo questões relacionadas à governança; • Dinâmicas e interações entre tendências atuais e condutores de mudança; • Riscos, incertezas e atividades que podem ter impactos além das fronteiras; • Implicações para a tomada de decisões, incluindo trocas e sinergias.
<p>Princípio 3: Escopo adequado A avaliação do progresso em direção ao desenvolvimento sustentável deve adotar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Um horizonte de tempo apropriado para capturar tanto a curto como a longo prazo efeitos das atuais decisões políticas e atividades humanas; <p>Um alcance geográfico adequado, abrangendo do local para o global.</p>
<p>Princípio 4: Estrutura e indicadores As avaliações de sustentabilidade serão baseadas em:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uma estrutura conceitual que identifique os domínios que os principais indicadores devem cobrir; • Os mais recentes e confiáveis dados, projeções e modelos para descobrir tendências e construir cenários; • Métodos de medição padronizados, tanto quanto possível, com interesse na comparabilidade; <p>Comparação dos valores dos indicadores com metas e referências, quando possível.</p>
<p>Princípio 5: Transparência A avaliação dos progressos em direção ao desenvolvimento sustentável irá:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Garantir que os dados, indicadores e resultados da avaliação sejam acessíveis ao público; • Explicar as escolhas, suposições e incertezas que influenciam nos resultados da avaliação; • Divulgar as fontes dos dados e dos métodos; <p>Divulgar todas as fontes de financiamento, e possíveis conflitos de interesses.</p>
<p>Princípio 6: Comunicação efetiva No interesse de uma comunicação eficaz, para atrair o público mais amplo possível e minimizar o risco de uso indevido, as avaliações de sustentabilidade irá:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Usar linguagem clara e simples; • Apresentar informações de maneira honesta e objetiva, que ajude a inspirar confiança; • Use ferramentas visuais e gráficas inovadoras para ajudar na interpretação e a contar uma história; <p>Disponibilizar dados com detalhes de forma confiável e prática.</p>
<p>Princípio 7: Ampla participação Para fortalecer sua legitimidade e relevância, as avaliações de sustentabilidade deverá:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Encontrar caminhos apropriados para que a opinião pública reflita, enquanto fornece uma liderança ativa; <p>Envolver-se desde o início com os usuários da avaliação para que seja mais adequado às suas necessidades.</p>
<p>Princípio 8: Continuidade e capacidade Avaliação do progresso em direção ao desenvolvimento sustentável exigirá:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Repetidas medições; • Capacidade de resposta a mudanças; • Investimento para desenvolver e manter capacidade adequada; <p>Aprendizado e melhoria contínuos.</p>

Fonte: PINTÉR et al. (2012).

Para estabelecer a sustentabilidade urbana, em 2016, a *National Academies of Sciences, Engineering and Medicine* (Academias Nacionais de Ciências, Engenharia e Medicina) adotou princípios de sustentabilidade consistentes para identificar oportunidades e restrições em diferentes contextos encontrados em áreas urbanas. A National Academies (2016) destaca que cada cidade está ligada ao sistema global de outras cidades, pois as ações tomadas em um lugar provavelmente terão efeitos em

outros lugares. Como tal, os caminhos para a sustentabilidade urbana devem adotar uma abordagem multiescalar que destaque dependências de recursos e interligações das cidades, com envolvimento dos cidadãos e parcerias regionais, bem como, interações verticais entre diferentes níveis governamentais. Nesse contexto, a National Academies (2016) oferece quatro princípios relevantes para promover a sustentabilidade urbana, os quais estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2: Princípios da sustentabilidade urbana proposto pela *National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine*.

<p>Princípio 1: O Planeta tem limites biofísicos A sustentabilidade urbana exigirá a reconceitualização dos limites de responsabilidade para os residentes urbanos, liderança urbana e atividades urbanas. Exigirá o reconhecimento dos aspectos biofísicos e termodinâmicos da sustentabilidade. Simplificando, quaisquer planos de sustentabilidade, incluindo aqueles aplicados em áreas urbanas, não podem violar as leis da natureza se quiserem alcançar resultados aceitáveis e de longo prazo para as populações humanas. As cidades têm papéis centrais na gestão da sustentabilidade dos recursos do Planeta.</p>
<p>Princípio 2: Os sistemas humanos e naturais estão fortemente interligados e se unem nas cidades Pessoas saudáveis, ambientes biofísicos saudáveis e interações ser humano-ambiente saudáveis são relações sinérgicas que amparam a sustentabilidade das cidades. Para que os lugares urbanos sejam sustentáveis a partir de perspectivas econômicas, ambientais e de equidade, os caminhos requerem uma abordagem sistêmica em torno de três considerações: escala, alocação e distribuição. Ecossistemas humanos e naturais saudáveis exigem que um conjunto multidimensional de interesses de uma comunidade seja expresso e que ações sejam intencionais para mediar esses interesses.</p>
<p>Princípio 3: A desigualdade urbana prejudica os esforços de sustentabilidade À medida que as redes de água, de esgoto e de águas pluviais crescem entre extensas regiões urbanas e dentro das cidades, questões severas de desigualdades econômicas, políticas e de classe tornam-se centrais para a sustentabilidade urbana. Esforços para reduzir as graves disparidades urbanas na saúde pública, prosperidade econômica e engajamento dos cidadãos permitem que as cidades melhorem todo o seu potencial e se tornem lugares mais atraentes e inclusivos para viver e trabalhar, segundo <i>United Nations</i> (UN, 2016). Políticas e normas culturais que apoiam a emigração e o deslocamento de certas populações impedem o progresso econômico e ambiental e prejudicam a sustentabilidade urbana. Políticas de longo prazo e atividades institucionalizadas que podem promover maior equidade podem contribuir para o futuro das cidades sustentáveis.</p>
<p>Princípio 4: As cidades são altamente interconectadas Uma visão sistêmica, focada no entendimento da estrutura e do comportamento do sistema, exigirá a construção e o gerenciamento de ferramentas e métricas transdisciplinares. Este requisito se aplica à governança vertical em todos os níveis de administração, do local ao federal e internacional, e, horizontalmente, entre vários setores e espaços urbanos. Políticas duradouras de sustentabilidade que transcendam líderes únicos, por mais influentes que sejam, também serão necessárias para promover governança confiável e interconexão, em longo prazo, para as cidades.</p>

Fonte: Adaptado de *National Academies of Sciences, Engineering and Medicine* (2016).

Nas 49 publicações analisadas, após leituras sistemáticas e contínuas foi possível observar quais princípios de sustentabilidade urbana, determinados pela National Academies (2016), foram utilizados pelos autores para o desenvolvimento da pesquisa. A Tabela 2 apresenta a distribuição da quantidade de artigos com relação aos quatro princípios, apresentados no Quadro 2. Constata-se que nos artigos foram observados mais de um princípio (Tabela 2): 49% ponderaram dois princípios, 10% consideraram três princípios e 4% apenas, quatro princípios. Desse modo, nota-se que em 37% dos artigos analisados foi sopesado apenas um princípio.

Ainda avaliando os dados expostos na Tabela 2, verifica-se que o princípio 2 foi o mais comum entre os artigos analisados (95,9%) - os sistemas humanos e naturais estão fortemente interligados e se unem nas cidades - seguido do princípio 3 (44,9%) - a desigualdade urbana prejudica os esforços de sustentabilidade-, e do princípio 1 (24,5%) - o planeta tem limites biofísicos. O de menor interesse entre os artigos estudados foi o princípio 4 (16,3%) - as cidades são altamente interconectadas. Este resultado aponta para a necessidade de admitir a governança e as interconexões existentes entre os sistemas urbanos, as cidades e as regiões nos estudos sobre sustentabilidade urbana.

Tabela 2: Princípios da sustentabilidade mais considerados em sistemas urbanos nos artigos analisados.

Artigos analisados	Princípios de Sustentabilidade Urbana considerados nos artigos				Nº de princípios considerado por artigo (unidade)
	1	2	3	4	
1		•			1
2		•			1
3	•	•	•		3
4		•			1
5		•	•		2

6		•	•	•	3
7	•	•			2
8		•	•		2
9		•			1
10	•				1
11	•	•	•		3
12		•	•		2
13		•	•		2
14	•	•			2
15		•	•		2
16	•	•	•	•	4
17		•	•		2
18		•			1
19	•	•			2
20	•	•	•	•	4
21	•	•			2
22		•	•		2
23		•	•		2
24		•			1
25			•		1
26		•	•		2
27	•	•			2
28	•	•	•		3
29		•	•		2
30		•	•		2
31		•	•		2
32		•		•	2
33		•			1
34		•	•		2
35		•			1
36		•	•		2
37		•			1
38		•			1
39		•			1
40		•		•	2
41		•			1
42		•		•	2
43		•			1
44		•			1
45		•	•		2
46	•	•		•	3
47		•		•	2
48		•			1
49		•			1
Total (unidade)	12	47	22	8	
Distribuição (%)	24,5	95,9	44,9	16,3	

Legenda: 1- o planeta tem limites biofísicos; 2- os sistemas humanos e naturais estão fortemente interligados e se unem nas cidades; 3- a desigualdade urbana prejudica os esforços de sustentabilidade; 4- as cidades são altamente interconectadas.

As cidades são altamente relevantes, se não centrais, para qualquer discussão sobre desenvolvimento sustentável. Embora as áreas urbanas possam ser centros de mobilidade social e econômica, elas também podem ser lugares com significativa desigualdade, debilidade e degradação ambiental, isto é, uma grande parcela da população mundial com necessidades não atendidas vive em áreas urbanas (NATIONAL ACADEMIES, 2016). Áreas e comunidades urbanas são entidades dinâmicas e suas características mudam de acordo com as circunstâncias locais e prioridades. Isso, em parte, reflete o interesse global em sustentabilidade urbana (ZHANG et al., 2018). Segundo Huang et al. (2015) a sustentabilidade urbana tornou-se cada vez mais proeminente nas agendas políticas e estudos científicos durante as últimas décadas.

Segundo Worldwatch Institute (2007), um ambiente urbano sustentável é um ambiente em movimento que, em direção à sustentabilidade, melhora a saúde pública e o bem-estar, reduz seus impactos ambientais, cada vez mais recicla seus materiais e utiliza energia com crescente eficiência. De acordo com Zhao (2011), uma cidade sustentável é aquela que pode proporcionar e garantir bem-estar para os seus habitantes com a capacidade de manter os serviços e melhorar os seus ecossistemas. Para Wu

(2014), sustentabilidade urbana é um processo adaptativo de facilitar e manter um ciclo virtual entre os serviços dos ecossistemas e bem-estar humano através de ações ecológicas, econômicas e sociais em resposta a mudanças dentro e fora da paisagem.

Para o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2018), melhorar a mobilidade urbana, controlar a poluição sonora, atmosférica e da água, realizar o descarte de resíduos sólidos, melhorar a eficiência energética e o uso de água, entre outros aspectos, contribuem para tornar o ambiente urbano sustentável. Assim, observa-se que, ao longo do tempo, o conceito de sustentabilidade urbana tende a centrar na relação entre os serviços do ecossistema e o bem-estar humano sem comprometer o bem-estar dos demais seres vivos. O bem-estar humano se relaciona, diretamente, com a redução das graves desigualdades econômicas, políticas e de classe social. Nos artigos publicados, verifica-se a relevância e a utilização destes princípios (relacionam-se com os princípios 2 e 3 – Quadro 2) nos estudos sobre sustentabilidade urbana. Segundo o National Academies (2016), as desigualdades extremas ameaçam a saúde pública, a prosperidade econômica e o engajamento dos cidadãos, estes são elementos essenciais da sustentabilidade urbana. Embora a classe perfeita e a igualdade econômica não sejam possíveis, as severas disparidades urbanas devem ser controladas, para que as cidades percebam todo o seu potencial e se tornem locais atraentes de escolha para moradores urbanos e novos imigrantes urbanos.

O sistema urbano, em termos de infraestrutura, funciona de forma integrada com outros sistemas, a exemplo de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, resíduos sólidos, energia e zoneamento. De uma forma geral, a forma como os sistemas urbanos funcionam, pode impactar outros sistemas, abrangendo diversas cidades e regiões por serem interconectadas. Logo, uma cidade ou região não pode estabelecer a sustentabilidade, se seus princípios e ações possuem uma perspectiva a nível local. As áreas urbanas e as atividades dentro delas usam recursos e produzem subprodutos (resíduos e poluição), que impulsionam muitos tipos de mudanças globais, como o esgotamento de recursos, mudanças no uso da terra, perda de biodiversidade, e altos níveis de uso de energia e emissões de gases de efeito estufa. Em longo prazo e em escalas globais, a economia e o desenvolvimento serão limitados por recursos finitos e pelos limites biofísicos do planeta para fornecer os recursos necessários para o desenvolvimento, a industrialização e a urbanização. Atualmente, muitas cidades têm estratégias de sustentabilidade que, explicitamente, não esclarecem os impactos indiretos, distantes ou de longa duração dos impactos de consumo em todas as cadeias de suprimentos e produtos. Logo, a sustentabilidade urbana não pode ser nas cidades, mas também deve abranger lugares e terras de onde esses recursos se originam (SETO et al., 2012; NATIONAL ACADEMIES, 2016).

Vale destacar que, nos estudos sobre a sustentabilidade dos sistemas urbanos é fundamental incorporar a governança. Para a National Academies (2016), enfrentar os desafios da administração planetária exige novas soluções e sistemas de governança que respondam as realidades da interconectividade. Atualmente, a governança urbana é amplamente focada em questões únicas como a água, transporte ou desperdício. Um sistema de governança multiescala que aborda explicitamente, as cadeias de recursos interconectadas e lugares interconectados são necessários para a transição para a

sustentabilidade urbana. Quanto aos critérios de sustentabilidade, Sachs (2002) considera oito dimensões principais, descritos no Quadro 3.

A Figura 1 apresenta a análise quantitativa dos critérios utilizados para avaliar a sustentabilidade dos sistemas urbanos. Dos 49 artigos analisados, observa-se que os critérios social, ambiental e econômico estão presentes em 40 publicações, e que 19 artigos (47,5%) destas publicações, associaram outros critérios (físicos, ecológicos, técnicos, culturais, hidrológicos, políticos, entre outros). Nos resultados apresentados na Figura 1, a área da caixa é proporcional ao número de artigos (enumerados em cada linha), e os pontos a direita indicam a integração dos critérios que estão identificados pela cor.

Verifica-se que a integração do critério social foi o mais comum (33 artigos no total – 82,5%), seguida do critério ambiental (29 artigos no total – 72,5%) e econômico (27 artigos no total – 67,5%). Um total de 17 artigos utiliza os critérios dos três pilares da sustentabilidade (ambiental, econômico e social), seguido de oito artigos que citaram critérios social e econômico, cinco utilizaram apenas o critério ambiental cinco artigos critérios social e ambiental, três artigos apenas o critério social e dois artigos mencionam os critérios ambiental e econômico (Figura 1).

Quadro 3: Dimensões da sustentabilidade, segundo Sachs (2002).

Dimensões	Descrição
Social	Alcance de um patamar razoável de homogeneidade social; distribuição de renda justa; emprego pleno e/ou autônomo com qualidade de vida decente e igualdade no acesso aos recursos e serviços sociais.
Cultural	Equilíbrio entre respeito a tradição e inovação; capacidade de autonomia para elaboração de um projeto nacional integrado e endógeno e autoconfiança combinada com abertura para o mundo.
Ecológica	Preservação do potencial do capital natureza na sua produção de recursos renováveis.
Ambiental	Respeitar e realçar a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais.
Territorial	Configurações urbanas e rurais balanceadas; melhoria do ambiente urbano; separação das disparidades inter-regionais; estratégias de desenvolvimento ambientalmente seguras para áreas ecologicamente frágeis.
Econômico	Desenvolvimento econômico intersetorial equilibrado; segurança alimentar; modernização contínua dos instrumentos de produção; razoável nível de autonomia na pesquisa científica e tecnológica; inserção soberana na economia internacional.
Política (nacional)	Democracia definida em termos de apropriação universal dos direitos humanos; desenvolvimento da capacidade do Estado para implementar o projeto nacional em parceria com todos os empreendedores; um nível razoável de coesão social.
Política (internacional)	Eficácia do sistema de prevenção de guerras da ONU, na garantia da paz e na promoção da cooperação internacional; um pacote Norte-Sul de co-desenvolvimento, baseado no princípio de igualdade; controle institucional efetivo do sistema internacional financeiro e de negócios, e da aplicação do Princípio da Precaução na gestão do meio ambiente e dos recursos naturais; prevenção das mudanças globais negativas e da diversidade biológica (e cultural); e gestão do patrimônio global, sistema efetivo de cooperação científica e tecnológica internacional, e eliminação parcial do caráter de commodity da ciência e tecnologia, também como propriedade da herança comum da humanidade.

Fonte: SACHS (2002).

Constatou-se que não existe um consenso sobre os critérios de sustentabilidade. O que se sabe é que existe uma interdependência entre eles, isto é, não se atinge a sustentabilidade, tratando-se as dimensões de forma isolada. Para Purvis et al. (2018), uma descrição particularmente prevalente de sustentabilidade emprega esses três pilares interconectados. Segundo a *Organization for Economic Co-operation and Development* (OECD, 2008), há dois pontos essenciais para o desenvolvimento sustentável. Em primeiro lugar, o reconhecimento de que a economia crescer por si só não é suficiente para resolver os problemas do mundo: os aspectos econômicos, sociais e ambientais de qualquer ação se encontram interligados. Considerar um destes aspectos de cada vez leva a erros de julgamento e a resultados “insustentáveis”. O fato de centrarmos apenas nas margens de lucro, por exemplo, levou no passado a

danos sociais e ambientais, pelos quais a sociedade acabou por pagar. No entanto, cuidar do ambiente e fornecer serviços que as pessoas necessitam, depende, pelo menos de recursos econômicos.

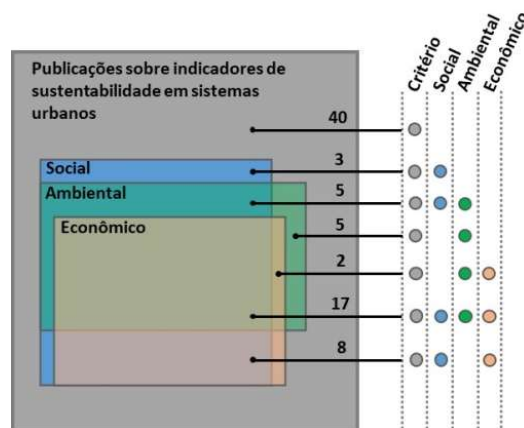


Figura 1: Interseção dos principais critérios utilizados em sistemas urbanos nos artigos analisados

Observa-se que os três critérios social, econômico e ambiental foram comuns ao número significativo de artigos analisados (17 artigos), o que incide na percepção da importância do tripé da sustentabilidade para mensurar e avaliar o desenvolvimento sustentável. Independentemente do contexto, a sustentabilidade fundamenta-se na inter-relação: habitat, pessoas e sistemas econômicos.

Para a *Organization for Economic Co-operation and Development* (OECD, 2008), à primeira vista, medir o desenvolvimento sustentável parece ser impossível. O tema é muito vasto e possui muitas influências – atividades antrópicas, alteração climática, proteção social das crianças, éticas de negócio, política governamental, tendências dos consumidores, e muitos outros. Sabe-se que o desenvolvimento sustentável envolve variáveis econômicas, sociais e ambientais – e todas elas devem ser medidas de alguma forma. Surgem os indicadores que podem ser usados para medir o desenvolvimento sustentável e que precisam ser desenvolvidos para fornecer uma base para a tomada de decisões, como afirmam Cucek et al. (2012).

Existem vários métodos que utilizam indicadores como instrumentos de avaliação da sustentabilidade, aplicados mundialmente. Como exemplo, Pegada Ecológica, Pegada de Carbono, Índices diversos (de recursos hídricos, espacial, de estrutura do solo), Padrões de Relatório da Sustentabilidade da *Global Reporting Initiative* (GRI), Painel de controle da sustentabilidade, Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), Análise multicritério, entre outros. Com base na análise qualitativa dos 49 artigos selecionados, a Figura 2 apresenta o percentual dos métodos mais utilizados nas pesquisas para avaliar a sustentabilidade urbana.

Observa-se que a maioria dos artigos analisados utilizou índices (38,8%) para avaliar a sustentabilidade urbana. Estes incluíam índice composto de vulnerabilidade, índice de vegetação de diferença normalizada, índice agregado do mercado de energia sustentável, de sustentabilidade para bacias hidrográficas, índice Fuzzi, de diversidade de Shannon, índice composto de paisagem normalizada, de estrutura do sistema, de recursos hídricos, índice espacial, de erosividade potencial e de estrutura do solo.

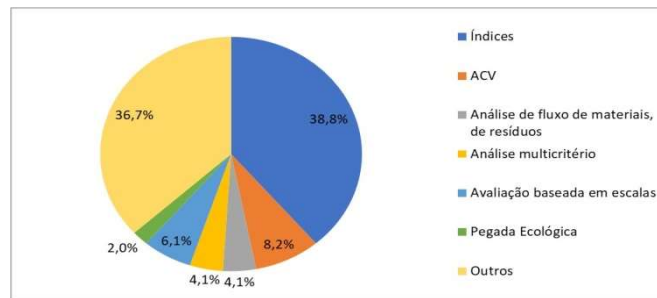


Figura 2: Métodos de avaliação da sustentabilidade utilizados em sistemas urbanos nos artigos analisados.

Para Siche et al. (2007), índice é um valor numérico que representa a correta interpretação da realidade de um sistema simples ou complexo (natural, econômico ou social), utilizando, em seu cálculo, bases científicas e métodos adequados. O índice pode servir como um instrumento de tomada de decisão e previsão, e é considerado um nível superior da junção de um jogo de indicadores ou variáveis. É um excelente instrumento que revela o estado do ecossistema, servindo de subsídio para compreender à sustentabilidade do meio. A ACV foi utilizada em 8,2% dos artigos analisados como método para avaliar o impacto potencial do sistema em estudo. Este método ganhou popularidade em várias áreas do conhecimento, por avaliar o impacto potencial nos processos produtivos e, em especial, no setor urbano, para integrar as questões ambientais no processo de planejamento, auxiliando nas tomadas de decisão. Os artigos analisados que utilizaram a ACV consideraram os critérios ambiental e social ou apenas ambiental.

Para Bjorn et al. (2018), a principal razão para assumir uma perspectiva de ciclo de vida é que ela permite identificar e prevenir a mudança de carga que acontece entre os processos do ciclo de vida, se os esforços para reduzir os impactos ambientais negativos em um processo do ciclo de vida cria acidentalmente (possivelmente maiores) impactos ambientais em outros processos ou fases do ciclo de vida. Isto é, ao realizar um estudo de ACV e conhecer os impactos causados ao longo do ciclo de vida do produto, podem-se controlar impactos ambientais negativos e introduzir melhorias em seus processos produtivos.

Conforme Huang et al. (2015), a ACV é uma abordagem que fornece uma estrutura para o desenvolvimento de indicadores específicos, relacionados diretamente às diferentes fases do ciclo de vida de um produto ou serviço, após um período de contabilidade do uso de recursos e impactos. Um desenvolvimento recente na ACV, particularmente relevante para a sustentabilidade urbana, é a integração das técnicas de ACV com o modelo conceitual do metabolismo urbano. Este descreve os fluxos de entradas e saídas internos de material (exemplos: carbono, água, nutrientes e poluentes) e energia em uma cidade (HUANG et al., 2015). Esta abordagem tem sido amplamente utilizada na ecologia urbana e industrial, uma vez que proporciona uma estrutura útil para analisar o consumo de recursos e produção de resíduos nos sistemas urbanos, bem como para facilitar a ligação entre o meio ambiente, a sociedade e a economia (VAN LEEUWEN et al., 2012). Nos artigos analisados, 4,1% utilizou a abordagem de metabolismo urbano para quantificar os fluxos de materiais e/ou resíduos em sistemas urbanos (Figura 2).

O metabolismo urbano proporciona a compreensão do fluxo de materiais e de energia com foco explícito nas cidades. É usado como uma base conceitual para o desenvolvimento de indicadores de

sustentabilidade urbana, como pegadas ecológicas e conjuntos de indicadores metabólicos urbanos (KENNEDY et al., 2014). Cerca de 4,1% dos artigos estudados utilizaram a análise multicritério para auxiliar na avaliação da sustentabilidade urbana. A gestão das áreas urbanas envolve diferentes atores, como órgãos governamentais em todas as esferas, tomadores de decisão e sociedade, na busca de um sistema integrado e sustentável. Essa multidisciplinaridade implica em conflitos de interesse, devido às diferentes visões/opiniões dos envolvidos no que diz respeito às questões social, econômica, ambiental, operacional e política. Diversos estudos utilizam a análise multicriterial com o objetivo de solucionar ou minimizar os conflitos no processo de tomada de decisão na gestão dos sistemas urbanos.

De acordo com Melville-Shreeve et al. (2016), os métodos de análise multicritério são frequentemente empregados na área da gestão integrada dos sistemas urbanos para apoiar os tomadores de decisão que desejam diferenciar as opções com características multifacetadas. O método geralmente apresenta a seguinte estrutura: define problema, identifica várias alternativas, estabelece critérios associados aos objetivos, preenche matriz de desempenho e avalia o desempenho em relação aos critérios. Essas técnicas adicionam, no final, um nível de opinião especializada para permitir que a opção de preferência seja selecionada daqueles com melhor desempenho.

Uma vez que os critérios ambientais, econômicos e sociais são parciais ou totalmente conflitantes e, por natureza, muito diversos e expressos em diferentes unidades, a probabilidade ou avaliações subjetivas, a análise de decisão multicritério é o método adequado para avaliar a sustentabilidade de um modelo de gestão em sistemas urbanos. O benefício da análise multicritério na avaliação do cenário sustentável é que ela permite o uso de critérios qualitativos e quantitativos (indicadores de desenvolvimento sustentável). Também possibilita a participação de diferentes grupos de tomadores de decisão, mesmo com objetivos opostos na definição de indicadores e na tomada de decisão (MILUTINOVIĆ et al., 2014).

Para Fontana et al. (2013), a análise de decisão multicritério é um instrumento útil para estruturar o processo decisório. Pode ser definida como um conjunto de métodos de apoio à tomada de decisão, em que dois ou mais critérios são considerados simultaneamente e de forma explícita. Cinelli et al. (2014) relata que, devido à complexidade da avaliação da sustentabilidade e à necessidade de fornecer um caminho para a conquista de um futuro sustentável, decisões devem ser tomadas, e isso, deve acontecer de forma estruturada, transparente e confiável e a análise multicritério pode contribuir para tal objetivo.

De acordo com a Figura 2, em 6,1% dos artigos analisados foram utilizadas escalas. A escala Likert (4,1%) e a escala global e local (2,0%) mediram os indicadores e auxiliaram na avaliação da sustentabilidade do meio. Escalas são técnicas psicométricas que estão sendo desenvolvidas, instituídas e aperfeiçoadas a fim de atender à quantificação de características como habilidade, percepções, qualidades e perspectivas (JOSHI et al., 2015). A avaliação de desempenho das cidades pode ser realizada comparando as escalas locais com a escala média global. Os dados de sustentabilidade de uma cidade (para cada indicador) podem ser comparados aos dados relevantes da média global. Esta metodologia também permite comparações do nível de sustentabilidade entre cidades (HOORNWEG et al., 2016).

Conforme Elsaid et al. (2017), através da utilização de uma escala Likert indicando diferentes níveis de desempenho, os indicadores de sustentabilidade podem ser usados para determinar a que distância um plano de gestão de uma cidade reflete os objetivos do desenvolvimento sustentável. Isto é, os estudos que utilizam escala de Likert, tem ideia do grau de relevância do indicador quanto à medida da sustentabilidade. Para Yigitcanlar et al. (2015), a escala Likert ajuda a colocar uma medida de desempenho de uma área urbana em uma escala comparável com outras configurações urbanas, ou para determinar o cumprimento de metas de sustentabilidade definido por planos locais. Observa-se conforme Figura 2 que a Pegada Ecológica foi a menos utilizada nos artigos analisados. Apenas 2,0% dos artigos utilizaram essa metodologia. Vale destacar que a metodologia não inclui, em seu cálculo, os critérios econômico e social, apenas o ambiental. Esta consiste em traçar uma comparação entre o consumo humano e a capacidade de regeneração da natureza. É de certo modo, uma avaliação cartesiana.

Van Bellen (2006) relata que é um indicador demasiadamente genérico, estático, presente e incapaz de projetar o futuro, mas, tornou-se um dos principais métodos de avaliação da sustentabilidade em diversos países. Para Chen et al. (2013), instrumentos precisam ter uma visão sistêmica de sustentabilidade para que todos os três pilares da sustentabilidade sejam abordados. Métodos desenvolvidos para medir critérios específicos da sustentabilidade (por exemplo, aspectos ambientais como a Pegada Ecológica) pode fornecer uma análise precisa, mas não é suficiente para refletir a visão sistêmica da sustentabilidade. Nas últimas décadas, uma infinidade de metodologias e instrumentos foram desenvolvidos para realizar estudos de avaliação de sustentabilidade, com interesse em diferentes escopos (diferentes pilares) e objetivos, com alguns cobrindo apenas um determinado pilar e objeto de sustentabilidade (Pegada Ecológica, ACV), e com outros ampliando ambos (análise multicritério, análise de risco e outros), como informa Ness et al. (2007), que não necessariamente dizem respeito apenas as questões de sustentabilidade, mas podem ser estendidas a uma variedade de outras áreas problemáticas além dos limites disciplinares.

O proponente da Pegada Ecológica (EF) Rees (2000) admitiu que “não produz uma imagem ampla da sustentabilidade ecológica”, porém, que o âmbito limitado da Pegada Ecológica não invalida o método para o que se mede; sugere que os cálculos da EF provavelmente subestimam as reais somas de bens humanos do ecossistema. Hayden (2016) relata que, embora sejam necessários indicadores complementares de sustentabilidade e melhorias na qualidade e metodologia dos dados, a EF é um indicador útil do uso sustentável dos recursos naturais, que é fácil de comunicar e entender. Enquanto a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) que é um instrumento orientado para avaliar os impactos ambientais associados a um produto ou serviço, incluindo etapas, desde a extração da matéria-prima, processos de produção, até a fase de uso e descarte ou reciclagem (ABNT, 2014), com o tempo tornou-se cada vez mais interdisciplinar, ao incorporar elementos de ordem social, econômica, ambiental e princípios de gestão (BAUMANN, 2010; POWERS et al., 2012). A análise multicritério é um conjunto de métodos que podem ser usados para comparar alternativas de um nível de produto para uma política, cobrindo um ou mais pilares da sustentabilidade (EPA, 2006).

Além disso, Ness et al. (2007) fornecem uma categorização de instrumentos de avaliação de sustentabilidade que inclui (i) indicadores que não são integrados e integrados, (ii) avaliações relacionadas ao produto com o foco nos materiais e/ou fluxos de energia de um produto ou serviço, a partir de uma perspectiva de ciclo de vida e (iii) avaliações integradas que são um conjunto de instrumentos que, geralmente, concentra-se na mudança de política ou implementação do projeto, conforme apresentado na Figura 3.

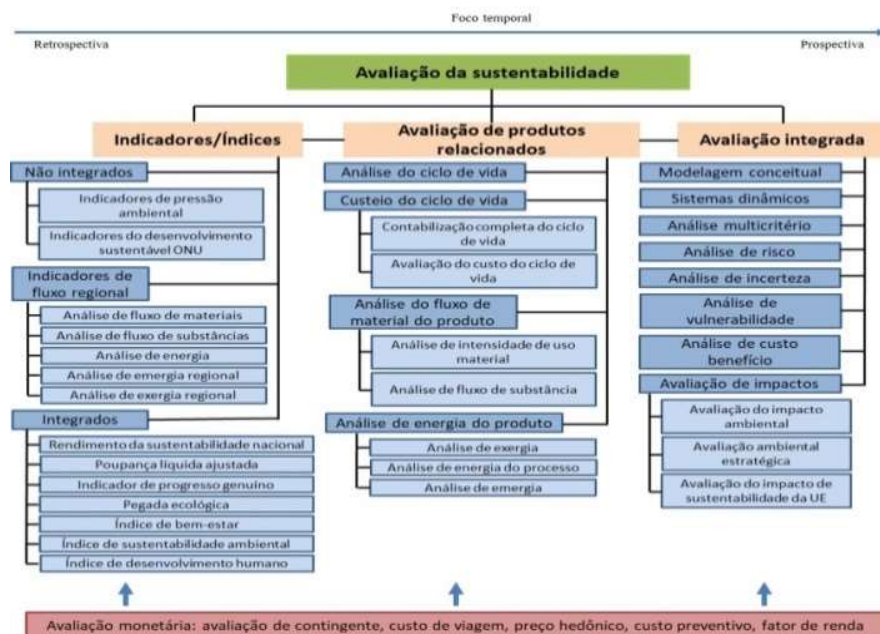


Figura 3: Estrutura para instrumentos de avaliação de sustentabilidade. **Fonte:** NESS et al. (2007)

As ferramentas relacionadas ao produto consideram os fluxos em relação à produção e ao

consumo de bens e serviços. Uma distinção importante que pode ser introduzida aqui e é aplicável a todas as ferramentas para avaliação da sustentabilidade é se o método leva em consideração apenas o impacto direto do alvo ou é baseado em uma abordagem de ciclo de vida. A análise da energia do produto é um exemplo de ferramenta que cobre apenas os impactos diretos, enquanto a ACV abrange todos os estágios do ciclo de vida de um produto (NESS et al., 2007; CINELLI et al., 2014).

Avaliação integrada são todas as abordagens que procuram tratar as informações dos indicadores individuais de forma abrangente, considerando as inter-relações e interdependências entre eles, e as diferentes importâncias que podem ter, adotando diferentes graus de agregação. Se os respectivos processos de avaliação de impacto não forem integrados de forma eficaz, esta forma de avaliação integrada é reduzida a três avaliações de impacto separadas, cada uma gerando dados relativos aos potenciais impactos ambientais, sociais e econômicos da proposta ou iniciativa. Os três conjuntos de dados devem então ser integrados de alguma forma após terem sido coletados, a fim de se chegar a uma decisão sobre se a proposta ou iniciativa é ou não aceitável dentro de um contexto de sustentabilidade (BOND et al., 2012; CINELLI et al., 2014).

Realizar uma avaliação de sustentabilidade requer a integração de princípios, limites e metas de sustentabilidade na avaliação, bem como passar de uma abordagem meramente multidisciplinar para inter e transdisciplinar (SALA et al., 2015). Os instrumentos de avaliação integrada podem ser utilizados quando a proposta é a reunião de diferentes tipos ou categorias de impactos, ou quando as avaliações serão

realizadas de forma separada e em diferentes estágios ou avaliações na tomada de decisão. Os instrumentos categorizados por Ness et al. (2007) podem ser utilizados em conjunto em pesquisas para auxiliar os gestores nas tomadas de decisões em busca da sustentabilidade. Cinelli et al. (2014) relata que os métodos de análise de decisão multicritério são capazes de incluir uma perspectiva de ciclo de vida. Assim como, os indicadores são utilizados em vários métodos de avaliação como, ACV, análise de fluxo de material do produto, entre outros.

Os indicadores não integrados apoiam os processos de tomada de decisão, convertendo o conhecimento em unidades de informação gerenciáveis. Eles podem ser um estado ambiental, econômico ou social do sistema em questão. Alguns exemplos são os indicadores de pressão ambiental elaborados pelo Serviço de Estatística de Comunidades Europeias (Eurostat) e os indicadores nacionais desenvolvidos pela Comissão das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável (UNCSD), conforme Figura 4. Alguns exemplos incluem os níveis de qualidade da água para a categoria ambiental, níveis de educação nacional e taxas de crescimento populacional como determinantes sociais, PIB *per capita* para a esfera econômica, entre outros (UN, 2001; NESS et al., 2007, CINELLI et al, 2014).

Desta forma, as informações obtidas no levantamento de dados de um sistema podem ser resumidas utilizando indicadores de sustentabilidade. Para Singh et al. (2012), os indicadores são adotados por países e corporações devido à sua capacidade de resumir, concentrar e condensar a enorme complexidade do nosso ambiente dinâmico para uma quantidade razoável de informações significativas. Ao conceituar fenômenos e evidenciar tendências, os indicadores simplificam, quantificam, analisam e comunicam a complexa informação.

Os conjuntos existentes de indicadores de sustentabilidade urbana da literatura são avaliados em termos de suas dimensões subjacentes, utilizando indicadores e métricas específicos. Alguns exemplos podem ser citados: Os Indicadores de Sustentabilidade Urbana são um produto da Fundação Europeia para a Melhoria das Condições de Vida e de Trabalho. Esta apresenta um conjunto de indicadores de sustentabilidade urbana no contexto do programa da Fundação sobre os aspectos socioeconômicos do desenvolvimento sustentável. Esses indicadores foram analisados para uma rede de cidades de médio porte na Europa; O Índice de Cidades Sustentáveis produzido pela empresa Holandesa Arcadis, líder global em projetos e consultoria para ambientes naturais e construídos, foi testado com dados de 50 cidades mundiais de 31 países; Os Indicadores de Desenvolvimento Urbano da Sustentabilidade são um produto da Universidade da Pensilvânia e foi comissionado pelo Gabinete de Desenvolvimento e Pesquisa de Políticas do Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano dos EUA; concentram-se nas áreas urbanas dos EUA (NATIONAL ACADEMIES, 2016).

A revisão feita pelo comitê da National Academies (2016) ressalta que um dado indicador pode atravessar as três dimensões da sustentabilidade, apoiando a necessidade de integração entre elas, e seu impacto depende do contexto, incluindo a evolução histórica do sistema urbano. A comissão sugere que uma quarta dimensão deva ser considerada, abrangendo arranjos e governança. A sustentabilidade exige que os processos políticos sejam inclusivos, participativos, exibam boas práticas de governança, sejam

preenchidos por organizações que ofereçam facilidade de fazer negócios e ligados a redes locais, nacionais e globais. Foram analisados os indicadores presentes nos artigos que consideraram apenas os critérios do tripé da sustentabilidade (ambiental, social e econômico), isto é, em 17 artigos. Foi realizada uma categorização por critérios, nos quais, os indicadores estão inseridos. A Figura 4 apresenta um desenho esquemático evidenciando a categorização dos indicadores em cada critério de sustentabilidade urbana, de acordo com as 17 publicações analisadas.

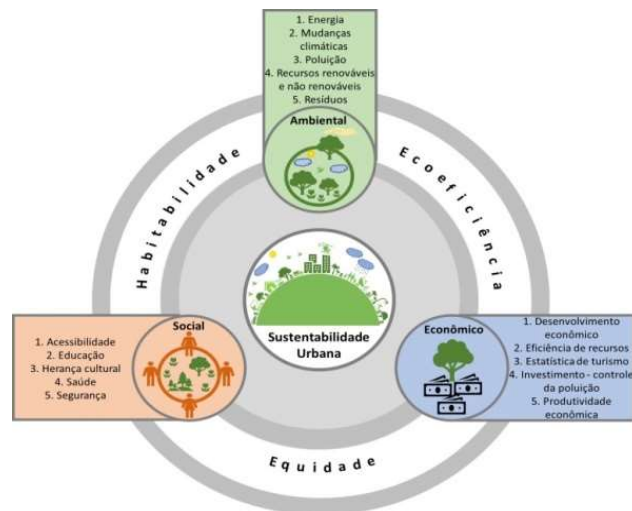


Figura 4. Categoria dos indicadores nos critérios de sustentabilidade urbana.

Verifica-se que existe uma integração entre os critérios e as categorias. A maioria das definições de sustentabilidade urbana é de derivações de sustentabilidade, com foco na melhoria do bem-estar humano, em longo prazo, equilibrando as dimensões social, econômica e ambiental, minimizando o consumo de recursos e danos ambientais (relacionam-se com os critérios social e ambiental), maximizando a eficiência na utilização de recursos (critérios econômico e ambiental) e assegurando equidade e democracia (critérios econômico e social), conforme integração apresentada na Figura 4. Nas 17 publicações estudadas, foram utilizados vários indicadores de sustentabilidade urbana em cada categoria. O Quadro 4 apresenta alguns destes indicadores associados às categorias e aos critérios de sustentabilidade.

Quadro 4: Indicadores de sustentabilidade urbana, utilizados nos artigos analisados.

Critério	Categorias	Indicadores
Ambiental	1. Energia	Fornecimento disponível de energia <i>per capita</i> , consumo de energia <i>per capita</i> , Geração de eletricidade a partir de fontes renováveis, intensidade de energia.
	2. Mudanças climáticas	Emissões <i>per capita</i> de gás de efeito estufa (CO ₂ , CH ₄ , NO ₂ , SO ₂) e particulados, potencial de aquecimento global, infraestrutura de transporte e operações afetadas pelas mudanças climáticas.
	3. Poluição	Taxa de conformidade no descarte de águas residuárias industriais, carga anual contaminada despejada em corpos d'água, Emissões <i>per capita</i> de Demanda Química de Oxigênio, Condição e qualidade do habitat de água doce e espécies, Condição e qualidade do habitat terrestre, Dióxido de enxofre, Entradas de materiais e saídas de material no sistema urbano, Qualidade dos sistemas de esgoto, Níveis de poluição do ar, espaços verdes e parques, Prevenção da poluição, Controle da poluição sonora, do ar e da água. Deterioração da qualidade da água de superfície e subterrânea, Contaminação do solo.
	4. Recursos renováveis e não renováveis	Produção primária de fontes renováveis, Conservação de recursos não renováveis, Percentual de materiais recicláveis no processo de produção de veículos, Recursos hídricos <i>per capita</i> , Volume de estoque florestal <i>per capita</i> .
	5. Resíduos	Resíduos de hospital, industrial, de construção e outros depositados em aterros, Porcentagem de resíduos sólidos descartados em lixões abertos ou queimados, quantidade de resíduos, Taxa de utilização resíduos sólidos industriais, Gestão de aterros (distância da massa de lixiviados da água de superfície, da população, de centros urbanos), Biogás coletado de aterros.
Econômico	1. Desenvolvimento econômico	Crescimento industrial, Custos de infraestrutura, Tributação mínima sobre o combustível, Acesso à educação e a oportunidades de emprego, Suporte para indústrias locais, Densidade econômica, Receita fiscal <i>per capita</i> , Exportações <i>per capita</i> , Padrão de vida, Oportunidade para jovens, Renda, População abaixo da linha de pobreza (%), Despesa de saúde pública.
	2. Eficiência de recursos	Imposto de águas residuárias em relação à população, Pagamento da tarifa de uso de água, Consumo de energia de transporte <i>per capita</i> , Disponibilidade de transporte, Respostas à demanda do consumidor, Consumo de energia do PIB por dez mil anos, Consumo de água do PIB por dez mil anos, Impostos sobre a energia, acesso à intensidade de energia, Custo monetário estimado de redução de risco de tempestade.

	3. Estatística de turismo	Custo unitário de viagem, Estado do mercado imobiliário do turismo, Número de visitantes, Duração média das estadias, Número total resultante de pernoites, Orçamento de transporte e impostos rodoviários.
	4. Investimento controle da poluição	Investimento em sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e gestão de resíduos, Investimento na recuperação de áreas degradadas e proteção de bacias hidrográficas, Investimento no meio ambiente, Investimento <i>per capita</i> em áreas verdes urbanas, Investimento na gestão de resíduos sólidos hospitalares, Investimento estrangeiro direto.
	5. Produtividade econômica	Produtividade do trabalho de toda a sociedade, Salários médios de funcionários e trabalhadores, Proporção da produção da indústria primária, Proporção da produção da indústria terciária, Aumento da atividade comercial, Aumento da exigência de serviços públicos, Aumento da coleção de impostos, PIB <i>per capita</i> .

Quadro 4: indicadores de sustentabilidade urbana, utilizados nos artigos analisado (Continuação).

Social	1. Acessibilidade	Acessibilidade ao emprego, Mobilidade e conectividade, Acessibilidade a serviços públicos, Mistura de uso da terra, Interconectividade de modos de transporte, Direitos civis e humanos, Reduzir a porção de destinos acessíveis a pessoas com deficiência e baixa renda, Opções de viagens (ônibus, táxi), Acessibilidade aos serviços, Diversidade do sistema de transporte, Nível de conforto nos transportes públicos.
	2. Educação	Responsabilidade Social, Desempenho Social Ambiental, Qualificação profissional, Participação de trabalhadores locais, Emprego, Taxa anual de crescimento populacional da cidade, Densidade urbana, Nível de consciência. Participação social, Taxa de desemprego total, Taxa de urbanização, Capital da comunidade. Capital humano, Equidade de gênero, Perturbação da vida da comunidade, Mitigação do êxodo rural, qualidade de vida, Número de alunos em faculdades e universidades por dez mil pessoa,
	3. Herança cultural	Desenvolvimento de força de trabalho, Preservação cultural, Preservação de recursos culturais e tradições, Prevenção de barreiras culturais.
	4. Saúde	Taxa de morbidade específica, Riscos para a quantidade e qualidade da água, Danos aos meios de subsistência, Número de leitos hospitalares por dez mil pessoas, Taxa de uso de água, Cobertura da água.
	5. Segurança	Segurança pública, Proteção, Acidentes de trabalho, Segurança humana no transporte público, Prevenção de agressão a viajantes, reduzir taxas <i>per capita</i> de acidentes de trânsito, cobertura da água.

Em todo o caso, é consenso que os indicadores se mostram como o melhor instrumento para a análise da sustentabilidade, por unir informações quantitativas, qualitativas e em diferentes escalas, além de apresentar missão simplificadora, por serem mais inteligíveis que estatísticas complexas, por desenvolverem modelos ou um conjunto de suposições, que ligam um indicador a um fenômeno interdisciplinar e complexo, tal como a sustentabilidade (MARCHAND, 2014). Por ser um instrumento que mensura a situação do que se deseja investigar, existem vários desafios na seleção dos indicadores. Deve-se ter base sólida e analisar, criteriosamente, a sua influência, impacto e nível de importância, para que não ocorram indicações imprecisas de sustentabilidade.

O comitê da National Academies (2016) fornece um conjunto inicial de indicadores, para servir de base para futuras pesquisas e desenvolvimento, dentro das dimensões ambiental, econômica e social. Na dimensão ambiental - qualidade do ar, qualidade da água, hidrológicos, variáveis relacionadas ao clima, vulnerabilidade de perigos naturais, entre outros. Dimensão social – educação, nível de pobreza e riqueza, população, densidade demográfica, segurança e saúde. Dimensão econômica - setores de negócios, desemprego, infraestrutura (transporte, energia e uso da água), entre outros. Uma consideração importante é que, os indicadores citados neste relatório são especificamente adaptados às áreas urbanas. Observa-se que as categorias definidas pelo comitê da National Academies (2016) para os indicadores de sustentabilidade urbana concordam com o resultado qualitativo da presente pesquisa (Quadro 4).

Os indicadores encontrados neste estudo também se relacionam com as áreas temáticas definidas pela NBR ISO 37120/2017, que foi a primeira norma técnica para cidades sustentáveis do Brasil aprovada e publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) no ano de 2017 (ABNT, 2017). A norma define e estabelece metodologias para um conjunto de indicadores relacionados ao desenvolvimento sustentável de comunidades urbanas, com o objetivo de orientar e medir o desempenho de serviços urbanos e a qualidade de vida. A norma analisa o desenvolvimento sustentável por meio de 17 áreas temáticas (Quadro 5), com um total de 100 indicadores de sustentabilidade urbana nos âmbitos ambiental,

econômico, social e tecnológico, entre outros.

Quadro 5: Relação das áreas temáticas da ISO 37120/2017 – Desenvolvimento sustentável das comunidades: indicadores de serviços e qualidade de vida da cidade.

Áreas temáticas	
1. Economia	10. Segurança
2. Educação	11. Habitação
3. Energia	12. Resíduos sólidos
4. Finanças	13. Telecomunicação e inovação
5. Meio Ambiente	14. Transporte
6. Resposta a incêndios e emergências	15. Planejamento urbano
7. Governança	16. Esgotamento sanitário
8. Saúde	17. Água e saneamento
9. Lazer/Recreação	

Fonte: SENA et al. (2017).

Esse documento serve para auxiliar os governos municipais, estaduais e o Ministério das Cidades a medir a sustentabilidade das cidades, mas essas normas não estabelecem padrões. Além do setor público, a NBR ISO 37120/2017 também pode ser usada pelas empresas para atestar, para clientes e governo, o quanto sustentável são seus empreendimentos. Alguns indicadores são específicos para cidades e variam em sua cobertura, ou seja, a cobertura pode ser limitada a cidades específicas, enquanto outras abrangem regiões ou são específicas de estados, mas podem, no entanto, ser adaptadas às cidades. Em muitos casos, os indicadores de sustentabilidade urbana estão contidos nos planos locais de clima, energia, água, resíduos sólidos, educação e desenvolvimento econômico. Estudos têm sido desenvolvidos com o intuito de mensurar a sustentabilidade de um ambiente, exigindo enormes esforços na construção de princípios, critérios, instrumentos e indicadores. Vale evidenciar que o meio ambiente, a economia e a sociedade são sistemas dinâmicos e complexos, havendo a necessidade de atualizações nas definições de indicadores de sustentabilidade. Considerando os três pilares da sustentabilidade, já é o suficiente para buscar compreender a sustentabilidade urbana. Mahmoudi et al. (2019) destacam que ao considerar vários critérios de avaliação, o processo de tomada de decisão será mais complexo, porque os tomadores de decisão devem considerar todos os critérios para tomar a melhor decisão, porém, sabe-se da elevada influência das políticas públicas nas tomadas de decisão em áreas urbanas, podendo ser inserido no estudo de sustentabilidade o critério governança, como sugere o comitê do National Academies (2016), para que se faça cumprir planejamentos e ocorram a formulação e a programação de políticas inclusivas e participativas.

CONCLUSÃO

Na gestão ambiental de sistemas urbanos, é primordial seguir princípios e critérios de sustentabilidade urbana, delineados na literatura, por fornecerem diretrizes aos pesquisadores, profissionais e gestores públicos para delinear indicadores que quantifiquem e analisem, sistematicamente, o desempenho em função da sustentabilidade dos sistemas urbanos. O estudo contextualiza que atividades sustentáveis desenvolvidas nos limites das cidades não são viáveis para estabelecer a sustentabilidade urbana. É preciso analisar impactos positivos e negativos no âmbito local e global, visto que, os sistemas urbanos são altamente conectados e interdependentes. Os critérios que os indicadores de sustentabilidade

urbana devem satisfazer são abundantes na literatura, porém, devem-se considerar no mínimo três pilares nesses estudos: ambiental, econômico e social.

Os indicadores de sustentabilidade urbana que constituem os pilares citados são: critério social - correspondem as categorias acessibilidade, educação, herança cultural, saúde e segurança; critério econômico – desenvolvimento econômico, eficiência de recursos, estatística de turismo, investimento (controle da poluição) e produtividade econômica; critério ambiental – energia, mudanças climáticas, poluição, recursos renováveis e não renováveis e resíduos. Argumentou-se que a governança deve ser considerada, porque a participação ativa das autoridades públicas na implementação de políticas sustentáveis, apoia a aquisição de recursos econômicos, a justiça social e orienta e incentiva a gestão descentralizada e participativa, fundamental aos processos decisórios na gestão ambiental dos sistemas urbanos.

Os métodos de avaliação revelam que a maioria avalia a sustentabilidade de perspectivas diferentes, ao não abordar os três critérios da sustentabilidade, como a Pegada Ecológica que avalia apenas o critério ambiental. Além disso, observou-se que alguns métodos são capazes de abordar as relações complexas entre vários critérios e categorias, como a Análise Multicritério. Destaca-se que a Avaliação do Ciclo de Vida tornou-se cada vez mais transdisciplinar, ao considerar os critérios ambiental, econômico e social e os conceitos de gestão na avaliação da sustentabilidade. Diante do exposto, sugere-se que a Avaliação do Ciclo de Vida e a Análise Multicritério sejam consideradas métodos viáveis à avaliação dos indicadores de sustentabilidade urbana. Portanto, o conjunto de princípios e indicadores de sustentabilidade urbana listado neste estudo, como também, os critérios e métodos de avaliação mais utilizados, permitem apoiar futuras pesquisas, às comunidades e aos gestores urbanos para diagnosticar problemas e identificar pressões que fornecem informações úteis à intervenção ambiental, econômica e social, assim, alcançar a tão almejada cidades sustentáveis.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 37120**: Desenvolvimento sustentável de comunidades - Indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida. Rio de Janeiro, 2017.

NBR ISO 14040. Gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2014.

BARDIN, L.. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BAUMANN, H.. Life cycle assessments. In: CHRISTENSEN, K.; FOGEL, D.; WAGNER, G.; WHITEHOUSE, P.. **The business of sustainability**, v.2, p.309-314, 2010.

BJORN, A.; MOLTESEN, A.; LAURENT, A.; MIKOLAJ OWSIANIAK, M.; CORONA, A.; BIRKVED, M.; HAUSCHILD, M. Z.. Life Cycle Inventory Analysis. In: HAUSCHILD, M.; ROSENBAUM, R.; OLSEN, S.. **Life Cycle Assessment**, p.117-165, 2018.
DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3_9

BOND, A.; MORRISON-SAUNDERS, A.; POPE, J.. Sustainability assessment: the state of the art. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v.30, n.1, p.53-62, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/14615517.2012.661974>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cidades Sustentáveis**, 2018.

CHEN, D.; SCHUDELEIT, T.; GERRIT POSSELT, G.; THIEDE, S.. A state-of-the-art review and evaluation of tools for factory sustainability assessment. **Procedia CIRP**, v.9, p.85-90, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.06.173>

CINELLI, M.; COLES, S. R.; KIRWAN, K.. Analysis of the potentials of multi criteria decision analysis methods to conduct sustainability assessment. **Ecological Indicators**, v.46, p.138-148, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.06.011>

CUCEK L.; KLEMES, J. J.; KRAVANJA, Z.. A Review of Footprint analysis tools for monitoring impacts on sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v.34, p. 9-20, 2012.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.02.036>

ELSAID, S.; AGHEZZAF, E. H.. Aprogress indicator-based assessment guide for integrated municipal solid-waste management systems. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v.20, p.850-863, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s10163-017-0647-8>

FONTANA, V.; RADTKE, A.; FEDRIGOTTI, V. B.; TAPPEINER, U.; TASSER, E.; ZERBE, S.; BUCHHOLZ, T.. Comparing land-use alternatives: Using the ecosystem services concept to define a multi-criteria decision analysis. **Economics**, v.93, p.128-136, 2013.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.05.007>

HAYDEN, A.. **Ecological footprint**. Encyclopaedia Britannica, 2016.

HOORNWEG, D.; HOSSEINI, M.; KENNEDY, C.; BEHDADI, A.. An urban approach to planetary boundaries. **Ambi**, v.45, p.567- 580, 2016.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0764-y>

HUANG, L.; WU, J.; YAN, L.. Defining and measuring urban sustainability: a review of indicators. **Landscape Ecology**, v.30, p.1175-1193, 2015.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0208-2>

JOSHI, A.; KALE, S.; CHANDEL, S.; PAL, D. K.. Likert Scale: explored and explained. **British Journal of Applied Science & Technology**, v.7, p.396-403, 2015.

DOI: <https://doi.org/10.9734/BJAST/2015/14975>

KENNEDY, C.; STEWART, I. D.; IBRAHIM, N.; FACCHINI A.; MELE, R.. Developing a multi-layered indicator set for urban metabolismo studies in megacities. **Ecological Indicators**, v.47, p.7-15, 2014.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.07.039>

MAHMOUDI, R.; SHETAB-BOUSHEHRI, S. N.; HEJAZI, S. R.; EMROUZNEJAD, A.. Determining the relative importance of sustainability evaluation criteria of urban transportation network. **Sustainable Cities and Society**, v.47, p.1-12, 2019.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101493>

MARCHAND, G.; TOURNEAU, F. M. L.. O desafio de medir a sustentabilidade na Amazônia: os principais indicadores mundiais e sua aplicabilidade no contexto Amazônico. In: VIEIRA, I. C. G.; TOLEDO, P. M.; SANTOS JÚNIOR, R. A. O.. **Ambiente e Sociedade na Amazônia: uma abordagem Interdisciplinar**. Rio de Janeiro: Garamond, p.195-220, 2014.

MELVILLE-SHREEVE, P.; SARAHWARD, S.; BUTLER, D.. Rainwater Harvesting Typologies for UK Houses: a Multi Criteria Analysis of System Configurations. **Water**, v.8, n.4, p.1-18, 2016.

DOI: <https://doi.org/10.3390/w8040129>

MILUTINOVIC, B.; STEFANOVIC, G.; DASSISTI, M.; MARKOVIC, D.; VUCKOVIC, G.. Multi-criteria analysis as a tool for sustainability assessment of a waste management model. **Energy**, v.74, p.190-201, 2014.

DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2014.05.056>

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING AND MEDICINE. **Pathways to Urban Sustainability: challenges and opportunities for the United States**. Washington: The National Academies Press, 2016.

NESS, B.; URBEL-PIRSALUA, E.; ANDERBERG, S.; OLSSON, L.. categorising tools for sustainability assessment.

Ecological Economics, v.60, n.3, p. 498-508, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.07.023>

OECD. Organisation Economic Co-Operation and Development. **Towards sustainable development. Indicators to measure progress**. Paris, 2000.

PENTEADO, E. J. S.; DUARTE, C. G.. Uma avaliação dos indicadores Ethos a partir dos princípios de Bellagio. ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 26. **Anais**. Cascavel, 2014.

PINTÉR, L.; HARDI, P.; MARTINUZZI, A.; HALL, J.. Bellagio STAMP: Principles for sustainability assessment and measurement. **Ecological Indicators**, v.17, p.20-28, 2012.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.07.001>

POWERS, C. M.; DANA, G.; GILLESPIE, P.; GWINN, M. R.; HENDREN, C. O.; LONG, T. C.; WANG, A.; DAVIS, J. M.. Comprehensive environmental assessment: a meta-assessment approach. **Environmental Science Technology**, v.46, p. 9202-9208, 2012.

DOI: <https://doi.org/10.1021/es3023072>

PURVIS, B.; MAO, Y.; ROBINSON, D.. Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins. **Sustainability Science**, v.13, p.1-15, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0627-5>

REES, W. E.. Eco-footprint analysis: merits and brickbats. **Ecological Economics**, v.32, n.3, p. 371-374, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00157-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00157-3)

SACHS, I.. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SALA, S.; CIUFFO, B.; NIJKAMP, P.. A systemic framework for sustainability assessment. **Ecological Economics**, v.119, p.314-325, 2015.

DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.09.015>

SENA, F. B.; NEGREIROS, I.; ABIKO, A. K.. Implementação de indicadores de sustentabilidade urbana estabelecidos em normas internacionais e sua adequação à realidade brasileira. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA. **Anais**. São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, 2017.

SETO, K. C.; REENBERG, A.; BOONE, C. G.; FRAGKIAS, M.; HAASE, D.; LANGANKE, T.; MARCOTULLIO, P.; MUNROE, D. K.; OLAH, B.; SIMON, D.. Urban land teleconnections and sustainability. In: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA. **Proceedings**. v.109, p.7687-7692, 2012.

DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1117622109>

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A.. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & Sociedade**, v.10, n.2, p.137-148, 2007.

SINGH, R. K.; MURTYB, H. R.; GUPTAC, S. K.; DIKSHIT A. K.. An overview of sustainability assessment methodologies. **Ecological Indicators**, v.9, n.2, p.189-212, 2009.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.05.011>

SPILLER, M.. Adaptive capacity indicators to assess sustainability of urban water systems - Current application. **Science of the total environment**, v.569-570, p.751-761, 2016.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.088>

STAKE, R. E.. **Pesquisa Qualitativa**: estudando como as coisas funcionam. Porto Alegre: Penso, 2011.

UN. United Nations. **Indicators of Sustainable Development**: guidelines and Methodologies. New York, 2001.

GOAL 10. **Reduce inequality within and among countries**. Sustainable development Goals: 17 Goals to Transform Our World, 2016.

VAN BELLEN, H. M.. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.

VAN LEEUWEN, C. J.; FRIJNS, J.; VAN WEZEL, A.; VAN DE VEN, F. H. M.. City Blueprints: 24 Indicators to Assess the Sustainability of the Urban Water Cycle. **Water Resour Management**, v.26, p. 2177-2197, 2012.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s11269-012-0009-1>

VEIGA, E.. Indicadores de sustentabilidade. **Estudos avançados**, v.24, n.68, p.39-52, 2010.

WORLDWATCH INSTITUTE. **State of the world: our urban future**. London: W.W. Norton & Company, 2007.

WU, J. G.. Urban ecology and sustainability: the state-of-the-science and future directions. **Landscape and Urban Planning**, v.125, p.209-221, 2014.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.018>

YIGITCANLAR, T.; DUR, F.; DIZDAROGLU, D.. Towards prosperous sustainable cities: a multiscalar urban sustainability assessment approach. **Habitat International**, v.45, p.36-46, 2015.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.habitatint.2014.06.033>

ZHANG, X.; LI, H.. Urban resilience and urban sustainability: what we know and what do not know? **Cities**, v.72, p.141-148, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.08.009>

ZHAO, J.. **Towards sustainable cities in China**: analysis and assessment of some Chinese Cities in 2008. New York: Springer, 2011.

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