

MATHEUS SOUSA REIS

**Proposta de um conjunto de indicadores para cidades brasileiras
inteligentes e sustentáveis**

São Paulo

2020

MATHEUS SOUSA REIS

**Proposta de um conjunto de indicadores para cidades brasileiras
inteligentes e sustentáveis**

Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do diploma de
Engenheiro de Produção

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Paula
Schneck Pessoa

São Paulo

2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-publicação

Reis, Matheus Sousa

Proposta de um conjunto de indicadores para cidades
brasileiras inteligentes e sustentáveis / M. S. Reis -- São Paulo, 2020.
135 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.Cidades inteligentes 2.Sustentabilidade 3.Indicadores sociais
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de
Engenharia de Produção II.t.

A meus pais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Marcelo, por toda sua orientação, paciência e auxílio, sem os quais este trabalho não existiria.

À Clarice Kobayashi, pelo apoio nos últimos meses, primeiras revisões, disponibilidade e aprendizado.

À Caroline, por todo seu suporte, carinho e opiniões.

A meus amigos, em especial a Chady Hammoud e André Carballido, pelo auxílio pontual no desenvolvimento deste trabalho.

A meus pais e irmão, sem os quais eu não seria nada.

RESUMO

Este trabalho propõe um conjunto de indicadores relevantes para o contexto de cidades inteligentes e sustentáveis, seja como ferramenta de gestão ou instrumento de comparação entre diferentes cidades. Avalia o nível de utilização de tecnologias de informação e comunicação para melhoria da qualidade de vida dos cidadãos, bem como processos e critérios que visam a sustentabilidade da cidade. Após contextualizar a situação brasileira e seu desenvolvimento, define o que é uma cidade inteligente e como deve ser o processo de transformação urbana; então discute alguns modelos de indicadores disponíveis. Define os indicadores a serem utilizados neste estudo e os aplica em um estudo de caso na cidade de Santos (SP) para avaliar a viabilidade de implementação do modelo. Por fim, discute pontos futuros de aplicação e desenvolvimento do modelo.

Palavras-chave: cidades inteligentes, sustentabilidade, indicadores sociais;

ABSTRACT

The present work proposes a set of indicators relevant to the context of smart and sustainable cities, either as a management or a comparison tool between different cities. It assesses the usage level of information and communication technologies to improve the quality of life of citizens, as well as processes and criteria aimed at the sustainability of the city. After contextualizing the Brazilian situation and its development, it defines what an intelligent city is and how the process of urban transformation should be; then discusses some available models of indicators. It defines the indicators to be used in this study and applies them in a case study in the city of Santos, SP to assess the feasibility of implementing the model. Finally, it discusses future points of application and development of the model.

Keywords: smart cities, sustainability, social indicators;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Posicionamento do Brasil no ranking de competitividade do Fórum Econômico Mundial	28
Figura 2 - Estrutura do Indicador Global de Competitividade	28
Figura 3 - Avaliação do Brasil nos 12 pilares do Índice de Competitividade Global ..	29
Figura 4 - População total e urbana (milhões) e proporção urbana (%)	31
Figura 5 - Proporção de desempregados e de população urbana no Brasil	32
Figura 6 - Crescimento da frota de veículos nacional (em milhões) e proporção de veículos por habitante	33
Figura 7 - Ciclo vicioso da perda de competitividade do transporte público urbano (TPU) rodoviário	34
Figura 8 - PIB per capita e Índice de Gini no Brasil	35
Figura 9 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	37
Figura 10 - Modelo da infraestrutura urbana	52
Figura 11 - Modelo de uma cidade e seus subsistemas	53
Figura 12 - Modelo de subsistemas adaptado.....	54
Figura 13 - Conceitualização de cidade inteligente com a introdução da camada intermediária de dados	60
Figura 14 - Implicações da digitalização para a cidade	61
Figura 15 - Modelo conceitual de referência para uma cidade inteligente	73
Figura 16 - Relações entre normas técnicas para cidades sustentáveis.....	80
Figura 17 - Descrição de e relações entre publicações da ITU	83
Figura 18 - Modelo de maturidade ITU para cidades inteligentes e sustentáveis	87
Figura 19 - Visão geral das dimensões de maturidade do MMCISB (excetuando Capacidades Institucionais).....	91
Figura 20 - Metodologia para levantamento do conjunto de indicadores	98
Figura 21 - Contagem de indicadores por tema e subtema	103
Figura 22 - Visão geral da viabilidade do conjunto de indicadores, segundo dificuldade de implementação	105
Figura 23 - Exemplo de taxonomia e funcionamento de conjunto de valores para indicadores	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Total de indicadores para as ISOs 37120, 37122 e 37123, com divisão por tema	81
Tabela 2 - Exemplo de matriz de performance para avaliação de maturidade	89
Tabela 3 - Visão geral do modelo europeu de cidades inteligentes	95

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Aspectos relevantes para escolha de indicadores, por autor	45
Quadro 2 - Indicadores para diferentes etapas de um programa social.....	48
Quadro 3 - Definições de conjuntos de subsistemas de infraestrutura urbana, por autor	52
Quadro 4 - Atores envolvidos na gestão de sistemas de infraestrutura urbana e seus interesses.....	56
Quadro 5 - Projetos de cidades inteligentes em diferentes cidades e suas características (continua)	76
Quadro 6 - Tópicos adicionais e requisitos por nível de maturidade para o modelo ITU	86
Quadro 7 - Evolução dos componentes da dimensão Capacidades Institucionais da Gestão Pública Municipal ao longo dos níveis de maturidade do MMCISB	92
Quadro 8 - Panorama dos critérios utilizados para escolha de indicadores.....	97

LISTA DE ACRÔNIMOS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
EAD	Educação à Distância
ENAP	Escola Nacional de Administração Pública
FNQ	Fundação Nacional da Qualidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IoT	Internet das Coisas (<i>Internet of Things</i>)
ISO	International Organization for Standardization
ITU	International Telecommunication Union
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
P2P	<i>Peer-to-peer</i>
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PIB	Produto Interno Bruto
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
TPU	Transporte Público Urbano

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	Apresentação do tema	23
1.2	Objetivos do trabalho	24
1.3	Método do trabalho	24
1.4	Estrutura do trabalho.....	25
2	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	27
2.1	O desafio brasileiro	30
2.2	Agenda ONU 2030	36
2.3	Solução tecnológica	39
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	41
3.1	Indicadores.....	41
3.2	Modelo sistêmico	49
3.3	Cidades inteligentes.....	50
3.3.1	Sistemas urbanos	50
3.3.2	Definições de cidade inteligente	58
3.3.3	Desenvolvimentos inteligentes para os subsistemas.....	63
3.3.3.1	Comunidade	63
3.3.3.2	Economia e negócios	64
3.3.3.3	Emergência	65
3.3.3.4	Formação social	65
3.3.3.5	Gestão	66
3.3.3.6	Instalações	67
3.3.3.7	Meio ambiente.....	68
3.3.3.8	Saúde	68
3.3.3.9	Utilidades.....	69
3.3.4	Transformação.....	70

4	MODELOS DE INDICADORES	78
4.1	Modelos ISO	78
4.2	Modelo ITU	82
4.3	Modelo de Maturidade de Cidades Inteligentes Sustentáveis Brasileiras....	90
4.4	Modelo Europeu de Cidades Inteligentes	94
5	CONJUNTO DE INDICADORES	96
5.1	Metodologia	96
5.2	Divisão temática	98
5.2.1	Utilidades	98
5.2.2	Comunidade	99
5.2.3	Economia e negócios	99
5.2.4	Emergência	100
5.2.5	Formação social	100
5.2.6	Gestão	101
5.2.7	Instalações	101
5.2.8	Meio-ambiente	101
5.2.9	Saúde	102
5.3	Indicadores	102
6	EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MODELO	103
7	PONTOS FUTUROS	109
7.1	Áreas de aplicação	109
7.2	Grupo Conectividade	110
8	CONCLUSÃO	112
	REFERÊNCIAS	113
	ANEXO A - DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES DA ODS 11	121
	ANEXO B - DESCRIÇÃO DOS ASPECTOS CONTIDOS EM CADA TEMA DA ISO 37120	125

APÊNDICE A – CONJUNTO DE INDICADORES 127

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do tema

Com a transformação social brasileira e internacional nas últimas décadas, principalmente no que tange à urbanização e inovações tecnológicas, diversas mecânicas socioculturais foram completamente alteradas. Vimos uma sociedade agrária performar enorme migração para os centros urbanos, assim como os problemas decorrentes desta transformação, muitas vezes sem qualquer planejamento urbano.

A baixa qualidade de vida decorrente de infraestruturas insuficientes nos centros urbanos está interligada aos problemas observados na maioria das cidades: cobertura insuficiente ou baixa qualidade no oferecimento de serviços básicos, como saneamento, fornecimento de energia, transporte público, trânsito, poluição e tantos outros.

A tecnologia, principalmente na forma de tecnologias de informação e comunicação (TIC), oferece possibilidades de soluções ao permitir o monitoramento dos sistemas e a transferência de dados entre as diferentes partes, em tempo real. Facilita a gestão urbana ao consolidar as informações em um local virtual para que os diferentes gestores públicos e agentes privados a utilizem. Fomenta, assim, o desenvolvimento sustentável nos aspectos sociais, econômicos e ambientais.

Mas como avaliar o desenvolvimento inteligente de uma cidade, considerando as diferentes facetas em que as TIC podem atuar? Diversos modelos de maturidade foram e estão sendo desenvolvidos pelo mundo. Escolher os indicadores mais relevantes para a realidade brasileira e suas necessidades é crucial para poder realizar esta verificação e assim, definir políticas públicas de desenvolvimento local e nacional.

A maturação de objetivos no sentido de tornar uma cidade inteligente deve ser uma meta de todo gestor público, mas também dos cidadãos. A transformação do centro urbano em cidade inteligente está alinhada com o desenvolvimento sustentável, um objetivo mundial definido pela Organização das Nações Unidas, e tem como principal guia a melhoria da qualidade de vida dos habitantes.

1.2 Objetivos do trabalho

O presente trabalho tem como objetivo propor um conjunto de indicadores para cidades inteligentes e sustentáveis condizente com a realidade brasileira, através da avaliação crítica de indicadores já propostos em outros trabalhos e publicações por meio de critérios objetivos. Para isso, deve ter entendimento do que constitui uma cidade inteligente, os principais atores envolvidos em sua dinâmica organizacional e as condições para seu desenvolvimento.

Prossegue, então, para uma avaliação da aplicabilidade deste conjunto de indicadores em uma cidade brasileira, tomando como exemplo a cidade de Santos, localizada no litoral do Estado de São Paulo. Por fim, serão abordados os fins para os quais este modelo de indicadores pode ser benéfico para o planejamento urbano brasileiro e os próximos passos nesta pesquisa.

1.3 Método do trabalho

O trabalho parte da contextualização da situação brasileira no que tange à urbanização e evolução de condições sociais nas últimas décadas, assim como a revolução digital em voga.

Realiza um levantamento bibliográfico a respeito do conceito de indicadores, modelos e sistemas, visando embasar a proposta de um modelo sistêmico de indicadores. Busca na literatura entendimento a respeito de sistemas urbanos, como passo inicial para então se aprofundar em cidades inteligentes, do que é composta, o que a diferencia de uma cidade normal e que outros conceitos estão correlacionados.

Com os conceitos de avaliação de indicadores e cidades inteligentes, poderemos então avaliar diversos modelos atuais de indicadores de cidades inteligentes para verificar sua validade e relevância para a situação brasileira. Com isso, será possível chegar a um conjunto de indicadores consistente.

Este conjunto será avaliado quanto à sua facilidade de aplicação, tomando como piloto uma cidade brasileira de tamanho médio. Embora isso não seja um fator

limitante ou desclassificador do modelo, é interessante ter em mente o que deve ser desenvolvido para viabilizar esta medição.

1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado nos seguintes componentes:

1. Introdução
2. Contextualização
3. Revisão bibliográfica
 - a. indicadores
 - b. modelo sistêmico
 - c. cidades inteligentes
4. Modelos de indicadores
5. Critérios de avaliação
6. Avaliação dos modelos levantados
7. Consolidação do conjunto de indicadores
8. Avaliação de aplicabilidade
9. Desenvolvimentos futuros
10. Conclusão

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

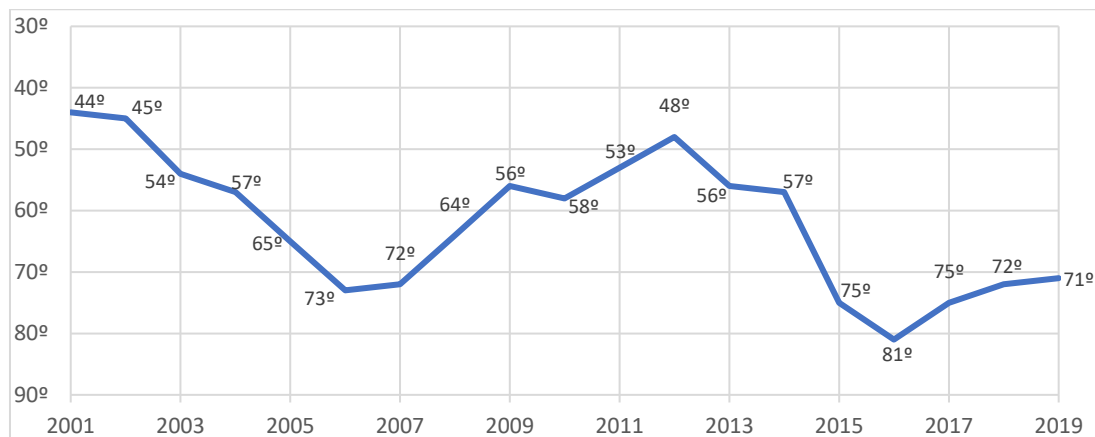
Em 1950, o Brasil saía da guerra um país ainda pobre e rural. Desenvolveu-se bem até meados de 1959, perdendo fôlego na década seguinte. Com o chamado “milagre econômico brasileiro”, a década de 70 apresentou grande crescimento econômico – embora também tenha sido um momento de agravamento das desigualdades sociais (FERREIRA e VELOSO, 2015). Com a crise do petróleo em 1979, a década de 80 se inicia com uma recessão, reativando-se na segunda metade da década com o crescimento das exportações. Há também a redemocratização do país com a promulgação da Constituição de 1988, definindo as regras para o sistema político das próximas décadas (FAUSTO, 1995).

Na segunda metade do século XX a sociedade brasileira sofreu grandes mudanças: a população total quadruplicou; houve grande migração do Nordeste e Minas-Gerais para o Centro-Sul e posteriormente para o Centro-Oeste e Noroeste; houve uma expressiva urbanização e um crescimento da indústria no país; a alfabetização e a continuidade dos estudos cresceu significativamente (inclusive entre as mulheres). Observou-se grande aumento do PIB per capita; entretanto, ele não foi seguido de distribuição de renda (FAUSTO, 1995).

No século seguinte, a popularização e massificação da internet e de smartphones trouxeram o pico da chamada “terceira revolução industrial” (ou revolução digital), que havia sido embrionada em 1947 com a invenção do transistor e desdobrada entre 1970 e 1990 com o desenvolvimento da internet e a disseminação dos computadores. Fenômenos que haviam sido iniciados no século XX ganham impulso no começo do novo milênio; e outros tantos inesperados trazem novas soluções e desafios (SCHOENHERR, 2004).

O Brasil, que figurava como a décima maior economia do mundo (WORLD BANK, 2020), estava em condições internas e externas para aproveitar o desenvolvimento propiciado pelas novas tecnologias. Entretanto, pouco se concretizou de forma a acelerar o crescimento. De maneira oscilante, podemos observar um declínio na competitividade brasileira no cenário global, conforme mostra a Figura 1. Atualmente são avaliados 141 países.

Figura 1 - Posicionamento do Brasil no ranking de competitividade do Fórum Econômico Mundial



Fonte: Fórum Econômico Mundial (2020). Elaborado pelo autor

O modelo atual desta avaliação de competitividade compreende 103 indicadores distribuídos em 12 áreas, chamadas de “pilares”. Estes pilares compõem quatro grandes grupos de interesse, demonstrados na figura abaixo. Os indicadores são agregados em indicadores superiores, através da média daquele grupo, e assim sucessivamente até o indicador final, chamado de Indicador Global de Competitividade (FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL, 2019).

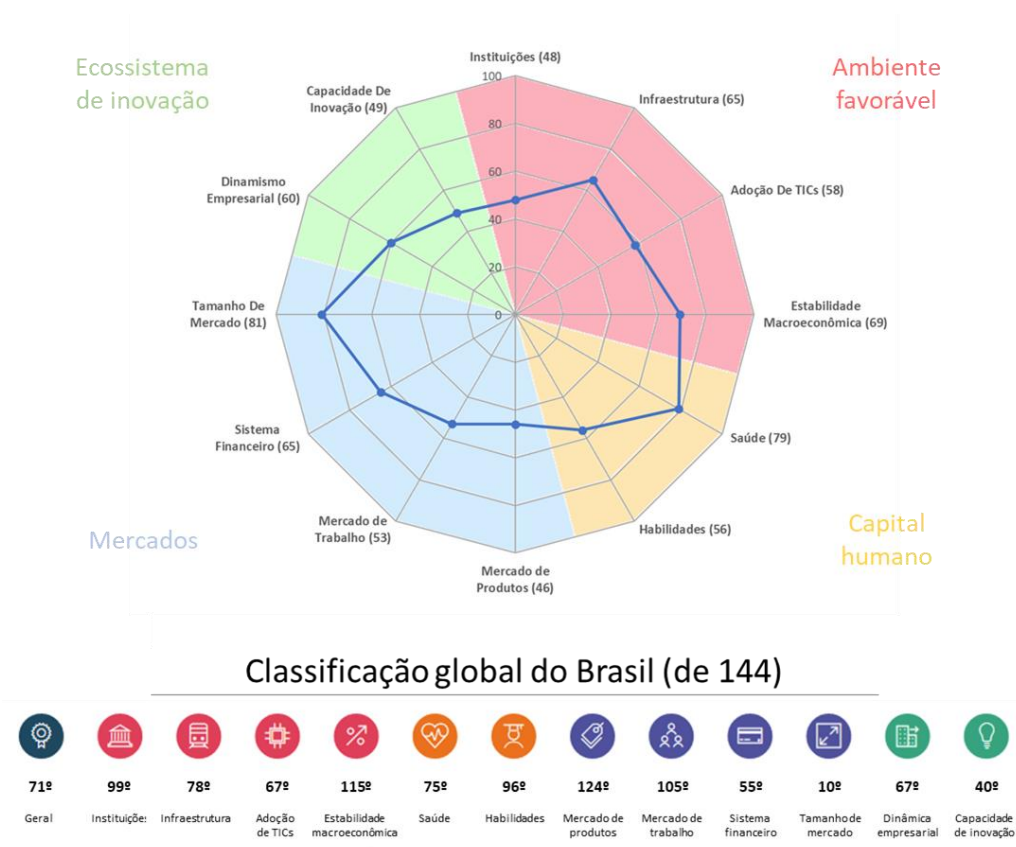
Figura 2 - Estrutura do Indicador Global de Competitividade



Fonte: Fórum Econômico Mundial (2019).

Podemos assim ter uma visão global do cenário brasileiro em cada um destes doze pontos, conforme demonstrado na Figura 3 (cada indicador recebe uma nota de zero a cem, indicada entre parênteses após a identificação do parâmetro). Embora possua um enorme potencial de mercado, seu mercado de produtos é pouco desenvolvido devido distorções causadas por subsídios na competição e pouca abertura comercial; há baixa capacidade absoluta de inovação, a despeito de sua relativa boa colocação mundial; fatores de violência, corrupção e performance do setor público demonstram a fragilidade das instituições; a inflação dificulta a estabilidade macroeconômica; o mercado de trabalho é abalado pelas ineficientes relações empregado-empregador (FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL, 2019).

Figura 3 - Avaliação do Brasil nos 12 pilares do Índice de Competitividade Global



Fonte: Fórum Econômico Mundial (2019). Elaborado pelo autor.

Atualmente o mundo se encontra no início da chamada “quarta revolução industrial”, caracterizada pela sofisticação e integração das tecnologias introduzidas

nas décadas anteriores; pela internet onipresente e móvel; sensores menores em dimensão e em custos; inteligência artificial e aprendizado de máquinas (SCHWAB, 2016).

Entretanto, um fator fundamental da quarta revolução é a integração entre a tecnologia e os domínios físicos, digitais e biológicos. Assim, vemos a tecnologia revolucionando campos tradicionais e aparentemente desconexos, como a introdução de inteligência artificial para detecção de doenças em estágios iniciais; algoritmos para previsão de comportamentos culturais; softwares de tradução; entre tantos outros usos (SCHWAB, 2016).

Essa nova gama de aplicações propicia tanto novos desafios como também novas oportunidades de aplicação das tecnologias em prol do melhoramento da sociedade. Gestores públicos devem desenvolver políticas para aproveitamento destas tecnologias, visando o bem estar dos cidadãos, o aumento da atratividade e competitividade de suas regiões.

2.1 O desafio brasileiro

Para melhor contextualizar a evolução da situação brasileira, utilizaremos alguns indicadores sociais, ambientais e econômicos. Indicadores sociais servem de base para os formuladores das estratégias públicas desenvolverem as políticas a serem aplicadas. O diagnóstico do contexto atual, a especificação dos programas a se desenvolver, sua implementação e avaliação posterior devem estar embasadas nos indicadores relevantes (JANNUZZI, 2001).

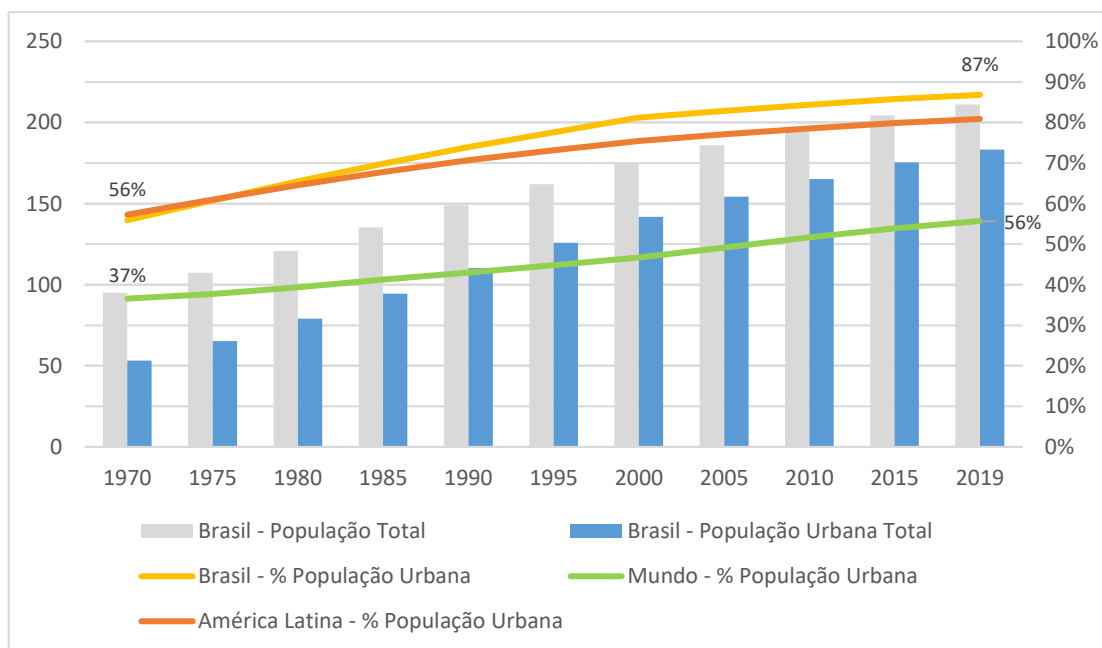
Indicadores sociais podem representar diversas facetas da sociedade. Indicadores demográficos (como taxa de natalidade e de urbanização, por exemplo), educacionais (taxa de analfabetismo), culturais (livros lançados por mil habitantes), distribuição de renda (índice de Gini), habitacionais (taxa de cobertura de serviços urbanos) e outros podem ser enquadrados como sociais, ao mesmo tempo que podem possuir implicações para as áreas econômica ou ambiental (JANNUZZI, 2001). Indicadores ambientais refletem a pressão que a atividade humana, seja como sistema ou atividades econômicas, está impondo ao meio ambiente; afetando, assim, a quantidade e qualidade dos recursos fornecidos pela natureza (NASCIMENTO *et*

al., 2018). Indicadores econômicos representam o comportamento e a situação da atividade e dos agentes econômicos de uma região. Podem compreender o nível de atividade, preços, setor externo, agregados monetários ou setor público (LOURENÇO e ROMERO, 2002).

Destacaremos aqui apenas uma pequena parcela de todos os indicadores possíveis, visto que o objetivo desta seção é uma breve contextualização da situação brasileira.

Primeiramente, podemos observar na figura abaixo a transformação da sociedade no que diz respeito à urbanização. A população urbana brasileira quase quadruplicou entre 1970 e 2019, indo de pouco mais de 50 milhões para 183 milhões de pessoas vivendo em cidades (WORLD BANK, 2020). Isso representa um imenso desafio para a infraestrutura urbana em continuar provendo os serviços necessários para a população urbana crescente. Também vemos que o desenvolvimento urbano do Brasil ocorreu mais intensamente que na América Latina, em especial no final do século passado.

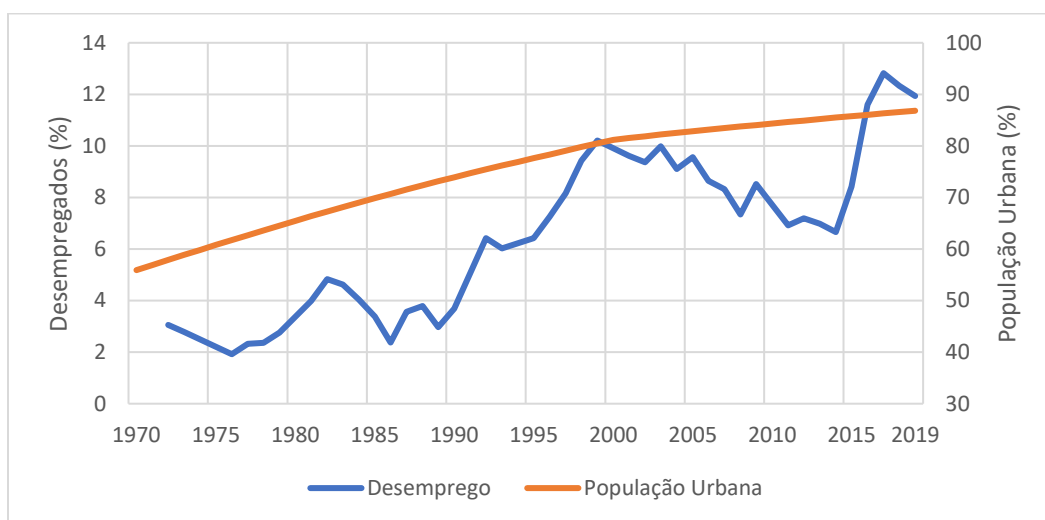
Figura 4 - População total e urbana (milhões) e proporção urbana (%)



Fonte: World Bank (2020). Elaborado pelo autor.

Oliven (2010) destaca, entretanto, como o avanço da urbanização não necessariamente acompanha o mesmo caminho da industrialização; como as cidades menos industrializadas apresentaram um crescimento populacional quase tão intenso como as cidades mais industrializadas. Há, portanto, um reflexo direto no desafio dos gestores públicos de manejar os empregos e fornecer uma estrutura urbana atrativa para empresas e indústrias. E, de fato, podemos verificar na Figura 5 como o aumento da urbanização se traduziu em maiores índices de desemprego nacional (embora obviamente não seja um fenômeno isolado).

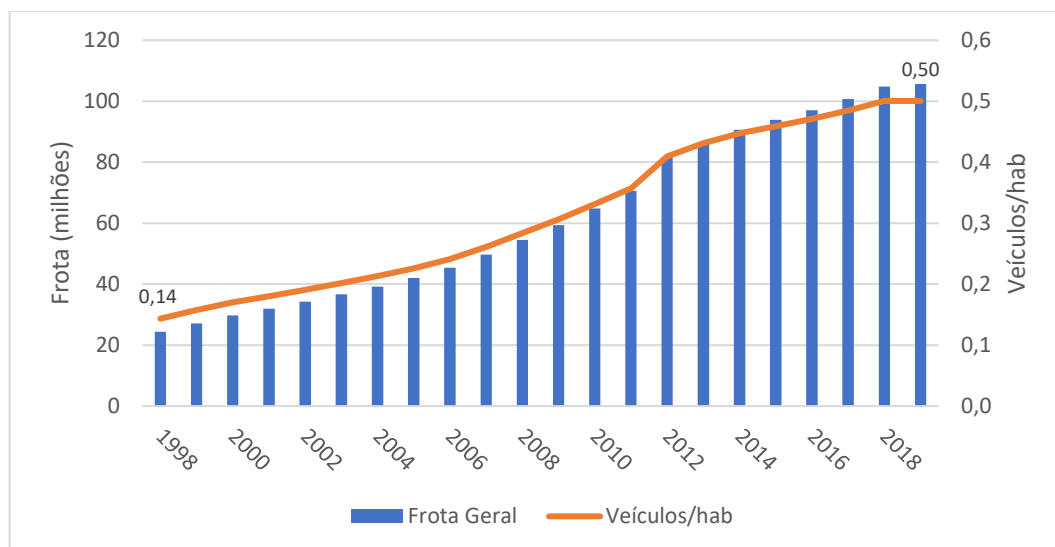
Figura 5 - Proporção de desempregados e de população urbana no Brasil



Fonte: World Bank (2020). Elaborado pelo autor.

Associado à industrialização e à urbanização, temos o problema da imensa e crescente frota de veículos circulante no país. Com isso, a infraestrutura urbana de transportes é cada vez mais solicitada, até o ponto de semi-colapso, como pode ser observado quase diariamente nas grandes metrópoles durante os horários de pico. O impacto na qualidade de vida dos cidadãos diminui a atratividade e a eficiência da cidade, trazendo prejuízos financeiros efetivos para o setor público e privado (VASCONCELOS, CARVALHO e PEREIRA, 2011). Faz-se necessário um novo modelo de gestão do sistema de transporte, visto que a infraestrutura presente não é capaz de suportar a demanda ocasionada pelo modelo tradicional.

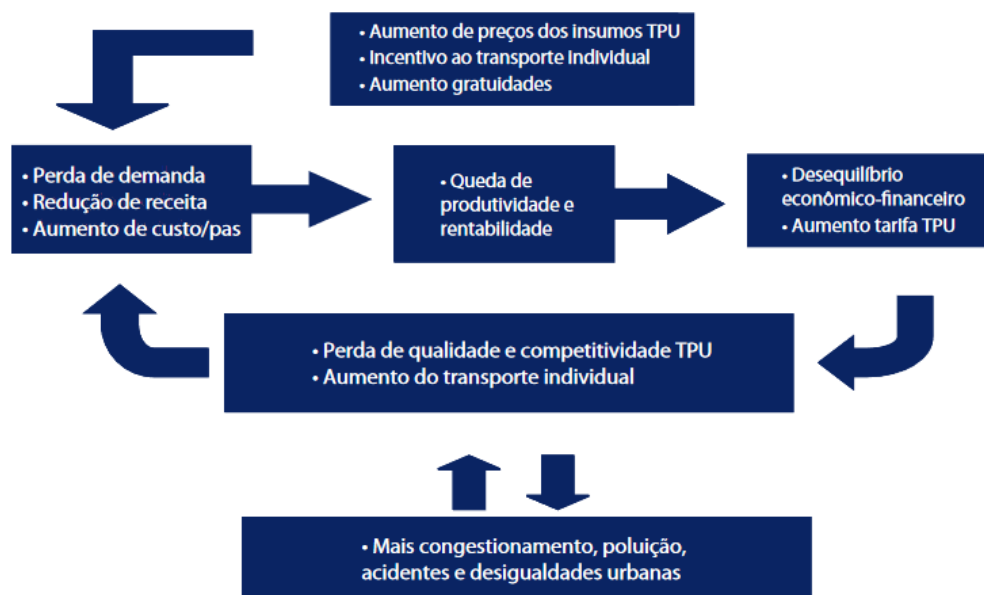
Figura 6 - Crescimento da frota de veículos nacional (em milhões) e proporção de veículos por habitante



Fontes: Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares (2020), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019). Elaborado pelo autor.

O problema de mobilidade urbana é também relacionado com problemas ambientais, em especial a emissão de poluentes. As emissões de CO₂ per capita no Brasil aumentaram cerca de 130% nos últimos 40 anos (WORLD BANK, 2020), em grande parte devido ao uso pouco eficiente de veículos movidos a combustão interna, assim como o modelo com grande foco no transporte privado: Vasconcelos, Carvalho e Pereira (2011) apontam como o transporte privado emite 15 vezes mais poluentes que o transporte público. A Figura 7 demonstra como há um ciclo vicioso no transporte público urbano (TPU) de redução de competitividade e atratividade.

Figura 7 - Ciclo vicioso da perda de competitividade do transporte público urbano (TPU) rodoviário

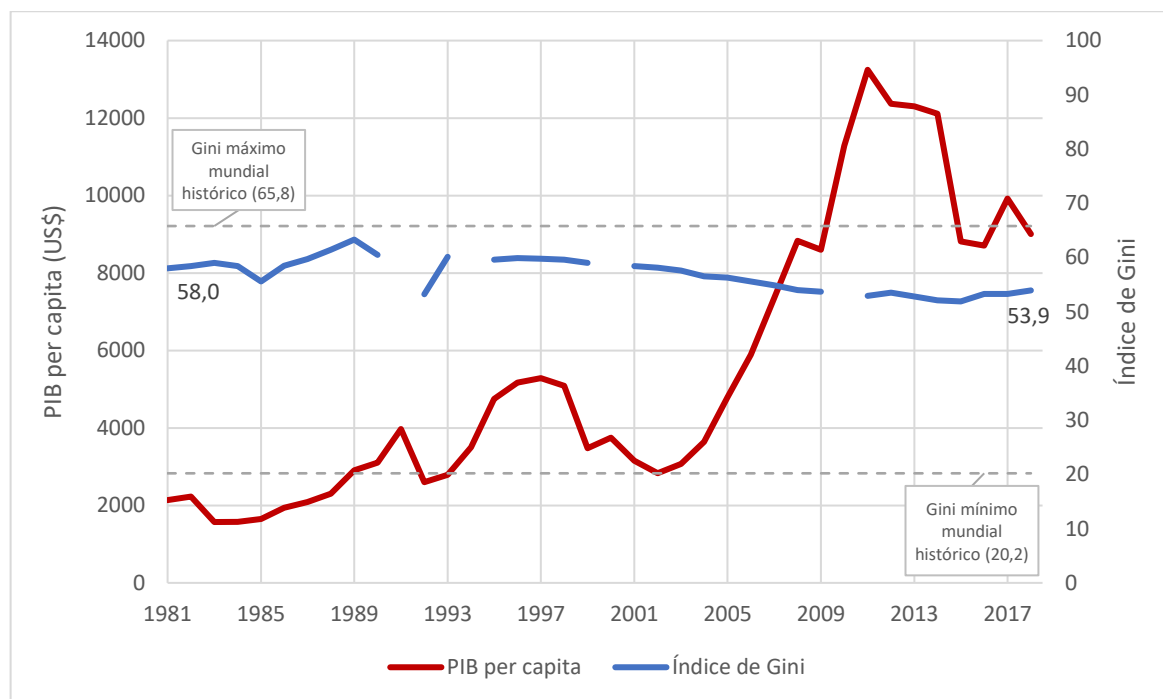


Fonte: Vasconcelos, Carvalho e Pereira (2011).

Assim, estímulos ao transporte individual, como impostos reduzidos e estacionamento gratuitos em vias públicas, somam-se à ausência ou ineficiência de políticas públicas para priorização do transporte coletivo; de tal forma que é ocasionada perda de demanda e receita aos sistemas públicos, que por sua vez reduzem a qualidade do serviço e aumentam as tarifas, o que diminui a atratividade, dando início ao ciclo novamente (VASCONCELOS, CARVALHO e PEREIRA, 2011).

Um outro fator interessante dos aglomerados urbanos atuais é a desigualdade social presente dentro do mesmo sistema. Como demonstrado na Figura 8, embora o PIB per capita brasileiro tenha crescido substancialmente nas últimas quatro décadas, a desigualdade econômica pouco melhorou (o índice de Gini calcula a concentração de renda de uma determinada população. Quanto mais perto de 1, mais desigual é a sociedade e com maior concentração de renda. O valor zero representa a igualdade, onde todos tem a mesma renda (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2004)).

Figura 8 - PIB per capita e Índice de Gini no Brasil



Fonte: World Bank (2020). Elaborado pelo autor.

Essa desigualdade tem implicações na qualidade dos serviços fornecidos à população, bem como em sua acessibilidade: 16,4% da população brasileira não tem acesso à água tratada; 46,8% não é atendida pela rede de esgoto; 7,9% não é atendida por sistemas de coleta domiciliar de resíduos sólidos (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO, 2018); 420 mil brasileiros não possuem acesso à rede elétrica (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019). A eficiência dos serviços também deixa a desejar: 38,5% da água potável na distribuição é perdida ou não contabilizada; 53,7% do esgoto coletado não é tratado; 61,9% dos municípios não possuem coleta seletiva (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO, 2018); apenas 40,5% dos resíduos sólidos urbanos coletados tiveram destinação adequada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2019); 14,6% da energia injetada no sistema elétrico é perdida ao longo da distribuição, seja por motivos técnicos (inerentes à tecnologia) ou não-técnicos (furtos, erros de medição ou de faturamento) (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2020).

Entretanto, a urbanização e o desenvolvimento tecnológicos também se entrelaçam com melhorias da qualidade de vida da população. Há o aumento da

produção de trabalhos intelectuais, o que se relaciona com a transformação em uma sociedade mais letrada; grande aumento do consumo (e produção) de bens e serviços, ampliando a gama de atividades e profissões, sendo mais eficaz do ponto de vista econômico; redução das taxas de natalidade e mortalidade infantil; aumento da expectativa de vida; explosão da oferta de atividades culturais e lazer (SANTOS, 1993).

Assim, vemos que o desenvolvimento urbanístico brasileiro não trouxe a todos os mesmos benefícios; que apesar de propiciar novas dimensões culturais, sociais, econômicas e ambientais, a revolução tecnológica introduziu tanto novos desafios quanto soluções; e que a evolução de indicadores econômicos e produtivos não se refletiu na redução da desigualdade ou no aumento da competitividade internacional relativa do país.

2.2 Agenda ONU 2030

Durante reunião em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) promulgou a Agenda 2030, um conjunto de metas e objetivos para o desenvolvimento sustentável mundial, visando alcançar sua implementação até o ano de 2030, como indica o nome. Define-se como um plano de ação que se desenvolve sobre os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, oito objetivos de desenvolvimento definidos na Cúpula do Milênio da ONU em 2000.

Divide-se em 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas associadas a estes objetivos. Embora reconheça na erradicação da pobreza o maior desafio global, também abarca outros aspectos da sociedade mundial.

O documento divide o desenvolvimento sustentável em 3 dimensões e explicita que todos os objetivos são integrados e indivisíveis, enquanto equilibram estas dimensões: econômica, social e ambiental. Este tripé de dimensões é utilizado como base em diferentes modelos sistêmicos (que serão desenvolvidos posteriormente neste trabalho).

A ONU reconhece o momento de transformação pelo qual passa o mundo. As crescentes disparidades sociais, de oportunidades, riqueza e poder; desemprego, em especial entre os jovens; exaustão dos recursos naturais; mudanças climáticas;

igualdade de gênero; estes são apenas alguns desafios mundiais apontados no relatório.

Os 17 ODS definidos pela Agenda 2030 estão resumidos na figura abaixo.

Figura 9 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Fonte: Organização das Nações Unidas (2015).

De especial interesse para este trabalho é o ODS 11 – “Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”, que desenvolve metas para o desenvolvimento de cidades e comunidades sustentáveis. O detalhamento do ODS está detalhado no **Erro! Fonte de referência não encontrada**.A. Entre as 10 metas e seus indicadores, podemos destacar algumas como (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, SECRETARIA ESPECIAL DE ARTICULAÇÃO SOCIAL, 2020):

11.3 Até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e as capacidades para o planejamento e gestão de assentamentos humanos participativos, integrados e sustentáveis, em todos os países.

- Indicador 11.3.1: Razão da taxa de consumo de terra com a taxa de crescimento populacional.

- Indicador 11.3.2: Percentual de cidades com uma estrutura de participação direta da sociedade civil no planejamento e gestão urbana que operam de forma regular e democrática.

11.6 Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros.

- Indicador 11.6.1: Percentual de resíduos sólidos urbanos regularmente coletados e com descarga final adequada sobre o total de resíduos sólidos urbanos gerados, por cidades.
- Indicador 11.6.2: Níveis médios anuais de material particulado (PM2.5 e PM 10) em cidades (população ponderada).

11.b Até 2020, aumentar substancialmente o número de cidades e assentamentos humanos adotando e implementando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação às mudanças climáticas, a resiliência a desastres; e desenvolver e implementar (..) o gerenciamento holístico do risco de desastres em todos os níveis.

- Indicador 11.b.1: Percentual de governos locais que adotam e implementam estratégias locais de redução de risco de desastres (...).
- Indicador 11.b.2: Número de países com estratégias nacionais e locais de redução de riscos de desastres.

Embora a Agenda proponha indicadores para cada ODS e meta (chamados de “indicadores globais”), ela também dá aos países a liberdade de formular indicadores de relevância regional e nacional (“indicadores nacionais”) como forma de complementar a avaliação.

Dos 247 indicadores propostos pela Agenda 2030 para o Brasil, 79 já estão produzidos, 103 estão em análise ou construção, não há dados para 56 e 9 deles não se aplicam ao Brasil. Para o ODS-11, temos 14 indicadores; 4 já produzidos, 3 em

análise ou construção e 7 não possuem dados (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, SECRETARIA ESPECIAL DE ARTICULAÇÃO SOCIAL, 2020). Portanto, temos uma situação em que apenas cerca de um terço dos indicadores sugeridos são atualmente considerados pelos gestores públicos e produzidos em escala nacional. Mais preocupante ainda é que cerca de um quinto deles não possuem sequer dados.

Assim, vemos que a pauta de cidades sustentáveis está incluída entre as prioridades da agenda de desenvolvimento das Nações Unidas, tamanha a relevância deste tema no presente momento histórico. A gestão dos sistemas urbanos, os impactos sociais, ambientais e econômicos causados pelos aglomerados urbanos, são todos desafios atuais para os gestores públicos. Qual deve ser então a abordagem pública para estes problemas?

2.3 Solução tecnológica

No mesmo sentido em que as novas tecnologias trazem diversos desafios, elas também podem, se utilizadas corretamente, fornecer uma gama de soluções inovativas. Quando falamos destas novas tecnologias, vale especial destaque para a aplicação de TIC no monitoramento e comunicação de dados da cidade.

Investimentos em desenvolvimento dos sistemas urbanos através de tecnologias integradas contribuem para um imenso crescimento no sistema econômico (IJAZ, SHAH, *et al.*, 2016). A vida se torna mais conveniente e confortável através da utilização de tecnologias inteligentes (KUNZMANN, 2014).

A utilização das TIC em sistemas urbanos permite abordar desafios que os governos não possuíam orçamento ou mão de obra para resolver. Desde domar problemas de congestionamento de carros e problemas logísticos como consequência do rápido crescimento de e-shopping até oferecer cuidados médicos para uma sociedade que envelhece, sem ter mão de obra médica para tal (KUNZMANN, 2014).

Heeks (2010) detalha como as TIC podem colaborar com o desenvolvimento em 3 sentidos:

-Crescimento econômico: economizando e gerando dinheiro para pessoas de baixa-renda. Análises de custo-benefício realizadas por outros estudos indicam retorno positivo em nível individual e comunitário.

-Meios de vida sustentáveis: permite o desenvolvimento de novos ativos de subsistência, que geram novas estratégias e, portanto, melhores resultados dos meios de subsistência.

-Liberdade: aumentam capacidades e funções realizadas.

Appio, Lima e Paroutis (2019) citam diversas novas oportunidades oferecidas pelas tecnologias emergentes. A melhoria do trânsito, economia de energia, otimização do transporte público, redução do lixo e poluição, melhoria da segurança nos grandes centros urbanos, melhor manejo de resíduos, controle da poluição, redes elétricas inteligentes, melhoria da qualidade habitacional; estes são apenas alguns exemplos do impacto na infraestrutura com benefícios ao cidadão que podem ser implementados.

Porém, além destes impactos na infraestrutura, também ocorrem efeitos secundários na economia: as TIC facilitam a emergência de modelos de negócios inovadores, baseados em nuvem. Modelos de infraestrutura como serviço, plataforma como serviço, software como serviço e diversos outros utilizam a infraestrutura inteligente para oferecer novos negócios, fomentando assim a economia local (PERERA *et al.*, 2014 apud APPIO, LIMA e PAROUTIS, 2019).

Assim, vemos que a utilização das tecnologias para melhoria das cidades propicia condições para solucionar diversos problemas contemporâneos. Entretanto, cabe ressaltar que estas promessas podem não se concretizar caso não haja alinhamento às boas práticas no que tange a governança, sustentabilidade e design das soluções (HEEKS, 2010).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica realizada neste trabalho foi feita em três temas: primeiro, é estudado o que são indicadores e quais são os critérios para sua construção (3.1); então, buscamos entender o que é um modelo sistêmico (3.2); e por fim avaliamos a literatura a respeito de modelos sistêmicos para cidades inteligentes (3.3). A integralidade deste entendimento permitirá o desenvolvimento conciso e relevante de uma abordagem para avaliação de modelos atuais de indicadores para cidades inteligentes, bem como possíveis sugestões de novos indicadores.

3.1 Indicadores

Destacaremos aqui duas abordagens de indicadores. Primeiramente, uma voltada para empresas e indústrias, com uma visão voltada para processos produtivos (que culmine em produtos e serviços de natureza comercial); e outra que tenha um cunho social, uma visão mais direcionada para políticas públicas e organizações não governamentais.

Embora possuam diferenças de aplicações, finalidade do desenvolvimento de cada ideia, certas especificidades (como o interesse dos clientes em contraposição ao interesse público, incluindo aqueles que não serão o público-alvo das políticas sociais) e prioridades na escolha dos indicadores, o cerne do conceito é o mesmo. O entendimento como tradução quantitativa e diversas características desejáveis durante a seleção de indicadores trazem as duas ideias muito próximas e como veremos, elas se entrelaçam em diversos momentos.

Indicadores são medidas qualitativas ou quantitativas, que possuam em si um significado e que possibilitem a organização e captação de informações relevantes dos componentes do objeto de estudo. Logo, é um recurso que fornece dados empíricos a respeito da evolução daquele aspecto analisado (FERREIRA, CASSIOLATO e GONZALES, 2009 apud ESCOLA NACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA, 2013).

A Fundação Nacional da Qualidade (2012 apud NUTINI, 2015) corrobora este conceito, trazendo as características de eficiência e eficácia, ao definir indicador como “informação quantitativa ou fato relevante que expressa o desempenho de um produto ou processo, em termos de eficiência, eficácia ou nível de satisfação, e que, em geral, permite acompanhar sua evolução ao longo do tempo”.

Indicadores são formas de representação quantificáveis das características de produtos e processos, utilizadas para controlar e melhorar o desempenho e a qualidade dos produtos e processos da organização (TAKASHINA e FLORES, 2005 apud NUINTIN e NAKAO, 2010). Indicadores são facilitadores para a tomada de decisão, fundamentando argumentos e permitindo uma visão sistêmica e consolidada. Também implicam a definição de uma meta consistente de um valor almejado ao indicador, dadas certas condições (SOLIGO, 2012).

Entretanto, Escola Nacional de Administração Pública (2013) destaca como os indicadores não tem como finalidade única acompanhar o atingimento de metas; são mais plurais, evidenciando prioridades, alinhando esforços institucionais, indicando a necessidade de ajustes, funcionando como ferramenta de motivação e reconhecimento de desempenho. Fundação Nacional da Qualidade (2012 apud ESCOLA NACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA, 2013) também reforça a importância do indicador como ferramenta de comunicação da estratégia e prioridades da alta gestão para o resto da organização.

Sobretudo, a principal função de um indicador é apoiar a tomada de decisão (ESCOLA NACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA, 2013; NUTINI, 2015; NUINTIN e NAKAO, 2010).

Visando facilitar a gestão, é comum a divisão destes indicadores entre dois grupos: indicadores de qualidade e indicadores de desempenho. Indicadores de qualidade analisam a qualidade do produto, julgadas pelo cliente; já os indicadores de desempenho expressam as principais causas que afetam certo indicador da qualidade, observando o processo do ponto de vista do produtor (NUINTIN e NAKAO, 2010; TACHIZAWA, CRUZ JÚNIOR e ROCHA, 2003 apud NUINTIN e NAKAO, 2010).

Indicadores dificilmente aparecem sozinhos. Para terem utilidade, devem ser usados em um sistema de indicadores, ou seja, “um conjunto de indicadores que permite, por meio de modelos de causa e efeito e sob vários ângulos, compreender o

comportamento e o desempenho de uma organização, estabelecer projeções em relação ao seu futuro e tomar decisões bem fundamentadas” (NUTINI, 2015).

O conjunto de indicadores permite a visão sistêmica da observação. A observação isolada de um fator pouco contribui para prover informações para certa tomada de decisão; raramente um problema é de tão pouca complexidade que uma observação isolada permite sua compreensão.

Entretanto, medir e monitorar um certo indicador é uma tarefa onerosa, seja em custos diretos ou tempo. As organizações devem escolher meticulosamente quais indicadores serão considerados em seu sistema para poder tomar decisões com a melhor qualidade de informações disponíveis, de modo que estas sejam viáveis em sua obtenção.

Para realizar a seleção de indicadores a serem utilizados, deve-se considerar as atributos que se deseja avaliar. Quando este atributo é especificado e assumido como compromisso para a organização, torna-se um requisito. Então, seleciona-se os indicadores para medir os atributos, de forma que o sistema de indicadores abranja todos os atributos relevantes para o desempenho da organização, considerando os requisitos do sistema (NUTINI, 2015).

Diferentes autores definem classificações de aspectos relevantes para a seleção de indicadores. Destacamos algumas dessas relações no

Quadro 1 (os modelos ABNT-ISO e ITU nele citados serão discutidos na seção 4 - MODELOS DE INDICADORES). Dentre os autores selecionados, Doran (1981), Drucker (1955) e Escola Nacional de Administração Pública (2013) possuem conceitos mais voltados para indicadores gerais ou empresariais; já Europa (2018), Associação Brasileira de Normas Técnicas (2017), International Telecommunication Union (2019) e Jannuzzi (2005) apresentam um foco em indicadores sociais ou urbanos.

Quadro 1 - Aspectos relevantes para escolha de indicadores, por autor

DORAN (1981)	DRUCKER (1955)	ESCOLA NACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA (2013)	EUROPA (2018)	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2017)	INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION (2019)	JANNUZZI (2005)
Relevância	Relevância	Representatividade	Relevância	Disponibilidade	Integralidade	Relevância para a agenda política
Posicionado temporalmente	Confiabilidade	Confiabilidade metodológica	Confiabilidade	Integralidade	Comparabilidade	Confiabilidade
Especificidade	Racionalidade	Confiabilidade da fonte	Integralidade	Simplicidade	Disponibilidade	Especificidade às ações previstas
Mensurabilidade	Clareza	Disponibilidade e facilidade de coleta	Mensurabilidade objetiva ou subjetiva	Neutralidade tecnológica	Independência	Factibilidade operacional
Exequível	Direciona esforços	Economicidade entre custos e benefícios	Disponibilidade	Validade	Simplicidade	Aderência de representação do conceito
	Autoexplicativa	Sensibilidade	Não-redundância	Verificabilidade	Tempestividade	Sensibilidade às ações previstas
	Simplicidade	Simplicidade	Familiaridade de entendimento			Comunicabilidade ao público
		Estabilidade	Independência			Transparência metodológica
		Utilidade para tomada de decisões				Cobertura populacional
		Tempestividade				Periodicidade em sua atualização
						Desagregabilidade populacional e territorial
						Comparabilidade

Fonte: elaborado pelo autor.

Assim, certas ideias são universais, como relevância, confiabilidade e mensurabilidade; outras são mais ou menos relevantes a depender do contexto de aplicação do sistema de indicadores. De especial interesse para este trabalho são os indicadores sociais, tema brevemente comentado nos capítulos anteriores e que é assim definido por Jannuzzi (2005):

Os indicadores sociais são medidas usadas para permitir a operacionalização de um conceito abstrato ou de uma demanda de interesse programático. Os indicadores apontam, indicam, aproximam, traduzem em termos operacionais as dimensões sociais de interesse definidas a partir de escolhas teóricas ou políticas realizadas anteriormente.

Indicadores sociais são a base da construção do planejamento público e a formulação de políticas sociais, acompanhando as condições de vida da população, mudanças e fenômenos sociais. Taxas de analfabetismo, índices de desigualdade e rendimento médio são indicadores sociais ao traduzir dimensões da realidade social em quantias tangíveis e operacionais (JANNUZZI, 2005).

Políticas públicas necessitam ser avaliadas em relação aos seus resultados, em termos de benefícios ao público-alvo decorrentes das ações empreendidas, ou em relação ao seu impacto e efeitos das estratégias governamentais a médio e longo prazos. Estas são dimensões específicas relacionadas a políticas públicas, sem um paralelo perfeito relacionado a instituições privadas (ESCOLA NACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA, 2013). Este papel cabe aos indicadores sociais.

Temos diversas maneiras de classificar indicadores sociais. Uma classificação clássica é por área temática a que o indicador se refere (saúde, mercado de trabalho, habitacionais etc). Outro entendimento é entre indicadores objetivos e subjetivos. Objetivos são construídos a partir da realidade concreta, normalmente a partir de estatísticas públicas (como taxa de desemprego, risco de acidentes, renda). Subjetivos são modelados a partir da avaliação de pessoas ou entidades (como confiança no governo, performance dos governantes). Ambos auxiliam a quantificar aspectos a princípio difíceis de serem mensurados (JANNUZZI, 2005).

Uma terceira forma é a classificação entre indicador-insumo, indicador-processo, indicador-resultado e indicador-impacto (OMS, 1996 e COHEN e FRANCO,

2000 apud JANNUZZI, 2005). Estes indicadores se relacionam com a medição de diferentes partes de processo de desenvolvimento de um programa ou política pública.

Por fim, podem ser simples ou complexos, também chamados de analíticos ou sintéticos, que se diferenciam entre indicadores que refletem um aspecto direto (como evasão escolar ou desemprego) e indicadores que contemplam um conjunto mais amplo acerca da realidade (como IDH ou IPCA). Porém, Ryten (2000 apud JANNUZZI, 2005) destaca como a eficácia dos indicadores sintéticos vem sendo questionada: é difícil definir as mudanças ocorridas e a intensidade de seus efeitos no indicador final; aderência entre a medida e o conceito original (ROCHA, 2002 apud JANNUZZI, 2005), bem como o grau de arbitrariedade ao definir o peso dos componentes e avaliar as distorções na seleção de públicos-alvo de programas sociais (GUIMARÃES e JANNUZZI, 2004 apud JANNUZZI, 2005). Entretanto, ganharam certa legitimação recente e podem vir a ser úteis em alguns casos.

A construção de um indicador social (ou mais comumente, um conjunto de indicadores) é uma demanda de interesse programático, ou seja, que esteja relacionada com objetivo de e para a sociedade. Inicia-se com a definição das dimensões, componentes e ações relacionadas a este objetivo. Então, busca-se dados administrativos ou estatísticas públicas relacionadas ou não em taxas, proporções ou índices que demonstrem a eficiência do uso de recursos, eficácia do cumprimento das metas e efetividade de seus efeitos sociais (JANNUZZI, 2005). Alguns fatores desejáveis para os indicadores sociais estão exemplificados na coluna destra do Quadro 1.

Indicadores sociais também estão diretamente relacionados com indicadores para desenvolvimento sustentável, que é atualmente um objetivo político mundial, conforme resoluções recentes da ONU. Existe uma multitude de sistemas de indicadores de sustentabilidade. Todos tentam promover o desenvolvimento urbano sustentável através da agregação de informações dispersas em conhecimento focado e aplicado (HIREMATH, BALACHANDRA, *et al.*, 2013). Os modelos de sistemas permitem este desenvolvimento ao reduzir os dados necessários para ilustrar a sustentabilidade urbana e ao permitir a comunicação dessa informação com audiências diversas (KEIRSTEAD, 2007 apud EUROPA, 2018).

Este indicador deve refletir o contexto social da área urbana em questão e ser localmente relevante, ou seja, funcionar na escala do município no que tange a tamanho físico e estrutura organizacional; ao mesmo tempo em que mantém sua clareza, simplicidade, solidez científica e reprodutibilidade. Devem ser obtíveis em custo benefício razoável, usando dados publicados oficialmente e dever ser capaz de refletir todos os aspectos do desenvolvimento urbano. (MEGA e PEDERSEN, 1998; HIREMATH, BALACHANDRA, *et al.*, 2013; CAMPBELL, 1996, CAMAGNI, 2002 e ZAVADSKAS *et al.*, 2007 apud EUROPA, 2018)

Jannuzzi (2005) discorre sobre a relevância de Indicadores ao longo do ciclo de formulação e avaliação de programas sociais. O ciclo é composto de quatro partes: diagnóstico da situação social, formulação do programa, implementação e avaliação de resultados. O Quadro 2 resume as propriedades desejadas para escolha dos indicadores em cada etapa, e as fontes de dados preferenciais, caso disponíveis.

Quadro 2 - Indicadores para diferentes etapas de um programa social

Etapas	Propriedades	Fontes de dados
Diagnostico (Atual, tendências e projeções)	Confiabilidade Validade Desagregabilidade Amplitude temática	Censos demográficos Pesquisas amostrais
Formulação e seleção	Indicadores sintéticos Indicadores multicriteriais Tipologias de situações sociais	Censos demográficos Pesquisas amostrais
Implementação e acompanhamento	Periodicidade Sensibilidade Especificidade Eficiência	Registros administrativos Censos demográficos (a depender da periodicidade)
Avaliação	Eficiência Eficácia Efetividade Sensibilidade	Pesquisas amostrais Registros administrativos Grupos focais

Fonte: adaptado de Jannuzzi (2005).

Assim, vemos a relevância de indicadores sociais para a gestão pública e o desenvolvimento de programas sociais atrelados às políticas ligadas aos objetivos integrais da sociedade. Isso é ainda mais válido dado que indicadores com apoio político tiveram mais sucesso que aqueles propostos por instituições acadêmicas, sociedade civil ou ONGs (HIREMATH, BALACHANDRA, *et al.*, 2013).

Entretanto, National Research Council (2011) alerta para os riscos ou fraquezas existentes no uso amplo de métricas na política:

- excesso de simplificação ao usar respostas simples para problemas complexos, como taxa de desemprego;
- distorção do comportamento. Medidas devem levar em consideração mais o resultado do que o *output* do processo, para evitar incentivar um comportamento indesejado;
- redução da utilidade na medida em que incentivos para o sistema (como influência do mercado no próprio indicador) podem alterar ao longo do tempo o resultado do indicador;
- obsolescência ou a redução da utilidade ao longo do tempo;
- relevância limitada, pois as métricas podem refletir a visão dos gestores e profissionais, mas divergirem das métricas usadas pelo público para julgar o programa realizado.

3.2 Modelo sistêmico

Sistemas são conjuntos de partes em interação forte ou não-lineares para atingir um objetivo comum. Sistemas têm a capacidade de manter certa organização frente a alterações internas ou externas. O produto resultado de um sistema é totalmente diferente (e geralmente maior) que a soma dos resultados individuais de seus componentes. Todo sistema está inserido em um ambiente. O comportamento dos elementos constituintes de um sistema depende do sistema que eles fazem parte; ou seja, o elemento *p* inserido no sistema *R* terá um comportamento diferente do elemento *p* inserido no sistema *T* (dado que *p* interaja com o sistema que está inserido). Um sistema tem entrada ou insumos (*inputs*) que serão transformados através do processamento do sistema nos produtos ou resultados (*outputs*) (BERTALANFFY, 1968).

Sistemas possuem processos de comunicação e controle que lhe conferem características adaptativas quando sujeitos a mudanças ambientais externas. São estruturados em níveis e frequentemente são observados sistemas dentro de sistemas. Possuem propriedades emergentes, características da entidade observadas na mais diversas condições e que lhe conferem a integralidade (KASPER, 2000).

Um modelo é uma representação aproximada das relações dos componentes de um sistema que tem como objetivo capturar o que é de fato relevante no sistema para a finalidade em questão (SCHWIF, 1999).

Modelos são imagens mentais, representações, formas intelectuais de manipulação do conhecimento obtido de um trabalho; assim, através da seleção de elementos relevantes do todo da realidade analisada, pode-se constituir um sistema de elementos interrelacionados. Um modelo é, portanto, um recurso para se expressar a teoria de maneira clara e eficiente. Através da deliberada simplificação e da divisão de aspectos fundamentais, a compreensão de relações complexas é facilitada (GUERREIRO, 1989).

A utilização de modelos se faz necessária devido à limitação da mente humana de abarcar todas as relações entre os elementos de um sistema em análise observado na vida real. Assim, através da seleção dos significados dos relacionamentos de componentes mais relevantes, modelos facilitam o entendimento do problema e melhoram a qualidade de informações utilizadas nos processos de tomadas de decisão (GUERREIRO, 1989).

3.3 Cidades inteligentes

3.3.1 Sistemas urbanos

Antes de desenvolvermos o conceito de cidades inteligentes, é importante primeiro entender o que constitui uma cidade. Isso ocorre devido ao fato que muitas definições de cidades inteligentes são unidisciplinares, fornecendo assim uma visão parcial e fragmentada do que é uma cidade, como funciona e como deveriam funcionar (FINGER e RAZAGHI, 2017). Entretanto, as soluções para problemas de cidades são

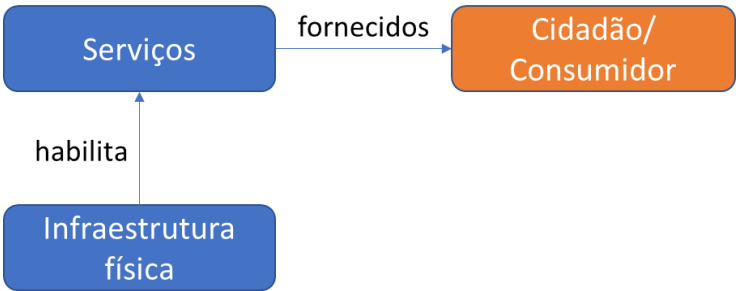
interdisciplinares por natureza. Envolvem ciências sociais, comportamentais, distribuição espacial de pessoas e funções, tecnologias e negócios (COSTA e OLIVEIRA, 2017).

Cidades podem ser conceitualizadas com sistemas sociotécnicos dinâmicos e complexos. Por um lado, são compostas dos lugares físicos nos quais as pessoas vivem e trabalham; por outro, os sistemas de infraestruturas urbana criam e determinam as condições desta vivência coletiva (FINGER e RAZAGHI, 2017). A infraestrutura urbana é um sistema técnico de equipamento e serviços necessários ao desenvolvimento das funções urbanas, nos aspectos sociais (condições de trabalho, moradia, saúde, educação, lazer e segurança), econômicos (atividades de produção e comercialização de bens e serviços) e institucionais (desenvolvimento das atividades político-administrativas), sendo também moldado por eles e formando assim um sistema sociotécnico dinâmico (FINGER e RAZAGHI, 2017; ZMITROWICZ e NETO, 1997).

O sistema de infraestruturas urbanas forma parte indissociável da cidade e é, na verdade, constituído de subsistemas, compostos por uma dimensão física (bens ou equipamentos) associados à prestação de um serviço, que é seu objetivo final, visando atender uma necessidade social (ZMITROWICZ e NETO, 1997; FULMER, 2009). Estes são interdependentes e evoluem se influenciando ao longo do tempo (INNOVATIVE GOVERNANCE OF LARGE URBAN SYSTEMS, 2020). Normalmente são subsistemas monopolísticos em termos de controle local ou regional de um bem ou serviço, requerindo grande investimento de capital para serem implementados e mantidos. São sistemas custosos que conectam demanda e oferta, envolvendo ativos interconectados para funcionamento da rede (FULMER, 2009).

De maneira geral, podemos compreender os sistemas de infraestrutura urbana como uma plataforma sob a qual serão desenvolvidos os serviços efetivamente utilizados pelos cidadãos, conforme representado na figura abaixo.

Figura 10 - Modelo da infraestrutura urbana



Fonte: Innovative Governance of Large Urban Systems (2020). Elaborado pelo autor.

Diferentes autores definem diferentes conjuntos de subsistemas de infraestrutura urbana, conforme exemplificado no quadro abaixo.

Quadro 3 - Definições de conjuntos de subsistemas de infraestrutura urbana, por autor

FULMER (2009)	ZMITROWICZ e NETO (1997)	INNOVATIVE GOVERNANCE OF LARGE URBAN SYSTEMS (2020)
Transporte	Viário (vias urbanas)	Transporte
Comunicações	Comunicações	Comunicações
Água potável e esgoto	Abastecimento de água	Água e esgoto
Óleo e gás	Esgotos sanitários	Resíduos sólidos
Elétrico	Energético	Energia
	Drenagem pluvial	Habitação e infraestruturas verdes

Fonte: elaborado pelo autor

A partir destas infraestruturas são oferecidos serviços aos cidadãos, como segurança, saúde, educação, lazer, turismo, serviços de emergência etc. Também sob eles se desenvolvem subsistemas de economia e negócios, envolvendo a geração de emprego e ambiente de inovação, e de gestão pública (INNOVATIVE

GOVERNANCE OF LARGE URBAN SYSTEMS, 2020; PESSOA, FERREIRA e PATAH, 2020).

Uma outra abordagem sistêmica para compreensão de um modelo urbano aglutina esses subsistemas de infraestrutura urbana como um grande subsistema (*utilities*) do sistema urbano. Com isso, são propostos 7 subsistemas urbanos para melhorar compreender os elementos a serem analisados de forma a atender as necessidades dos cidadãos. De tal modo, Pessoa, Ferreira e Patah (2020) sugerem a seguinte abordagem de visão sistêmica de um sistema urbano:

Figura 11 - Modelo de uma cidade e seus subsistemas



Fonte: Pessoa, Ferreira e Patah (2020).

Este modelo engloba a divisão proposta por Finger e Razaghi (2017) e IGLUS (2020) dentro dos subsistemas “infraestrutura e superestrutura” e “arquitetura e urbanismo”; porém, ele é mais abrangente ao consolidar subsistemas para os serviços associados e competências circundantes necessárias para bom funcionamento do sistema. Neste trabalho será utilizada uma versão adaptada deste modelo, na qual os

temas de “formação social” e “cultura e lazer” são alterados para que formação social englobe o desenvolvimento cultural e social do indivíduo, bem como a questão social de igualdade; lazer e turismo formam nova categoria, chamada de “comunidade”, que visa avaliar o desenvolvimento da comunidade local (em grandes cidades, normalmente bairros); saúde deve ser avaliado individualmente, tamanha sua relevância e especificidade; arquitetura e urbanismo serão considerados como “instalações”, de maneira a avaliar as instalações urbanas utilizadas pelos habitantes; por simplificação, “infraestrutura e superestrutura” será chamada de “utilidades”, pois nos interessa avaliar a qualidade dos serviços oferecidos a partir daquela estrutura, e não necessariamente a infraestrutura em si; por fim, meio ambiente é melhor equacionado separado das instalações urbanas, pois pode envolver aspectos globais não restritos à área urbana de uma cidade. De tal forma, temos a seguinte versão adaptada:

Figura 12 - Modelo de subsistemas adaptado



Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim, temos cada um dos nove subsistemas adaptados de Pessoa, Ferreira e Patah (2020):

- Comunidade: ambiente agradável e atividades de recreação, turismo e demais atividades comunitárias/sociais.
- Economia e negócios: ambiente adequado para desenvolvimento de atividades econômicas e geração de riqueza. O desenvolvimento regional depende dos empregos, mas principalmente do empreendedorismo, da inovação e da capacidade dos arranjos produtivos locais.
- Emergência: corresponde à infraestrutura em vigor para responder e prever desastres e emergências, como inundações, incêndios, deslizamentos de terra e roubos. Polícia, bombeiros e defesa civil estão incluídos aqui.
- Formação social: serviços oferecidos cidadãos como forma de se fornecer educação, cultura e desenvolvimento de igualdade social.
- Gestão: estrutura integrada de gestão dos recursos urbanos, a governança da cidade, gestão pública, aspectos legislativos, finanças públicas, representatividade da população na política e comunicação de políticas.
- Instalações: a infraestrutura para a construção de um ambiente urbano funcional. Envolve urbanismo, habitação e construções, bem como as vias e equipamento funcionais (postes, cabos, antenas etc).
- Meio ambiente: qualidade de recursos naturais (ar, água), preservação de áreas verdes, campos eletromagnéticos.
- Utilidades: suprimento de itens utilizados pelos cidadãos no dia a dia da cidade; incluindo também sua manutenção.
- Saúde: infraestrutura de saúde, incluindo hospitais, leitos e profissionais de saúde, epidemias e ocorrência de doenças, qualidade da saúde dos moradores, telemedicina.

O gerenciamento destes subsistemas é, portanto, crucial para o funcionamento urbano e a qualidade de vida dos cidadãos, assim como ele impacta diretamente as desigualdades sociais. Os sistemas de infraestrutura estão sujeitos principalmente a cinco tipos de desafios, que estão interligados: demográficos, socioeconômicos, tecnológicos, ambientais e financeiros. Estes desafios afetam diretamente a qualidade dos serviços providos aos cidadãos (INNOVATIVE GOVERNANCE OF LARGE URBAN SYSTEMS, 2020). Há principalmente cinco tipos de *stakeholders* envolvidos no gerenciamento dos sistemas de infraestrutura. O Quadro 4 os define e demonstra seus principais objetivos ou interesses na gestão.

Quadro 4 - Atores envolvidos na gestão de sistemas de infraestrutura urbana e seus interesses

Stakeholder	Objetivos
Usuários	Qualidade Acessibilidade Preços
Cidadãos	Impactos coletivos Impactos sociais Impactos ambientais
Investidor (público)	ROI Lucratividade Disposição a pagar Regulamentações
Investidor (privado)	Equidade Acessibilidade financeira Sustentabilidade
Decisores políticos, legisladores	Demandas dos cidadãos Demandas dos grupos de interesse Atratividade regional ou nacional

Fonte: Innovative Governance of Large Urban Systems (2020). Elaborado pelo autor.

Ademais, IGLUS (2020) define quatros tipos de gestão para estes sistemas:

- Gestão pública: o governo municipal controla e comanda o fornecedor do serviço e proprietário da infraestrutura, definindo como este irá operar. O foco principal deste modelo de gestão é atender os interesses

dos cidadãos. Caso os serviços sejam insatisfatórios, os cidadãos irão pressionar o governo (através de eleições ou outros mecanismos), que por sua vez irá intervir no operador. Comum em situações de monopólio do serviço pelo poder público.

- Nova gestão pública: uma modificação do anterior, na qual há a introdução de uma certa autonomia gerencial por parte do operador da infraestrutura em relação ao governo. Assim, a gestão se torna mais profissional, o foco passa a ser mais aos usuários dos serviços do que aos cidadãos e à separação entre produção (operador) e provisão dos serviços (governo). O controle da infraestrutura, entretanto, não se altera, pois os cidadãos pressionam o poder público, que ainda pode mudar a equipe de gestão responsável.
- Gestão de mercado: o produtor do serviço é uma empresa privada (ou pública, mas corporativizada) que opera em competição com outras empresas. O foco é no serviço aos consumidores, de maneira competitiva (às vezes através de licitações). O controle dos governos se dá através da regulamentação, definindo as condições em que o serviço é fornecido aos cidadãos, mantendo assim o mecanismo de controle político.
- Parceria público-privada (PPP): um modelo cada vez mais comum, em especial em serviços de transporte, água e esgoto. Através de licitações que especificam as condições do serviço, preços e qualidade, empresas privadas são escolhidas para fornecer o serviço. Essa parceria pode ser gerencial, quando a estrutura já está instalada; e financeira, nas quais há a necessidade de criação ou revitalização da estrutura e a empresa será responsável por tal. Em ambos os casos, a empresa escolhida fica responsável pela operação por um período determinado, havendo antes ou após este período a transferência de posse da estrutura ao governo. Os cidadãos continuam exercendo poder sobre o operador através da influência política, que por sua vez define os termos das licitações.

3.3.2 Definições de cidade inteligente

O ideia de desenvolver uma cidade inteligente é antiga, vinda de debates a respeito de uma cidade ideal no século XIX e desenvolvimento de cidades focadas no uso de tecnologia como facilitador do conhecimento e da inovação no início do século XX. Assim, em 1939 houve o desenvolvimento da primeira cidade identificada como inteligente, realizada com o objetivo de utilização de informação e conhecimento (TORRES, 2020). O conceito de cidade inteligente evoluiu ao longo de décadas recentes, como resposta aos desafios da urbanização, revolução digital e demandas sociais por serviços urbanos mais eficientes e sustentáveis e a melhora da qualidade de vida (GUEDES, ALVARENGA, *et al.*, 2018). Ele surge para assegurar que os diversos fatores de produção urbanos possam ser canalizados através de uma perspectiva e estrutura, tornando a sociedade hiperconectada, mais eficiente e inteligente (COSTA e OLIVEIRA, 2017). Entretanto, há uma multitude de definições, com enfoques mais ou menos específicos, de maneira que muitas vezes é até confuso tentar encontrar uma definição universal.

Porém, dedicar esforços para definir o conceito de cidade inteligente é muito importante no ambiente de transformação analisado. A definição de um conceito de cidade inteligente ajuda a organizar os diferentes *stakeholders* e direcionar suas ações. Para os idealizadores de novas cidades (cidades planejadas), possibilita o entendimento do que é necessário implementar e assim orienta o planejamento e execução de projetos. Para as autoridades municipais, fornece medidas claras de performance. Para os cidadãos, permite avaliar se o dinheiro está sendo bem gasto. Também evita que políticos utilizem o rótulo de “cidade inteligente” sem primeiro ter cumprido os requisitos básicos para tal (EFFENDEE, 2019).

A título de exemplificação, podemos citar algumas definições de cidades inteligentes encontradas na literatura, como:

Jin, Gubbi, *et al.* (2014): aquela que utiliza TIC para endereçar problemas urbanos através da melhor utilização de recursos limitados (espaço, mobilidade, energia). Provê serviços através da tecnologia de monitoramento para diferentes parâmetros do sistema. Usa TIC para fazer os serviços aos cidadãos e seu monitoramento mais eficiente, interativo e consciente. Utiliza IoT para coletar informações por sensores de uma rede interconectada e para interagir com o mundo físico, mas também prove serviços através da internet.

Park, Pobil e Kwon (2018): combinação e integração entre TIC e funções urbanas. Porém, também pode ser descrita como a convergência de TIC, ambiente ecológico, tecnologias de energia e estruturas de apoio dentre ambientes urbanos e residenciais.

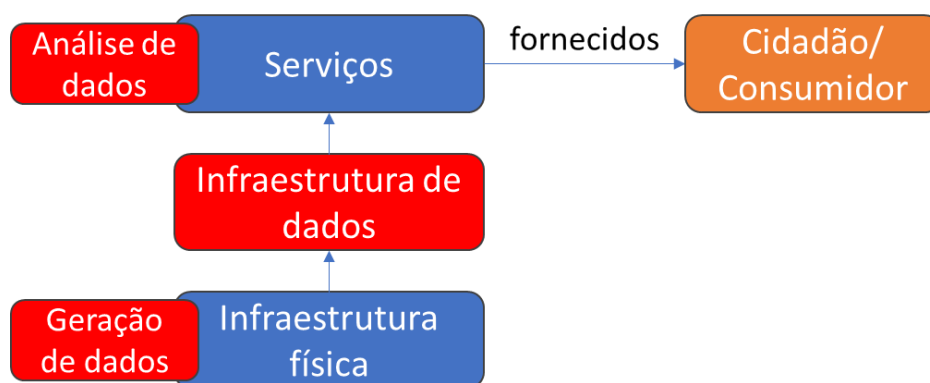
Guedes, Alvarenga, *et al.* (2018): cidade inovadora que combina aspectos de inteligência e sustentabilidade através de uma governança que integra interações entre stakeholders e usa a tecnologia para otimizar serviços e infraestrutura para melhorar a qualidade de vida. É uma cidade orquestrada em seus projetos, organizada, interconectada e mais inteligente, com uso intenso de tecnologias para melhorar eficiência de seus sistemas.

Garau e Pavan (2018): aquela que mobiliza e utiliza recursos para melhorar a qualidade de vida dos habitantes, melhorando significativamente sua eficiência no uso de recursos; reduz as demandas no ambiente; constrói uma economia verde e baseada na inovação; e nutre uma democracia local bem desenvolvida.

Podemos ver alguns pontos em comum nesta pequena amostra de definições: utilização de recursos (comumente tecnológicos), infraestrutura, preocupação em melhorar os serviços à população e processos da cidade, e ecologia. Por sua vez, Finger e Razaghi (2017) definem a cidade inteligente como um sistema sociotécnico passando por um processo de digitalização, composto de três partes: geração de dados, conexão de dados e análise de dados. Assim, é adicionada uma camada de

dados à estrutura demonstrada na Figura 10, entre a infraestrutura urbana e a prestação de serviços, conforme a Figura 13. Há a geração de dados junto à infraestrutura física, através das TIC, que são conectados à prestação de serviços, que por sua vez se valem da análise destes para melhorar ou inovar em seus serviços.

Figura 13 - Conceitualização de cidade inteligente com a introdução da camada intermediária de dados

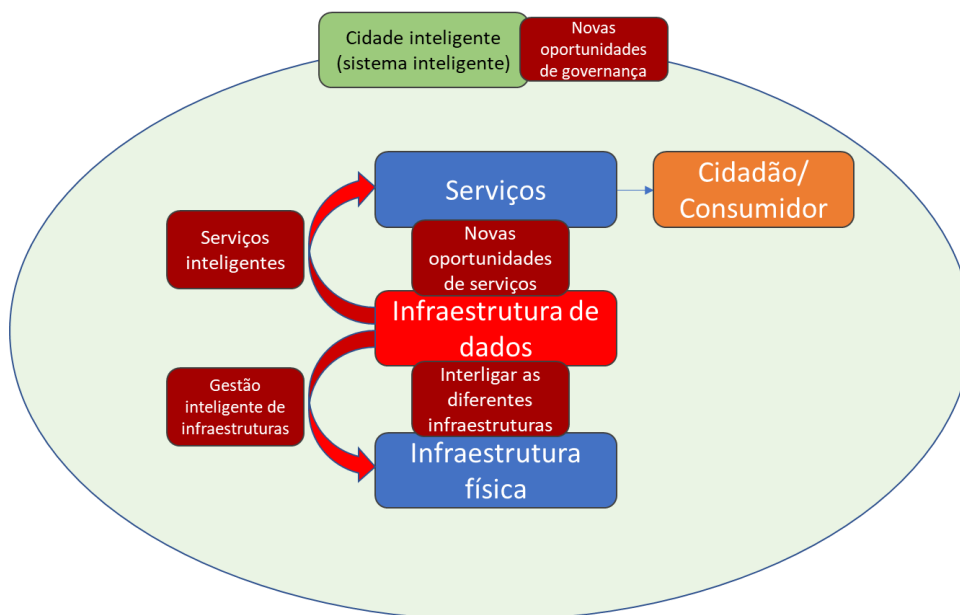


Fonte: adaptado de Finger e Razaghi (2017).

Sob esta ótica, pode-se analisar a transformação que esta digitalização implica para o sistema urbano, conforme demonstrado na Figura 14. Primeiramente, a gestão diária das infraestruturas é impactada, pois os dados gerados e coletados pelos dispositivos integrados às infraestruturas permitem uma gestão mais eficiente destas; em segundo lugar, a integração entre os diferentes subsistemas que a digitalização propicia possibilita interligar as operações e gerir as infraestruturas de maneira mais sistêmica. Do ponto de vista dos serviços urbanos, a análise do crescente volume de dados gerados permite a oferta de novos serviços, mais eficientes, e muitas vezes oferecidos de maneira comercial. Por fim, há também um impacto sobre a governança da cidade. A digitalização oferece novas oportunidades de participação cidadã e envolvimento de atores não-governamentais na tomada de decisões coletivas e gestão (FINGER e RAZAGHI, 2017). Atualmente, a gestão de dados e políticas públicas ocorre da seguinte maneira: há uma ação para a coleta de dados, custosa e ineficiente; os dados são então tratados de maneira offline; gera-se ações a partir destes resultados; ocorre o ajuste do sistema; e o ciclo se repete. Tudo isso é muito

oneroso e ineficiente. Há uma demanda natural para municípios incorporarem tecnologias para coleta e análise de data em tempo real (JIN, GUBBI, *et al.*, 2014).

Figura 14 - Implicações da digitalização para a cidade



Fonte: adaptado de Finger e Razaghi (2017).

Dustdar et al. (2017 apud APPIO, LIMA e PAROUTIS, 2019) alertam como a maioria das definições de cidades inteligentes são focadas na infraestrutura, focando nas instalações e gestão de dispositivos conectados e análise de dados. Porém, apenas uma implementação tecnológica não atinge o potencial de explorar a dimensão mais importante da cidade: capital humano e social. O grande desafio das cidades inteligentes pode não ser instalar infraestrutura ou adotar novas tecnologias, mas envolver esfera pública na vida cívica (COSTA e OLIVEIRA, 2017).

O conceito de cidade inteligente é difuso, com várias interpretações; porém, elas têm convergido para abarcar conceitos de cidade inteligente e sustentável. Um certo consenso é que ela tenha que ser inclusiva, segura, resiliente, sustentável e baseada em tecnologias de informação (GUEDES, ALVARENGA, *et al.*, 2018). É um conceito baseado em interligação de capital humano, social e TIC, apoiado por um nível de infraestrutura necessário para promover desafios de sustentabilidade e levar

a uma melhor qualidade de vida (GARAU e PAVAN, 2018). Diversos autores, inclusive, começam a adotar o termo “cidades inteligentes sustentáveis” para incorporar os diferentes aspectos de sustentabilidade no paradigma clássico de cidades inteligentes (GARAU e PAVAN, 2018; GUEDES, ALVARENGA, *et al.*, 2018; PARK, POBIL e KWON, 2018). Uma justificativa é que ressaltar a sustentabilidade urbana promove uma abordagem antropocêntrica que encoraja cidades a responderem às necessidades da população através do desenvolvimento de soluções sustentáveis para mitigar fraquezas sociais e econômicas (PARK, POBIL e KWON, 2018). O que torna a cidade “inteligente” e “sustentável” é a capacidade de sistematizar processos que, graças às TIC, otimizam a funcionalidade da cidade em todos os setores, protegendo o ambiente, estimulando crescimento econômico no contexto local e melhorando a qualidade de vida das pessoas (GARAU e PAVAN, 2018).

A iniciativa de cidade inteligente busca aumentar colaboração entre diferentes atores econômicos e encorajar modelos de negócios inovadores nos setores públicos e privados; assim, cidades inteligentes buscam aumentar a competitividade das comunidades locais e o crescimento da economia e através da inovação e empreendedorismo, enquanto aumentam a qualidade de vida de seus cidadãos através de melhores serviços públicos e um ambiente mais limpo (APPIO, LIMA e PAROUTIS, 2019).

Muitos autores argumentam que a qualidade de vida pode não representar uma dimensão separada de uma cidade inteligente sustentável, já que todas as ações feitas em outras áreas da gestão urbana devem também ter como objetivo aumentar a qualidade de vida e a competitividade urbana (GARAU e PAVAN, 2018).

Em estudo mais amplo, Effendee (2019) levantou e analisou 120 definições de cidades inteligentes, de fontes acadêmicas, industriais e governamentais. Com isso, formulou um conceito de cidade inteligente mais abrangente: **cidade inteligente é qualquer cidade que intuitivamente se adapta e responde às necessidades de seus cidadãos, agindo intuitivamente, com mínima intervenção humana.**

Assim, **neste trabalho adotaremos a definição proposta acima por Effendee (2019), associada à conceitualização de Finger e Razaghi (2017) (Figura 14), considerando a relevância do paradigma de sustentabilidade, com foco em**

melhorar a qualidade de vida das pessoas. Faremos isso a partir da divisão de subsistemas para uma cidade adaptada daquela proposta por Pessoa, Ferreira e Patah (2020) (Figura 12).

Vamos então analisar algumas inovações que estão sendo desenvolvidas para cada subsistema componente de uma cidade, sendo elas ainda teóricas ou mesmo soluções que já estão sendo postas em práticas ao redor do mundo. Cabe ressaltar que a proposta da próxima seção é apenas dar uma demonstração da ampla gama de aplicações das tecnologias; de maneira alguma se propõe a abranger a totalidade das possibilidades ou exaurir a bibliografia a respeito.

3.3.3 Desenvolvimentos inteligentes para os subsistemas

3.3.3.1 Comunidade

Entre soluções para o fortalecimento da comunidade local, podemos citar o caso da pequena cidade de Bodø, Noruega, que introduziu iniciativas inteligentes visando a melhora da qualidade de vida, atividades de recreação e percepção social a respeito do ambiente. A utilização de uma ferramenta digital permitiu que as crianças mapeassem suas rotas diárias e marcassem locais ao longo do caminho que eles associassem com prazer ou perigo, indicando locais associadas a lazer e atividades. Assim, os gestores públicos puderam mensurar a percepção dos cidadãos a respeito de diferentes áreas ou locais da cidade, além da ferramenta servir como auxílio no desenvolvimento de políticas para transformações dos espaços urbanos (TJØNNDAL e NILSSEN, 2019)

Também é possível verificar como as tecnologias emergentes impactam a atividade turística, ao alterar a experiência do consumidor e gerando novos modelos criativos de negócios. Para as empresas, permitem gerenciamento mais eficiente do fluxo de turistas, melhores serviços turísticos, novos modelos de publicidade e novos empreendimentos colaborativos. Para os turistas, significa melhor interação com a comunidade local, fortalecendo a economia local (GRETZEL, ZHONG e KOO, 2016).

Um grande exemplo de cidade que desenvolve com sucesso iniciativas de turismo inteligente é a cidade de Dubai, nos EAU. Dubai possui uma infinidade de

projetos e soluções nas mais diversas áreas de smart city, incluindo turismo. Existem aplicativos para localização e transporte (*RTA Dubai, Dubai Metro, Careem*), informação de eventos, festivais e shows (*Dubai Calendar*), facilitador de estacionamento (*mParking Dubai*), serviços que permitem utilização do smartphone como passaporte para imigração (*Emirates Smart Wallet*), serviços integrados que abrangem toda a experiência do viajante no aeroporto, serviços de localização dentro de shoppings e sistemas de guias turísticos inteligentes (*Nahaam*) (KHAN, WOO, *et al.*, 2017).

3.3.3.2 Economia e negócios

A tecnologia permite elevar o padrão das atividades empresariais, enquanto aumenta a eficiência dos negócios (DIRKS e KEELING, 2009). Unindo a infraestrutura de hardwares e os capitais humano e social, cidades inteligentes desenvolvem ambientes de negócios mais competitivos. Ambiente, mobilidade e pessoas inteligentes são a base para os modelos de negócio inovadores de uma economia inteligente. Cidades inteligentes apresentam *hubs* tecnológicos para facilitar compartilhamento de conhecimento, em forma de centros de pesquisa, incubadoras de *startups* e aceleradoras, e parques de inovação (APPIO, LIMA e PAROUTIS, 2019). A utilização das tecnologias emergentes facilita a economia compartilhada, que por sua vez permite a utilização de bens subutilizados; fomenta a inovação; aumenta a produtividade de terra, trabalho e capital; enquanto fortalece a economia local e nutre e desenvolve a cultura e patrimônio local. Surgem oportunidades como oferecimento de serviços através de ativos próprios (como o serviço de caronas *BlaBlaCar* ou estadia via *AirBnB*), micro serviços por companhias privadas (como o *Car2Go*) ou mercado P2P, que permite que pessoas negociem bens diretamente com outras pessoas (como *Ebay* ou *Etsy*); mas também existem diversas aplicações específicas para cada tipo de indústria, chegando até mesmo ao cultivo urbano de alimentos em espaços urbanos abertos através da agricultura inteligente (KUMAR e DAHIYA, 2017).

Serviços baseados em localização também surgem como um facilitador para a Logística Inteligente, trazendo informações de localização para aplicativos móveis existentes e criando uma grande quantidade de valor agregado. A grande automação pela qual passará a cadeia produtiva transformará a logística intensamente; frotas de

caminhões usando um algoritmo adequado podem aumentar a produtividade nos pátios de carga; um livro razão utilizando a arquitetura blockchain poderá revolucionar o significado de conformidade na indústria; e uma série de equipamentos vestíveis, robôs móveis, bem como a utilização de aprendizado de máquina, poderá rapidamente acelerar o ritmo de atendimento de pedidos. Tecnologias como IoT, *blockchain*, armazenamento em nuvem, *big data* e Indústria 4.0 se apresentam como diferencial no mercado, aumentando a eficiência, diminuindo incertezas e diminuindo o tempo de resposta dos sistema (GUEDES, SOARES e RODRIGUEZ, 2020).

3.3.3.3 Emergência

Há novas oportunidades para reduzir o crime e reagir rapidamente a situações de segurança, através da análise de dados em tempo real (DIRKS e KEELING, 2009). Pode-se realizar a predição de pontos de alagamento e atuação da defesa civil para evitar os impactos causados por impactos ambientais, como alagamentos e enchentes (GUEDES, SOARES e RODRIGUEZ, 2020). Um sistema inteligente pode dinamicamente ajustar os semáforos, permitindo uma resposta mais rápida de respondentes, como polícia, ambulâncias ou bombeiros, ao local. Isso pode ocorrer de maneira automática e com mínima perturbação ao tráfego local, variando em intensidade conforme a gravidade da emergência (DJAHEL, SALEHIE, *et al.*, 2013).

Hoje, por exemplo, a cidade de Chicago, Estados Unidos, já utiliza um sistema de monitoramento por vídeo para permitir uma resposta mais rápida e efetiva a emergências (DIRKS e KEELING, 2009).

3.3.3.4 Formação social

Cidades inteligentes também nutrem o desenvolvimento do capital humano (TOPPETA, 2010 apud APPIO, LIMA e PAROUTIS, 2019). A presença de universidades e similares são essenciais para esse desenvolvimento, com claros impactos no crescimento econômico e oferta de empregos. Porém, não é suficiente desenvolver, mas reter; e isso se dá através de tornar a vida na cidade divertida e atraente (segurança, saúde, lazer) (APPIO, LIMA e PAROUTIS, 2019).

Na educação, a disseminação de cursos EAD, utilização de equipamentos eletrônicos na sala de aula para melhorar a qualidade da atividade, simuladores, plataformas digitais de aprendizado e plataformas de aprendizado adaptativo são tecnologias que têm muito a acrescentar (GUEDES, SOARES e RODRIGUEZ, 2020). Este desenvolvimento digital à forma tradicional de ensino permitem a exploração de formas diferentes de ensino, permitindo diferentes formas de aquisição de conhecimento, enquanto facilita a descentralização geográfica do ensino, a autoinstrução e aprendizagem autônoma por parte dos estudantes e o aprofundamento dos estudantes em seus interesses específicos (PEREIRA, PARREIRA, *et al.*, 2017).

3.3.3.5 Gestão

A chamada Governança Inteligente consiste da colaboração entre cidadãos e governo através de novas tecnologias, como redes sociais, internet, dados abertos ou mesmo sensores acoplados às pessoas (GUEDES, SOARES e RODRIGUEZ, 2020). O uso de TIC permite um desenvolvimento urbano físico impulsionado pelas pessoas, mecanismos de consulta e *feedback* mais baratos, eficientes, amplos e frequentes (KUMAR e DAHIYA, 2017). Um governo colaborativo pode aplicar inteligência coletiva para soluções inovadoras para problemas, assim como para fornecer uma governança compartilhada que, em última instância, favorece confiança e a credibilidade dos cidadãos nos governos. Todo este processo se dá em busca de uma gestão eficaz, eficiente, transparente e mais colaborativa (GUEDES, SOARES e RODRIGUEZ, 2020).

Temos o exemplo de como Dubai, nos Emirados Árabes Unidos, utiliza sistema centralizado para simplificar e integrar procedimentos para quase 100 tipos de serviços públicos, aumento a produtividade do setor (DIRKS e KEELING, 2009).

A cidade de Paris, França, criou uma plataforma para coleta de ideias de maneira colaborativa com seus cidadãos, unindo os moradores aos interesses de sua região, que também permite que parisienses votem nos projetos propostos para melhorias sociais (PORTO, PORTO, *et al.*, 2020).

3.3.3.6 Instalações

A tecnologia permite a análise de ecossistemas aquáticos por inteiro, de rios a reservatórios, a bombas e canos nas casas, dando aos indivíduos e empresas uma perspectiva sobre seu uso de água, aumentando conscientização, localizando ineficiências e reduzindo a demanda desnecessária (DIRKS e KEELING, 2009). Um exemplo é a cidade de Galway, na Irlanda, que monitora, gerencia e prevê desafios ao sistema de água em tempo real através de rede de sensores, fornecendo informações atualizadas a todos os stakeholders envolvidos (DIRKS e KEELING, 2009).

Outro aspecto das instalações diz respeito a habitação e construções. Os edifícios inteligentes são, acima de tudo, adaptáveis. Possuem principalmente 4 *drivers* para tal: controle, materiais e design, iniciativa, inteligência; assim, são capazes de se adaptar a diferentes percepções de conforto ao longo do dia ou do ano, diferenças em ocupação ou uso do edifício, variações em características dos ocupantes e diferentes condições climáticas externas, enquanto aumentam a eficiência energética e satisfação dos ocupantes (BUCKMAN, MAYFIELD e BECK, 2014).

Como citado anteriormente neste trabalho, um grande problema urbano moderno são os congestionamentos de veículos e a deficiente mobilidade. Iniciativas para melhorar a mobilidade urbana são amplas e abrangentes: veículos autônomos que reduzem necessidade de carros particulares; sensores em infraestruturas críticas como vias, pontes, tuneis, metros, aeroportos, trabalhando juntos para fluidificar o trânsito, reduzir acidentes, melhorar o transporte público e facilitar o estacionamento; redes em que os veículos realizam comunicação entre si ou com infraestruturas, permitindo melhor informação sobre a condição do tráfego (APPIO, LIMA e PAROUTIS, 2019); usuários interagindo entre si, podendo assim serem oferecidas novas opções de transporte, como *car-sharing* e *car-pooling* (o mesmo para motos, bicicletas, patinetes); a maior integração dos modais, maior quantidade e melhor precisão de informação aos usuários, como geolocalização de ônibus e trens, e horários exatos de chegada e saída; a identificação de disponibilidades de vagas de estacionamento (GUEDES, SOARES e RODRIGUEZ, 2020). Além disso, ainda não são claros quais serão os efeitos a longo prazo das mudanças comportamentais trazidas pela pandemia da COVID-19, especialmente no que tange aos hábitos de

trabalho remoto, reduzindo o fluxo total de pessoas que se locomovem ao seu escritório ou local de trabalho e também o estresse sob o sistema de transporte (MUSSELWHITE, AVINERI e SUSILO, 2020).

As iniciativas na mobilidade urbana visam eliminar congestionamentos e gerar novas receitas sustentáveis, enquanto integram modais de transporte entre si e com a economia ampla (DIRKS e KEELING, 2009). Estocolmo, na Suécia, aplica uma tarifa dinâmica de congestionamento aos veículos, reduzindo o tráfego no centro da cidade e emissões de poluentes, enquanto fortalece o varejo e gera novas receitas (DIRKS e KEELING, 2009).

3.3.3.7 Meio ambiente

Pesquisadores ambientais observaram que apenas a mudança de valores e costumes não é suficiente para alterar significativamente o impacto ambiental causado pelo homem. Assim, tecnologias têm papel crucial para reduzir consumo imprudente e absorver a eventual ausência de disposição de mudar hábitos (IJAZ, SHAH, *et al.*, 2016).

As novas tecnologias trazem diversas oportunidades para auxiliar este ponto: o melhor manejo de resíduos e o controle da poluição, através da medição dos níveis em diferentes pontos, adequação de políticas públicas de prevenção de doenças derivadas dela, por exemplo (APPIO, LIMA e PAROUTIS, 2019; GUEDES, SOARES e RODRIGUEZ, 2020).

Uma parte significativa do impacto positivo das TIC no meio ambiente se dá indiretamente, através de iniciativas em outras áreas, como gestão energética, melhoria do transporte urbano e gestão das utilidades. Estas iniciativas acabam por reduzir a pressão da atividade humana sobre a natureza por meio do aumento da eficiência dos processos (ou, melhor dizendo, pela redução das ineficiências).

3.3.3.8 Saúde

Na saúde, o uso de *big data* e inteligência artificial permite utilizar melhores conexões e análises avançadas para interpretar grandes volumes de dados coletados, melhorando assim os resultados da área hospitalar (DIRKS e KEELING, 2009). A

utilização de *machine learning* permite que um algoritmo preveja a ocorrência de doenças através da análise do perfil do paciente (GUEDES, SOARES e RODRIGUEZ, 2020). A conexão entre os diversos sistemas de saúde no Brasil de maneira integrada pode facilitar o cruzamento de dados para geração de relatórios de controle e gestão, prevendo ajustes de fluxo e demanda, escala de atendimento e suprimentos e reduzindo desperdícios. Também será possível mapear a situação da saúde pública e sua relação com fatores de risco e sugerir medidas de controle das doenças detectadas (GUEDES, SOARES e RODRIGUEZ, 2020).

No cuidado de idosos ou pessoas com deficiências, um portal eletrônico pode permitir o monitoramento em tempo real das condições de saúde através de sensores (na pessoa, nos equipamentos, como cadeiras de rodas, ou mesmo na casa), emitindo assim avisos sobre acidentes para familiares ou diretamente para serviços de emergência (HUSSAIN, WENBI, *et al.*, 2015).

Uma situação em funcionamento é em Copenhague, Dinamarca, onde os médicos possuem acesso instantâneo à ficha dos pacientes, conseguindo maior satisfação dos pacientes e menor índice de erros (DIRKS e KEELING, 2009).

3.3.3.9 Utilidades

Existem diversas iniciativas para melhora dos sistemas de infraestrutura urbana de utilidades; citaremos aqui apenas uma pequena parcela delas. No sistema de energia elétrica, temos ações como arquitetura inteligente da rede elétrica para otimizar o uso de fontes renováveis baseado em estatísticas em tempo real de utilização do sistema; redes que se protegem de condições climáticas severas, reduzindo quedas e melhorando qualidade do serviço; consumidores com painéis solares e medidores inteligentes que fornecem energia para a rede quando não estão utilizando (virando “prosumidores”) (APPIO, LIMA e PAROUTIS, 2019); também é possível permitir que consumidores sinalizem preços e consumo ao mercado, suavizando o consumo e reduzindo uso (DIRKS e KEELING, 2009).

Temos o exemplo de como Seattle, nos Estados Unidos, realizou testes que demonstraram que fornecer aos moradores acesso aos preços em tempo real e permitir que ajustem seu uso de acordo com tal reduziu a pressão sobre a rede e o preço médio das contas de luz (DIRKS e KEELING, 2009).

A visão no que tange à comunicação é conectar todos as empresas, cidadãos e sistemas com banda larga de alta velocidade, acessível financeiramente de modo universal. Songdo, na Coreia, unificou sistemas de dados médicos, residências e governamentais. Assim, possibilitou nova gama de serviços, de reciclagem automatizada a cartões universais para pagamento de contas e acesso à ficha médica (DIRKS e KEELING, 2009). Embora a cidade tenha fracassado, isso se deveu à abordagem durante seu desenvolvimento, que foi liderada pela tecnologia e não pela necessidade dos cidadãos (EFFENDEE, 2019) e não pelo uso da tecnologia em si.

A coleta de resíduos também pode ser facilitada pela tecnologia, ao utilizar sensores nas lixeiras para sinalizar ao serviço municipal de limpeza a necessidade de coleta; reduzindo assim o uso de recursos bem como o tempo para realização do serviço (PORTO, PORTO, *et al.*, 2020)

3.3.4 Transformação

Dado todo esse potencial, como devem pautadas as ações de gestores públicos, agentes privados e dos cidadãos de modo a realizar a transição de um centro urbano para uma cidade inteligente? Afinal, ela pode ocorrer como um empurro tecnológico ou puxão de demanda de necessidades; os usuários dos sistemas podem ser visto como consumidores ou cidadãos; a liderança pode partir da tecnologia e das empresas que a desenvolvem ou de atores civis e representantes políticos (FINGER e RAZAGHI, 2017).

A primeira abordagem que vemos é que dois principais fatores envolvidos na transformação das cidades em cidades inteligentes são a tecnologia e governança. A primeira visa melhorar a eficiência de serviços e infraestrutura, principalmente no que diz respeito a ICTs; já a governança foca em gestão e interação entre diferentes stakeholders na cidade (GUEDES, ALVARENGA, *et al.*, 2018).

Em pesquisa realizada com especialistas do mercado brasileiro, foram levantados os principais *drivers* da transformação para cidade inteligente em suas opiniões. Como resultado, foram obtidos sete principais fatores: planejamento urbano, infraestrutura urbana, sustentabilidade, mobilidade, segurança pública, saúde e políticas públicas. É interessante analisar que todos são fatores relacionados com a governança da cidade. Além disso, também é questionada a ausência de tecnologia. Os autores ressaltam como a camada de tecnologia permeia os *drivers*, contribuindo para melhoria e eficiência dos serviços e infraestrutura da cidade (GUEDES, ALVARENGA, *et al.*, 2018).

Entretanto, a tecnologia por si só não é solução; o uso de tecnologias de forma descontextualizada das realidades locais e desconsiderando as consequências de seus usos podem não trazer os impactos almejados ou até mesmo trazer consequências humanas negativas (GUEDES, SOARES e RODRIGUEZ, 2020).

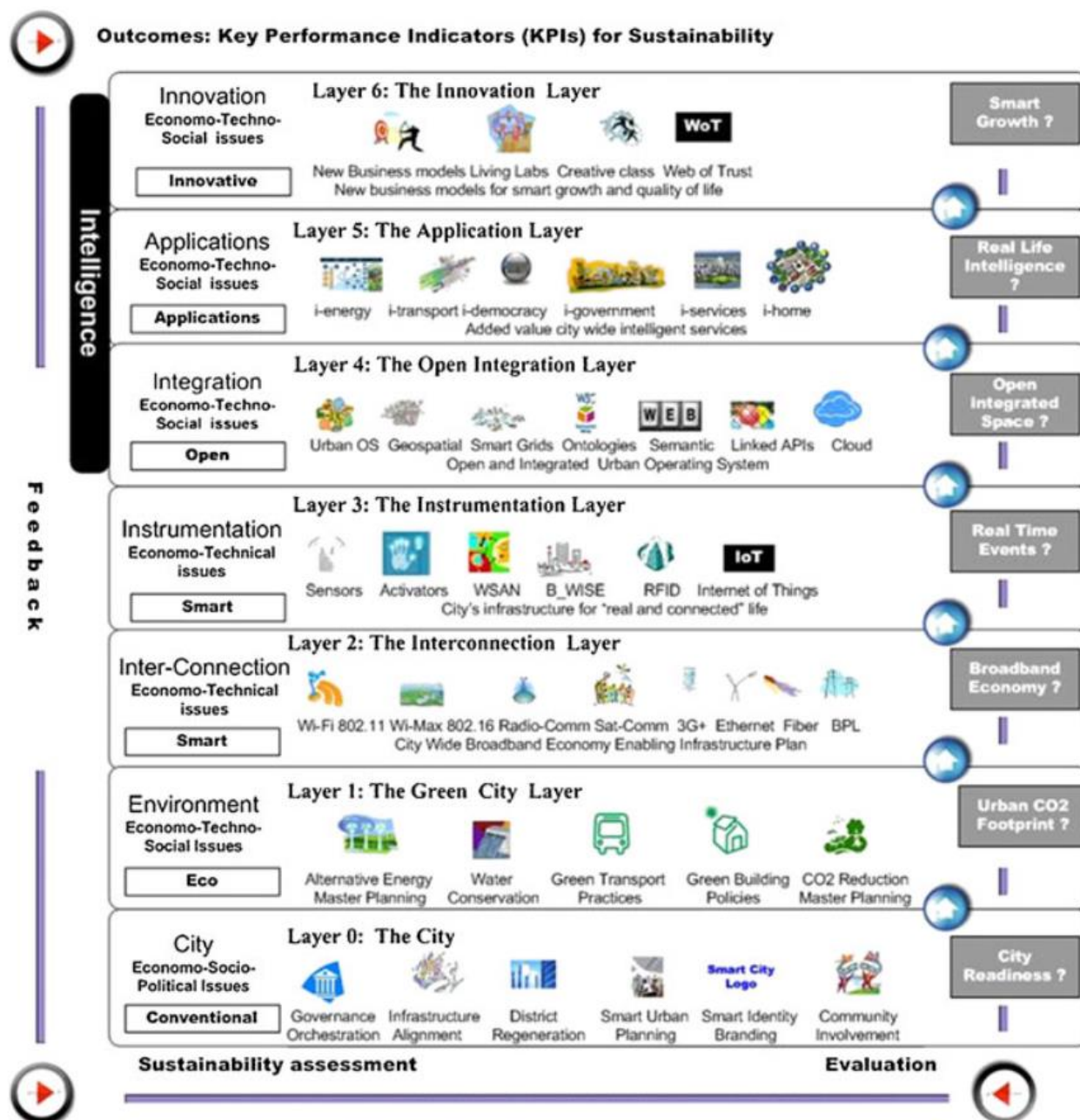
Diversos autores ressaltam a importância das pessoas na transformação urbana para uma cidade inteligente. Ela deve ser liderada pelos cidadãos, indo além da tecnologia, e do pensamento estratégico (COSTA e OLIVEIRA, 2017). A participação cidadã é crucial para o sucesso da transformação em cidade inteligente. O ponto de partida deve ser a necessidade do povo. Então, serviços inteligentes são cocriados pelos cidadãos e pelo mercado. (EFFENDEE, 2019).

É importante também ressaltar o desafio em obter financiamento para os projetos de cidades inteligentes. Normalmente, o governo não tem recursos suficientes para tal. Já a iniciativa privada tem dificuldades em ver o investimento como positivo, devido a incerteza de retornos e uso de modelos de avaliação financeira que beneficiam projetos de curto prazo; enquanto projetos de cidades inteligentes são de longo prazo e apresentam modelos de negócios ainda pouco desenvolvidos (EFFENDEE, 2019).

Zygiaris (2013) apresenta um modelo para compreensão do processo de transformação urbana, demonstrado na Figura 15. Este modelo consiste de camadas evolutivas, que se desenvolvem progressivamente e se complementam. De maneira geral, o plano mestre de cidade inteligente requer um organizador com autoridade política e executiva (normalmente a prefeitura). Essa abordagem *top-down* deve ser

balanceada com a habilidade de engajar *stakeholders* locais num modelo híbrido que combine monitoramento centralizado com participação comunitária de maneira *bottom-up*. Assim, partindo da infraestrutura básica de um centro urbano e coordenando seus recursos, a cidade inteligente tem que considerar o desenvolvimento de camadas ecológicas, intercomunicações, instrumentalização, integração aberta, aplicações e inovações para chegar à sua totalidade. A transição se dá, portanto, através de investimentos nestas diferentes camadas, que se comunicam e crescem umas sobre as outras, utilizando recursos verticalmente; concebe, assim, um ecossistema de inovação ao consolidar políticas inteligentes de planejamento em cada uma das camadas do modelo.

Figura 15 - Modelo conceitual de referência para uma cidade inteligente



Fonte: Zygiaris (2013).

Dirks e Keeling (2009) destacam três pontos relevantes para o sucesso da transformação de uma cidade:

-organização em grupo: não será isoladamente que se dará a transformação; é necessário que os administradores entendam a importância e consigam a colaboração de outros níveis governamentais e agentes privados (com ou sem fins lucrativos).

-deve ser vista como uma revolução, e não apenas uma evolução. Os sistemas serão interconectados de uma nova forma, instrumentalizados e inteligentes.

-os desafios vêm de todos os lados, e por isso resolver apenas uma frente de transformação não é suficiente. A visão holística é especialmente importante neste caso.

Por sua vez, Effendee (2019) analisou os projetos de transformação em cidades inteligentes para quatro regiões urbanas em diferentes locais do planeta: Selangor, um dos 13 estados da Malásia; Seoul, capital da Coreia do Sul; Istambul, antiga Constantinopla e atual cidade mais populosa da Turquia; e Moscou, capital da Rússia. Cada uma dessas localidades possui suas especificidades e portanto seus planos de desenvolvimento inteligente também se diferem. Enquanto em Selangor há um maior foco em estabelecer e melhorar a infraestrutura básica e suas redes de banda larga, em Seoul isso já é considerado quase uma comodidade básica, como eletricidade ou água. Então, Seoul apresentou maior foco em gestão de dados, incluindo criação, gerenciamento e propriedade. Um outro aspecto de Seoul é que o plano é revisto a cada 5 anos, garantindo assim sua relevância e contemporaneidade. Ele utiliza indicadores para medir seu sucesso; entretanto, é destacado como muita ênfase nas metas pode desviar a atenção do objetivo do plano, encorajando o foco nos ganhos de curto prazo para assegurar atingimento das metas. Este plano teve bastante participação dos cidadãos em sua elaboração e se complementa com um outro plano nacional de incorporação de ICTs na cidade, envolvendo infraestrutura de ICT, estrutura de gerenciamento integrada, e mais acesso a equipamentos inteligentes para a população. O plano de Moscou visa utilizar tecnologias para melhoria sustentável da qualidade de vida e de condições favoráveis para empreendimento e outras atividades, implementar governança centralizada, compreensiva e transparente através de *big data* e inteligência artificial e aumentar eficiência dos gastos governamentais através da implementação de parcerias público-privadas em tecnologias de informação e comunicação digital. Pretende, assim, promover cidadãos mais felizes, saudáveis e educados, melhorando o bem-estar; uma cidade mais segura, verde, amigável ao ambiente, confortável para vida, sustentável e alegre; um ambiente favorável para negócios, inovação e comunidade científica; unir as pessoas; facilitar consolidação da sociedade; e assegurar vida ativa para os idosos (EFFENDEE, 2019).

Um detalhamento melhor de cada plano, incluindo seus objetivos, fatores-chave de sucesso e principais atores na transformação pode ser encontrado na Quadro 5.

A análise destes planos associada à revisão da literatura permite concluir que não há uma abordagem universal para realizar a transição; cada cidade possui seu conjunto de problemas e desafios único; assim como cada cidade está em um estágio de desenvolvimento urbano diferente. Portanto, cada região urbana deve desenvolver seu próprio plano de desenvolvimento (EFFENDEE, 2019).

Existem, porém, alguns pontos comuns a todas as situações e que tangenciam o conceito da inteligência urbana: a cidade deve ser capaz de interagir com seus cidadãos e a infraestrutura (conectividade); a disponibilidade de uma multitude de serviços inteligentes para o dia a dia dos cidadãos; atores e *stakeholders* devem compartilhar dados relevantes com membros do ecossistema urbano, para permitir desenvolvimento de serviços relevantes; deve haver maior participação pública implicando maior sucesso do projeto de cidade inteligente (inclusividade); alta qualidade das infraestruturas e sua gestão; assim como a importância da qualidade de vida dos cidadãos e com o meio ambiente (EFFENDEE, 2019).

Por fim, podemos enxergar o desenvolvimento de cidades inteligentes através de um modelo de três gerações desta transformação. A primeira geração (*“Smart Cities 1.0”*) se caracteriza por um empurrão tecnológico, onde os desenvolvedores das tecnologias encorajam sua adoção por parte das cidades, que ainda não entendem como as utilizar ou seus impactos na qualidade de vida dos cidadãos. A segunda geração (*“Smart Cities 2.0”*) já possui uma força motriz advinda da cidade, através de prefeitos e gestores públicos progressistas. Assim, os agentes públicos definem a visão da cidade para o futuro e qual o papel da tecnologia nela. A maioria das iniciativas de cidade inteligente se encontra neste estágio. Por fim, a terceira geração (*“Smart Cities 3.0”*) se diferencia por utilizar modelos de cocriação cidadã de modo a incrementar a qualidade de vida nas cidades. Em estudo realizado, foi verificado como algumas cidades se moveram entre estes níveis; enquanto outras estagnaram ao longo de seus projetos de desenvolvimento inteligente (COHEN, 2015).

Quadro 5 - Projetos de cidades inteligentes em diferentes cidades e suas características (continua)

Cidade	Selangor (Malásia)	Seoul (Coreia do Sul)	Istambul (Turquia)	Moscou (Rússia)
Prioridades	<p>Governança</p> <p>Infraestrutura digital</p> <p>Transporte e mobilidade</p> <p>Resíduos</p> <p>Saúde e bem estar</p> <p>Educação</p> <p>Esgoto</p> <p>Energia e utilidades</p> <p>Comida e agro</p> <p>Segurança</p> <p>Edifícios</p> <p>Gerenciamento de desastres</p>	<p>Bem-estar / educação / mulheres</p> <p>Indústria / empregos</p> <p>História / cultura</p> <p>Meio ambiente / energia / segurança</p> <p>Espaço urbano / transporte / reorganização</p>	<p>Transporte e sistemas geográficos</p> <p>Tecnologias</p> <p>Comunicação e segurança</p> <p>Sistema de luz</p> <p>Sistema de túneis</p> <p>Rastreamento de veículos</p>	<p>Vida</p> <ul style="list-style-type: none"> -Planejamento urbano -Moradia e utilidades <p>Mobilidade</p> <ul style="list-style-type: none"> -Transporte -Turismo -TIC <p>Economia</p> <ul style="list-style-type: none"> -Tecnologias financeiras -Indústria <p>Meio ambiente</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ecologia -Segurança <p>Pessoas</p> <ul style="list-style-type: none"> -Inovação -Cultura -Social -Saúde -Educação

Quadro 5 - Projetos de cidades inteligentes em diferentes cidades e suas características (conclusão)

Cidade	Selangor (Malásia)	Seoul (Coreia do Sul)		Istambul (Turquia)	Moscou (Rússia)
Fatores de sucesso	<p>Inclusão social</p> <p>Resiliência</p> <p>Inovação</p> <p>Conectividade de banda larga</p>	<p>Conectividade ubíqua</p> <p>Disponibilidade de equipamentos inteligente</p> <p>Sensores e outras ferramentas de captura de dados</p> <p>Comprometimento a compartilhar e agregar dados</p>		<p>Colaboração e inovação</p> <p>Inclusão social</p> <p>Aplicativos móveis</p> <p>Infraestrutura de sistemas geográficos</p> <p>Dados abertos</p>	<p>Digitalização das funções urbanas e interoperabilidade dos sistemas</p> <p>Comprometimento com TIC</p> <p>Conectividade</p> <p>Dados abertos</p>
Tipo principal de financiamento	Privado	Governamental		Misto	Governamental
Principal agente	Governo estadual, com participação privada	Governo municipal		Governo municipal, com participação privada	Governo municipal, com suporte do governo federal

Fonte: adaptado de Effendee (2019).

4 MODELOS DE INDICADORES

Nesta seção, avaliaremos alguns dos principais modelos de indicadores para cidades inteligentes propostos. São eles: os três modelos ABNT/ISO 37120, 37122 e 37123, modelo ITU (*International Telecommunication Union*), um modelo que se encontra em desenvolvimento pelo MCTI (Ministério de Ciência, Tecnologias e Inovações) e o modelo desenvolvido pela Universidade de Tecnologia de Viena para avaliação das cidades europeias. O entendimento dos pontos fortes e fracos destes modelos, assim como propostas de indicadores, será de grande contribuição para podermos propor um modelo de indicadores mais robusto e conciso a ser utilizado para as cidades brasileiras.

4.1 Modelos ISO

A ISO (*International Organization for Standardization* – Organização Internacional para Padronização) é uma entidade internacional independente e não-governamental composta pelos organismos de padronização de 165 países. Ela busca desenvolver padrões e normas internacionais, facilitando assim o comércio e trocas internacionais. Sua associada no Brasil é a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2020).

A ISO elabora normas técnicas para as mais diferentes aplicações. De interesse para este trabalho são as normas “ISO 37120: Desenvolvimento sustentável de comunidades - Indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida”, “ISO 37122: Cidades e comunidades sustentáveis - Indicadores para cidades inteligentes” e “ISO 37123: *Sustainable cities and communities - Indicators for resilient cities*” (ainda sem versão oficial em português), que tratam do desenvolvimento urbano inteligente e resiliente.

A ISO 37120 trata de 139 indicadores, visando orientar o desenvolvimento e auxiliar a medição de desempenho de serviços urbanos e qualidade de vida, com foco na sustentabilidade e resiliência das cidades. Ela não estabelece metas ou valores-alvo para os indicadores, apenas lista o que deve ser avaliado e fontes recomendadas para estes dados. A norma também divide o conjunto de indicadores em subconjuntos, a saber:

- Indicadores essenciais (46): devem ser seguidos na implementação da norma.
- Indicadores de apoio (54): convém ser seguidos na implementação da norma.
- Indicadores de perfil (39): fornecem estatísticas básicas e informações do contexto da cidade para facilitar a identificação de regiões comparáveis (ex: PIB, orçamento, precipitação etc).

Os indicadores essenciais e de apoio estão divididos em 17 temas comuns, enquanto os indicadores de perfil apresentam 5 grandes temas. O

ANEXO A detalha os principais conceitos representados nos indicadores essenciais e de apoio para cada tema comum contido no documento.

A ISO 37120 estabelece indicadores de referência para cidades sustentáveis; as ISOs 37122 e 37123 complementam este conceito, aprofundando a discussão de indicadores para cidades inteligentes e cidades resilientes, respectivamente.

Figura 16 - Relações entre normas técnicas para cidades sustentáveis



Fonte: International Organization for Standardization (2020).

Assim, enquanto a ISO 37120 apresenta indicadores mais gerais, aplicáveis mesmo às cidades minimamente desenvolvidas, a ISO 37122 já traz diversos indicadores relacionados com a aplicação de tecnologias para melhora da qualidade de vida ao longo de seus 19 temas; em seu formato, é comum a medição da utilização de TIC nos variados sistemas urbanos. O conjunto de 80 indicadores da ISO 37122 foi escolhido seguindo os critérios de neutralidade tecnológica, validade, integralidade de aspectos do sistema, simplicidade, disponibilidade de monitoramento dos dados, verificabilidade e reprodutibilidade. Por sua vez, a ISO 37123 preocupa-se com a resiliência da cidade; isto é, com a prontidão para e capacidade de recuperação de choques e estresses. Possui 68 indicadores distribuídos em 16 temas.

A Tabela 1 traz as divisões temáticas utilizadas nos documentos, bem como a quantidade de indicadores para cada uma delas. Cabe ressaltar que esta divisão é a que está registrada em cada norma. É razoável perceber que um indicador de certa categoria tenha implicações em outras (como, por exemplo, quando na ISO 37122 o indicador “total de resíduos empregados para gerar energia” é categorizado em “resíduos sólidos”, embora também esteja de certa forma relacionado com a categoria “energia”).

É interessante notar como há uma tendência a priorizar indicadores individuais para questões de transporte, energia, meio ambiente e negócios. Isso pode se dever talvez ao caráter mais técnico da organização, acostumada a elaborar normas para padronização.

De maneira geral, os modelos de avaliação propostos pela ISO são maneiras técnicas de avaliar e comparar cidades. Assim, embora não sejam estritamente modelos de maturidade, ainda são de interesse para este trabalho ao elucidar critérios objetivos e áreas para mensuração, além de um modo objetivo de calcular o indicador. O documento ISO 37120 não possui um foco específico, podendo ser utilizado por qualquer cidade; ele indica o quê se deve medir e como. O documento ISO 37122 faz o mesmo, porém voltado para cidades inteligentes (embora possa ser argumento que o termo correto seria “cidades digitais conectadas”, pois muitos de seus indicadores consideram apenas o aspecto tecnológico). Já a ISO 37123 tem como interesse a resiliência da cidade; o preparo e a capacidade de resposta a desastres. Entretanto, este conjunto de normas é limitado visto que nenhuma delas dá indicação de valores ótimos ou desejáveis, bem como qualquer relação do resultado numérico com a qualidade de vida das pessoas; e indicam apenas de maneira genérica qual deve ser a fonte (ou as fontes) dos dados.

Tabela 1 - Total de indicadores para as ISOs 37120, 37122 e 37123, com divisão por tema

Tema	Total de indicadores			Total
	ISO 37120	ISO 37122	ISO 37123	
Economia	7	4	7	18
Educação	7	3	4	14
Energia	7	10	3	20
Meio ambiente	8	3	9	20

Finanças	4	2	7	13
Resposta a incêndios e emergências	6			6
Governança	6	4	6	16
Saúde	7	3	4	14
Recreação	2	1		3
Segurança	5	1	4	10
Habitação	3	2	6	11
Resíduos sólidos	10	6	1	17
Telecomunicações	3	3	1	7
Transporte	9	14	1	24
Planejamento urbano	4	4	6	14
Esgotos	5	5		10
Água	7	4	2	13
População e condições sociais		4	5	9
Esportes e cultura		4		4
Agricultura local/urbana e segurança alimentar		3	2	5
Total	100	80	68	248

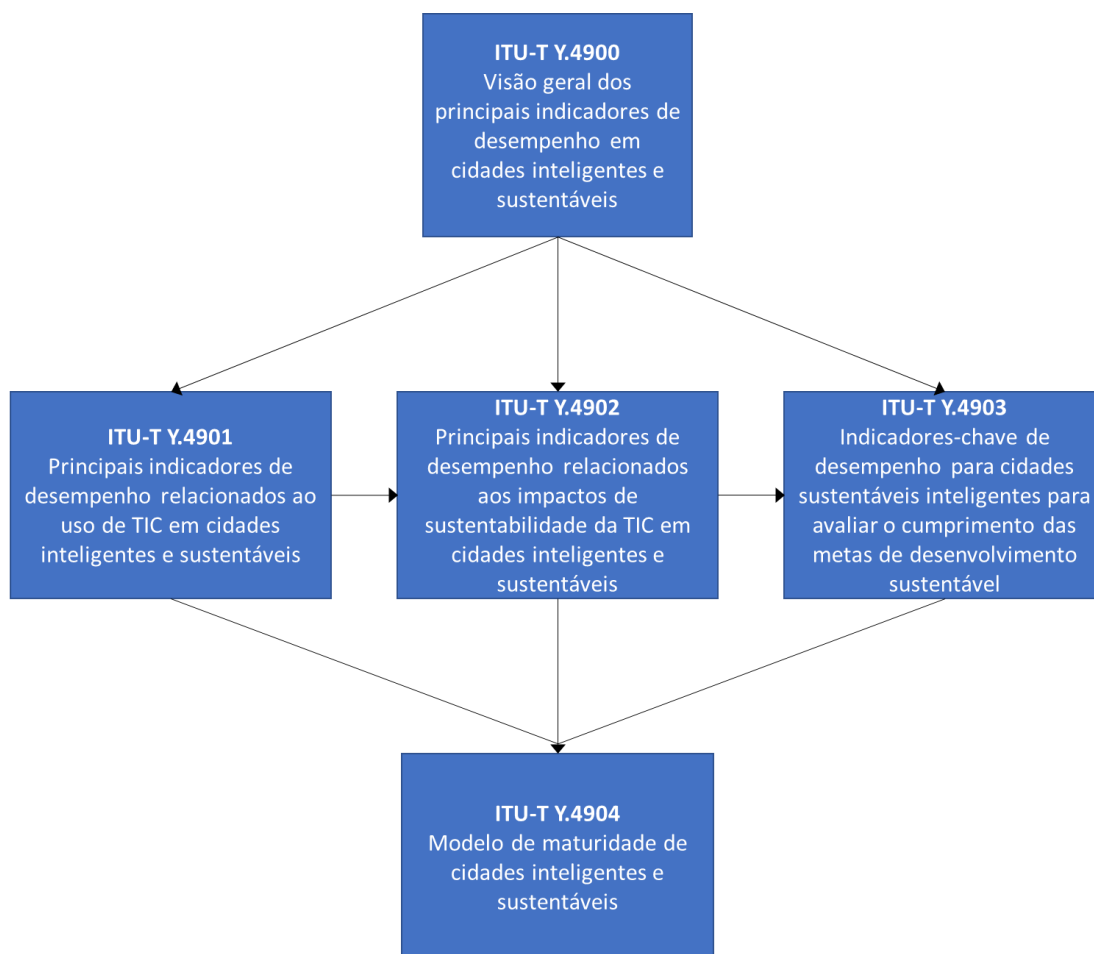
Fonte: International Organization for Standardization (2017, 2019, 2020). Elaborado pelo autor.

4.2 Modelo ITU

A União Internacional de Telecomunicação (ITU, do inglês *International Telecommunication Union*) é uma agência especializada da ONU fundada com o objetivo de facilitar a comunicação e intercâmbio de dados entre as diferentes redes de telecomunicação internacionais, estabelecendo padrões e protocolos para tal. Atualmente é o principal órgão responsável pela padronização utilizada nas TIC.

Em 2016, a ITU publicou uma série de recomendações relativas a cidades inteligentes (ITU-T Y.4900, ITU-T Y.4901, ITU-T Y.4902 e ITU-T Y.4903) e posteriormente em 2019 publicou a recomendação ITU-T Y.4904, que propõe uma abordagem para avaliação da maturidade de uma cidade no que tange à sua evolução para uma cidade inteligente. A Figura 17 demonstra a relação entre estas diferentes recomendações.

Figura 17 - Descrição de e relações entre publicações da ITU



Fonte: elaborado pelo autor.

Podemos fazer uma breve avaliação de cada uma das recomendações:

- ITU-T Y.4900 – “Visão geral dos principais indicadores de desempenho em cidades inteligentes e sustentáveis”: estabelece a base do pensamento que será utilizado nas normas seguintes. Ela define as dimensões e subdimensões que serão empregadas no estudo de indicadores para cidades inteligentes e sustentáveis. De tal forma, define que os indicadores serão referentes às dimensões produtividade, sustentabilidade ambiental, infraestrutura física, qualidade de vida, igualdade e inclusão social, e no centro de tudo posiciona a dimensão de TIC. Entretanto, esta recomendação ainda não traz os indicadores de fato.

- ITU-T Y.4901 – “Principais indicadores de desempenho relacionados ao uso de tecnologia da informação e comunicação em cidades inteligentes e sustentáveis”:

esta recomendação se expande sobre a anterior, propondo alguns indicadores relevantes a serem utilizados. Também explica os seis critérios utilizados para tal escolha (abrangência, comparabilidade, disponibilidade, independência, simplicidade e actualidade). Estes são divididos em essenciais (48) e adicionais (24), que não formam parte integral da recomendação. Embora esta recomendação já traga um aprofundamento nos indicadores, definindo-os e descrevendo, muitas destas descrições são vagas e pouco objetivas; não trazem quais devem ser as fontes dos dados; possui indicadores muito voltados para aplicações de TIC e não necessariamente refletem o efeito destas aplicações na vida das pessoas e na qualidade de vida da cidade.

- ITU-T Y.4902 – “Principais indicadores de desempenho relacionados aos impactos de sustentabilidade da tecnologia da informação e comunicação em cidades inteligentes e sustentáveis”: seguindo o mesmo modelo da Y.4901, esta recomendação expande o conceito da Y.4900, propondo mais indicadores, porém agora com foco no aumento de desempenho dos sistemas mediante a introdução das TIC. Traz 30 indicadores essenciais e 7 adicionais. Por seguir o mesmo modelo da recomendação anterior, ainda apresenta as mesmas limitações: descrições de indicadores vagas e pouco objetivas; ausência de fontes preferenciais de dados; e embora aborde os efeitos das TIC nos sistemas, o faz de forma limitada e insuficiente para se avaliar um resultado consistente e holístico.

- ITU-T Y.4903 – “Indicadores-chave de desempenho para cidades sustentáveis inteligentes para avaliar o cumprimento das metas de desenvolvimento sustentável”: a recomendação Y.4903 altera um pouco o modelo utilizado nas recomendações anteriores, modificando as 6 dimensões utilizadas previamente para 3 grandes tópicos: economia, meio ambiente e sociedade e cultura. Apresenta 52 indicadores essenciais e 38 adicionais. Algumas destes indicadores são similares ou desenvolvimentos dos indicadores contidos nas recomendações anteriores; outros são inteiramente novos. Este documento traz maior detalhamento dos indicadores: além da descrição, informa o método exato de cálculo, as fontes de onde os dados podem ser coletados, sua unidade de medição e como o indicador se relaciona com os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU. Assim, é mais completo e extenso que as recomendações anteriores.

Por fim, todas estas recomendações convergem no documento ITU-T Y.4904 – “Modelo de maturidade de cidades inteligentes e sustentáveis”. Ele apresenta um modelo de maturidade que permite a avaliação de níveis estruturados que possibilitam o entendimento da situação atual e auxiliam a elaboração de metas e iniciativas críticas para atingir tais metas. Uma característica interessante do modelo de maturidade é que, ao fornecer uma avaliação segmentada, ela não mascara fraquezas em certos aspectos ao agregá-los com outros, como certos modelos de avaliação o fazem.

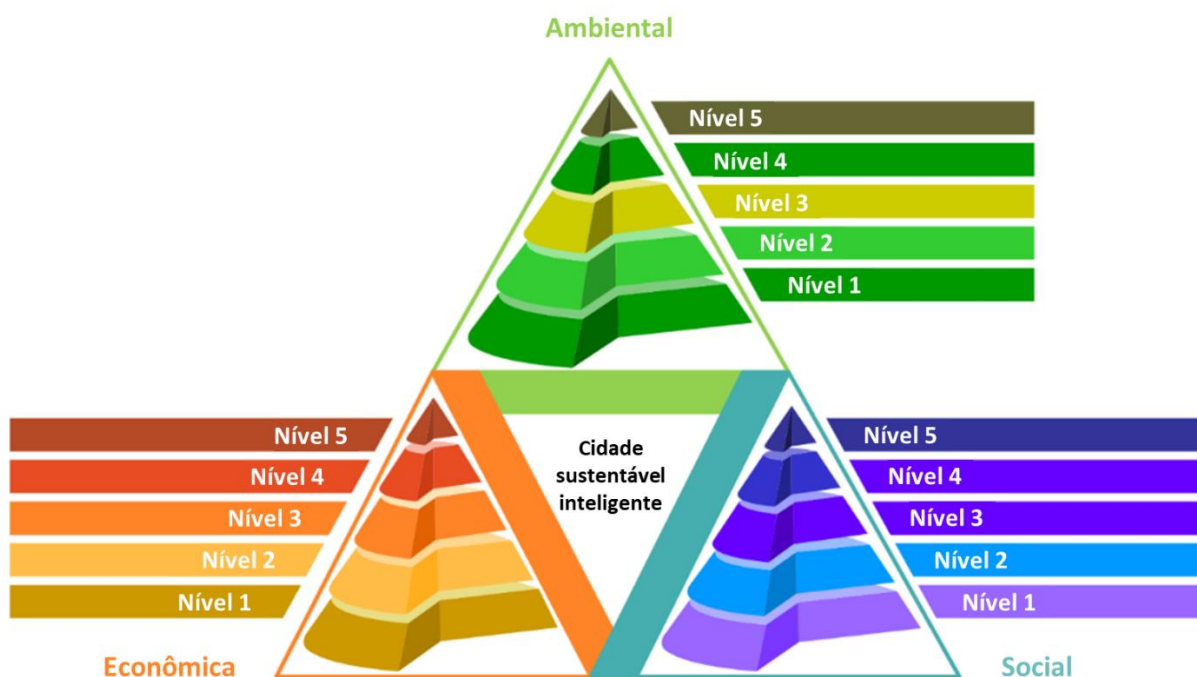
O modelo da ITU é composto da três dimensões propostas no documento Y.4903, possuindo cinco níveis de maturidade em cada dimensão. Esta estrutura está demonstrada na Figura 18. Estas dimensões contém tópicos, que por sua vez são compostos de indicadores. É necessário que a cidade atinja uma certa avaliação para todos os tópicos para que possa ser considerado um certo nível naquela dimensão. Além dos indicadores, o modelo também propõe a avaliação de outras cinco aspectos em cada nível, de modo a orientar as ações do município e considerar sua maturidade: estratégia, infraestrutura, dados, serviços e aplicações, e avaliação. Sugere noções gerais para cada um destes tópicos, embora não forneça um método exato para mensurar sua evolução. O Quadro 6 demonstra estes tópicos e seus pontos de progresso necessários para considerar satisfeito cada nível. De modo geral, o nível 1 corresponde ao planejamento e desenvolvimento da estratégia; o nível 2 ao alinhamento das iniciativas à estratégia; o nível 3 à implementação das iniciativas; o nível 4 à integração de sistemas e dados para fornecimento dos serviços; e o nível 5 à otimização contínua da cidade inteligente sustentável.

Quadro 6 - Tópicos adicionais e requisitos por nível de maturidade para o modelo ITU

	Estratégia	Infraestrutura	Dados	Serviços e aplicações	Avaliação
Nível 1 de maturidade	A estratégia geral é desenvolvida	As principais infraestruturas de TIC são identificadas na estratégia	Os principais aspectos sobre dados são identificados na estratégia	Estratégia e prioridades para serviços e aplicações em nível municipal são identificados	O plano de avaliação está pronto
Nível 2 de maturidade	As iniciativas de cidades sustentáveis inteligentes estão alinhadas com a estratégia	As infraestruturas de TIC são operadas de forma independente	Ontologia e metodologia para identificar, capturar, organizar e utilizar dados são acordadas	Os domínios dos serviços e aplicações são operados por sistemas específicos	Autoavaliações do desenvolvimento de infraestrutura de TIC e serviços são realizadas
Nível 3 de maturidade	Avaliação das iniciativas de cidades sustentáveis inteligentes é realizada	A acessibilidade das infraestruturas de TIC é melhorada	Os dados são armazenados, processados e gerenciados adequadamente em sistemas e plataformas	Os serviços e aplicações são entregues ao público. A operação das aplicações e serviços é monitorada e analisada para melhorar o desempenho e a qualidade do serviço	Avaliações de satisfação do usuário são realizadas
Nível 4 de maturidade	Estratégia é desenvolvida para melhorar a integração e cooperação	As infraestruturas de TIC entre domínios são fornecidas com capacidades de interoperabilidade	Os dados abertos são acessíveis ao público	Serviços e aplicações entre domínios diferentes estão disponíveis ao público	Avaliações de satisfação das partes interessadas são realizadas
Nível 5 de maturidade	O potencial de melhoria e otimização é explorado	Desenvolvimento contínuo de infraestrutura é realizado	Melhorias no compartilhamento, utilização e troca de dados, etc. são feitas	Melhorias contínuas de serviços e aplicações são feitas através da aplicação de tecnologias avançadas de última geração	O processo de avaliação sistemática é estabelecido com as ações correspondentes

Fonte: International Telecommunication Union (2019).

Figura 18 - Modelo de maturidade ITU para cidades inteligentes e sustentáveis



Fonte: International Telecommunication Union (2019).

Dessa forma, a dimensão econômica engloba os tópicos de inovação, emprego, produtividade e outros; a dimensão social contém educação, saúde, moradia, segurança etc; e a dimensão ambiental é responsável por tópicos como qualidade do ar, energia, água e assim em diante.

Cada nível de maturidade corresponde a uma maturidade em requisitos de desenvolvimento que se espera da cidade em sua evolução para uma cidade sustentável. O nível 1 pode ser entendido como um nível de entrada, no qual seu atingimento depende da elaboração do plano de desenvolvimento estratégico, contendo iniciativas, prioridades, tecnologias e identificação dos valores atuais e metas para os indicadores.

A ITU propõe o estabelecimento de metas para cada indicador em cada nível (ou a partir do nível de maturidade em que seja relevante passar a analisar aquele

indicador). Assim, ela pode afirmar que certa dimensão está em tal nível se todos os indicadores estiverem pelo menos dentro do valor-alvo.

A Tabela 2 demonstra como os indicadores são avaliados. Assim, no exemplo fornecido, o indicador 2 só passa a ser relevante (e portanto considerado) a partir do nível 4 de maturidade da cidade. Para que o tópico 1 avançasse ao nível 2, seria necessário que o indicador 1 fosse maior ou igual que 20%; para que avançasse ao nível 5, o indicador 1 e o indicador 2 deveriam ser iguais ou maiores que 80% e 300, respectivamente.

Tabela 2 - Exemplo de matriz de performance para avaliação de maturidade

Dimensão	Tópico	Indicador	Valor meta do indicador para nível de maturidade 5				
			Valor meta do indicador para nível de maturidade 4				
			Valor meta do indicador para nível de maturidade 3				
			Valor meta do indicador para nível de maturidade 2				
			Valor atual do indicador para nível de maturidade 1				
Dimensão1	Tópico1	Indicador1	10%	20%	30%	50%	80%
		Indicador2	50	-	-	100	300
	Tópico2	Indicador3	...	...	...	...	...
		Indicador4	...	...	...	...	...

Fonte: International Telecommunication Union (2019).

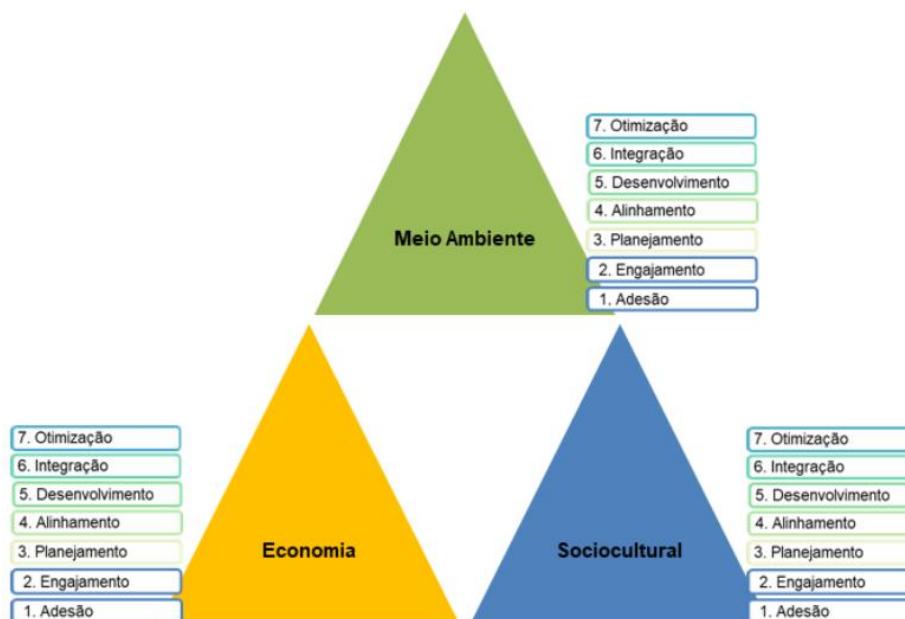
A recomendação Y.4604 também sugere uma coleção de indicadores recomendados para este modelo. Estes indicadores são um conjunto derivado das outras recomendações apresentadas na Figura 17. De maneira similar, eles também estão divididos entre essenciais e adicionais. Os indicadores essenciais são endossados pela entidade, que recomenda o condicionamento do nível de maturidade ao atingimento das metas daquele nível de todos os indicadores essenciais. Os indicadores adicionais podem ser considerados pelas cidades durante o desenvolvimento do seu plano de maturidade.

4.3 Modelo de Maturidade de Cidades Inteligentes Sustentáveis Brasileiras

O Modelo de Maturidade de Cidades Inteligentes Sustentáveis Brasileiras (MMCISB) é um documento elaborado pelo Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), em Campinas, sob solicitação do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) para permitir a avaliação de cidades brasileiras dado o contexto nacional. Ele foi desenvolvido a partir da recomendação Y.4604 da ITU e leva em consideração os ODS e uso de TIC para a transformação urbana.

Observada a amplitude de condições de desenvolvimento e utilização de TIC no espectro de cidades brasileiras, o MMCISB propõe a adição de dois níveis de maturidade ao modelo da ITU para contemplar cidades pouco desenvolvidas em relação à transformação digital e sustentabilidade urbana. Estes níveis são anteriores aos propostos pela ITU e chamados de “adesão” (quando a cidade está aderindo ao conceito de cidade inteligente e sustentável, porém possui pouca ou nenhuma articulação conjunta para tal ou utilização de TIC) e “engajamento” (quando há um compromisso inicial com a transformação e começo de uma articulação). Assim, o tripé demonstrado na Figura 18 é desenvolvido para o esquema demonstrado na figura abaixo.

Figura 19 - Visão geral das dimensões de maturidade do MMCISB (excetuando Capacidades Institucionais)



Fonte: Centro de Tecnologia de Informação Renato Archer (2020).

Além disso, o MMCISB agrupa os tópicos adicionais demonstrados no Quadro 6 (estratégia, infraestrutura, dados, serviços e aplicações, avaliação) em uma dimensão adicional chamada de “Capacidades Institucionais da Gestão Municipal”. Estes são aspectos qualitativos e seu alcance teoricamente está refletido em desenvolvimentos nas três outras dimensões. A avaliação conjunta destas quatro dimensões determina o nível de maturidade resultante da cidade, considerado através do menor nível presente no conjunto.

O MMCISB divide os tópicos componentes da dimensão de Capacidades Institucionais em subtópicos (chamados de componentes), que por sua vez são avaliados em níveis de maturidade e, de maneira similar ao que o modelo da ITU propõe, são relevantes a partir ou até certo nível de maturidade. Esta estrutura está demonstrada no Quadro 7. O documento descreve de maneira qualitativa o que se espera que cada componente possua para cada nível de maturidade e também os métodos de cálculo para atribuição de nível de maturidade ao tópico de acordo com seus componentes.

Quadro 7 - Evolução dos componentes da dimensão Capacidades Institucionais da Gestão Pública Municipal ao longo dos níveis de maturidade do MMCISB

		Componente	Níveis de maturidade						
			1	2	3	4	5	6	7
Estratégia		Planejamento	EPlan.1	EPlan.2	EPlan.3	EPlan.4	EPlan.5	EPlan.6	EPlan.7
		Governança colaborativa		GovCol.2	GovCol.3	GovCol.4	GovCol.5	GovCol.6	GovCol.7
		Governança tecnológica	GovTec.1	GovTec.2	GovTec.3	GovTec.4	GovTec.5	GovTec.6	GovTec.7
		Seguimento de políticas públicas municipais	SegPol.1	SegPol.2	SegPol.3	SegPol.4	SegPol.5	SegPol.6	
		Visão e conceito de cidade		Vis.2	Vis.3	Vis.4	Vis.5		
Infraestrutura	Urbana	Planejamento		IUPlan.2	IUPlan.3	IUPlan.4	IUPlan.5	IUPlan.6	IUPlan.7
		Abrangência e Qualidade	AQua.1	AQua.2	AQua.3	AQua.4	AQua.5	AQua.6	AQua.7
	TIC	Planejamento		ITPlan.2	ITPlan.3	ITPlan.4	ITPlan.5	ITPlan.6	ITPlan.7
		Institucionalização da Gestão de TI		Inst.2	Inst.3	Inst.4	Inst.5	Inst.6	Inst.7
		Infraestrutura de Hardware e Software	HwSw.1	HwSw.2	HwSw.3	HwSw.4	HwSw.5	HwSw.6	HwSw.7
		Governança de TI				GovTI.4	GovTI.5	GovTI.6	GovTI.7
Dados		Planejamento do uso e segurança de dados	DPlan.1	DPlan.2	DPlan.3	DPlan.4	DPlan.5	DPlan.6	DPlan.7
		Digitalização das bases de dados	Digi.1	Digi.2	Digi.3				
		Dados abertos e transparência	DTransp.1	DTransp.2	DTransp.3	DTransp.4	DTransp.5	DTransp.6	DTransp.7
		Integração e interoperabilidade das bases de dados				DInteg.4	DInteg.5	DInteg.6	DInteg.7
Serviços e Aplicações		Planejamento para serviços e aplicações	SPlan.1	SPlan.2	SPlan.3	SPlan.4	SPlan.5	SPlan.6	SPlan.7
		Serviços urbanos	SUrb.1	SUrb.2	SUrb.3	SUrb.4	SUrb.5	SUrb.6	SUrb.7
		Serviços on-line	SOn.1	SOn.2	SOn.3	SOn.4	SOn.5	SOn.6	SOn.7
		Integração e Interoperabilidade		SInteg.2	SInteg.3	SInteg.4	SInteg.5	SInteg.6	SInteg.7
Monitoramento		Plano de monitoramento e avaliação	MPlan.1	MPlan.2	MPlan.3	MPlan.4	MPlan.5	MPlan.6	MPlan.7
		Coordenação das ações de monitoramento		Coord.2	Coord.3	Coord.4	Coord.5	Coord.6	Coord.7
		Percepção da qualidade				Perc.4	Perc.5	Perc.6	Perc.7
		Transparência do monitoramento				MTransp.4	MTransp.5	MTransp.6	MTransp.7

Fonte: Centro de Tecnologia de Informação Renato Archer (2020)

Quanto à escolha de indicadores de Desenvolvimento Sustentável e TIC (referentes às três dimensões apresentadas inicialmente), o MMCISB utiliza os seguintes critérios:

1. Adequação à realidade das cidades brasileiras;
2. Conformidade à especificação conceitual do modelo ITU;
3. Aderência à agenda 2030 da ONU;
4. Disponibilidade preferencial em fontes de dados secundários;

5. Contribuição para o planejamento de ações e estratégias na construção de políticas públicas para cidade inteligente;
6. Serviços que podem ser ampliados pelo uso de TICs;
7. Aderência à Carta Brasileira para Cidades Inteligentes.

Porém, tal seleção de critérios possui grande descolamento da teoria discutida na seção 3.1 deste trabalho. Há uma grande preocupação com a relevância para a agenda política, porém não se considera fatores como confiabilidade, simplicidade, integralidade sistêmica, especificidade, cobertura ou desagregabilidade. Quanto ao segundo critério, “Conformidade à especificação conceitual do modelo ITU”, não fica claro o que ele quer representar pois o documento ITU-T Y.4904 (único citado como referência no documento MMCISB) não possui definição de critérios para escolha de indicadores.

O documento define indicadores para as três dimensões (economia, meio ambiente e sociocultural), que por sua vez estão divididas em tópicos. O modelo possui indicadores cujas fontes são bases secundárias, como bancos de dados do IBGE ou SNIS, e outros cuja fonte é primário, através de questionários autodeclaratórios a serem enviados para os gestores municipais, que terão como responsabilidade o preenchimento e comprovação dos fatos informados. Além disso, também considera alguns indicadores de “caracterização”, que não tem influência no nível de maturidade, porém permitem entender e descrever a cidade; são fatores comuns como índice de Gini, população total, população empregada etc. No total, possui 73 indicadores + 7 caracterização; entretanto, o conjunto de indicadores ainda está em desenvolvimento e deve ser refinado nos próximos meses, por isso não será analisado a fundo aqui.

O MMCISB também divide seus indicadores entre essenciais e adicionais, seguindo o modelo da ITU. Porém, ele acrescenta a metodologia de classificar os indicadores de acordo com sua relevância (alta/média/baixa) quanto à contribuição para diagnóstico e desenvolvimento sustentável. Estes pesos podem (e segundo o modelo, devem) ser ajustados pelos gestores municipais para refletir a realidade do município e suas prioridades. Entretanto, isto pode abrir margem para que gestores manipulem o resultado visando atender seus interesses.

O método utilizado para computação dos indicadores é o AHP (*Analytic Hierarchy Process*), que se baseia em uma análise hierarquizada multicritério. Os indicadores são normalizados para uma nota de 1 a 7, a partir de valores máximos e mínimos de referência. O modelo, contudo, não especifica um método preciso ou claro de estabelecimento destes valores de referência. A partir desta normalização, o indicador recebe uma pontuação de maneira não-linear, variando também de 1 a 7. O cálculo de uma média para todos os indicadores de uma dimensão, a partir desta pontuação ponderada pelos pesos individuais, fornece a nota final de maturidade para aquela dimensão. A nota final da cidade é a menor nota entre as quatro dimensões.

De modo geral, o MMCISB é um modelo interessante, desenvolvendo-se a partir do modelo ITU. Ele traz uma avaliação mais definida (embora ainda qualitativa) dos aspectos institucionais, os quais são apenas mencionados no modelo ITU. Seus indicadores não-institucionais misturam aspectos quantitativos (inclusive indicando qual a fonte exata destes dados) com dados informados pelos gestores através de formulários, um procedimento que pode gerar dúvidas quanto à veracidade das informações. O método de cálculo das notas finais não é objetivo, pois se baseia em parâmetros comparativos vagos.

4.4 Modelo Europeu de Cidades Inteligentes

Produzido pela Universidade de Tecnologia de Viena em conjunto com a Universidade de Ljubljana e Universidade de Tecnologia de Delft, este modelo se propõe a servir como ferramenta comparativa entre cidades europeias de tamanho médio (100 a 500 mil habitantes), de modo a formar um ranqueamento entre elas. Ele divide seus 74 indicadores entre seis temas: economia, pessoas, governança, mobilidade, meio-ambiente e vida. Estes, por sua vez, são subdivididos em um total de 31 fatores. Estes indicadores são também avaliados por sua abrangência, entre local, regional ou nacional. A Tabela 3 detalha o conjunto de indicadores nas diferentes dimensões.

Tabela 3 - Visão geral do modelo europeu de cidades inteligentes

Dimensão	Total de fatores	Total de indicadores
Economia inteligente	6	12
Pessoas inteligentes	7	15
Governança inteligente	3	9
Mobilidade inteligente	4	9
Meio-ambiente inteligente	4	9
Vida inteligente	7	20
Total	31	74

Fonte: Giffinger e Pichler-Milanovic (2007). Elaborado pelo autor.

Os resultados numéricos obtidos são então normalizados utilizando transformada z para permitir a comparação. No topo do *ranking* se encontra a cidade de Luxemburgo, no país homônimo. Destacam-se no topo diversas cidades dinamarquesas, finlandesas e austríacas.

5 CONJUNTO DE INDICADORES

5.1 Metodologia

A partir do conjunto de aspectos relevantes para escolha de indicadores levantados no Quadro 1 foram consolidados 17 critérios a serem utilizados para avaliação dos indicadores contidos nos modelos descritos na seção 4 – Modelos de Indicadores. Estes critérios foram divididos da seguinte forma:

- Critérios principais: o indicador deve atender todos estes critérios para ser aprovado.
- Fatores extras: fatores importantes, porém a sua não verificação não deve ser fator eliminatório, e sim demonstrativo da necessidade de esforço para alteração do modo de medição/coleta por parte dos agentes públicos.
- Fatores para gestores: critérios que devem ser levados em consideração no desenvolvimento da maneira de medição/coleta, porém que fogem ao escopo deste trabalho.

Abaixo estão demonstrados os critérios contidos em cada grupo. Como visto no seção 3.1 – Indicadores, buscou-se critérios para avaliar tanto indicadores produtivos como sociais. Orientamos aqui critérios para indicadores objetivos, ou seja, que não dependam de uma avaliação subjetiva da realidade; isto para que o conjunto final seja aplicável e possibilite posteriormente uma avaliação comparativa universal, que perderia sentido com indicadores subjetivos. Também houve inclinação a critérios para avaliar indicadores simples (ou analíticos), para assim facilitar tanto a identificação do problema quanto a avaliação de aplicação de políticas públicas para melhoria de tal característica.

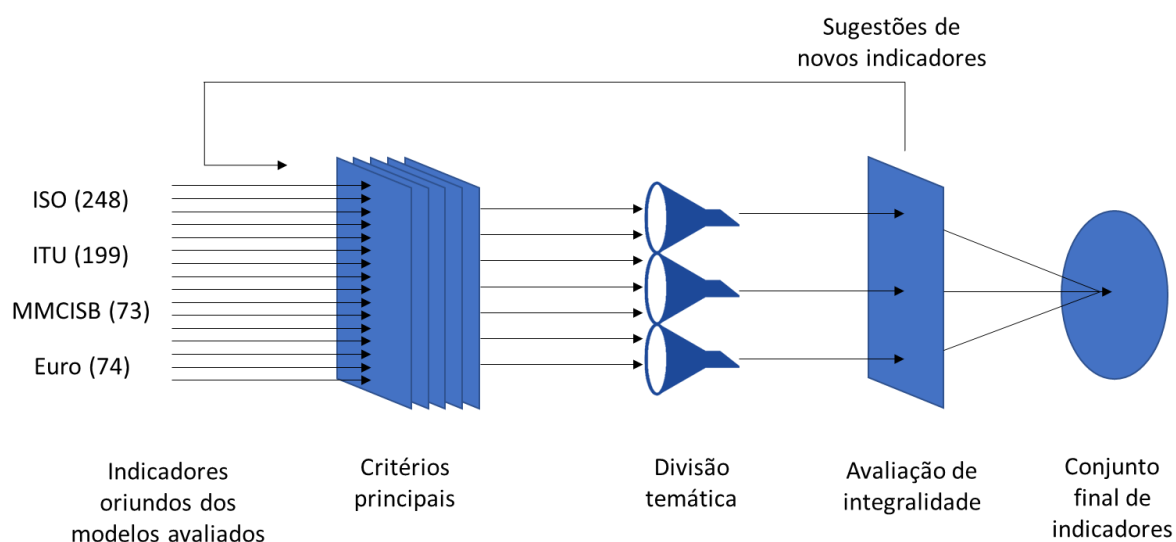
Quadro 8 - Panorama dos critérios utilizados para escolha de indicadores

Crítérios principais	Fontes	Fatores extra	Fontes	Fatores para gestores	Fontes
Cobertura populacional	<i>JANNUZZI (2005)</i>	Confiabilidade	<i>DRUCKER (1955); ENAP (2013); EUROPA (2018); JANNUZZI (2005)</i>	Desagregabilidade populacional e territorial	<i>ENAP (2013)</i>
Independência	<i>EUROPA (2018); ITU (2019)</i>	Disponibilidade	<i>ENAP (2013); EUROPA (2018); ABNT (2017); ITU (2019)</i>	Economicidade entre custos e benefícios	<i>ENAP (2013)</i>
Integralidade	<i>EUROPA (2018); ABNT (2017); ITU (2019)</i>			Estabilidade para monitoramento e comparações	<i>JANNUZZI (2005)</i>
Neutralidade tecnológica	<i>ABNT (2017)</i>			Factibilidade operacional	<i>DORAN (1981); ENAP (2013); EUROPA (2018); JANNUZZI (2005)</i>
Relevância	<i>DORAN (1981); DRUCKER (1955); ENAP (2013); EUROPA (2018); JANNUZZI (2005)</i>			Tempestividade	<i>ENAP (2013); ITU (2019)</i>
Representatividade	<i>ENAP (2013); EUROPA (2018); JANNUZZI (2005)</i>				
Sensibilidade	<i>ENAP (2013); JANNUZZI (2005)</i>				
Simplicidade	<i>DRUCKER (1955); ENAP (2013); EUROPA (2018); ABNT (2017); ITU (2019); JANNUZZI (2005)</i>				
Transparência metodológica	<i>JANNUZZI (2005)</i>				

Fonte: elaborado pelo autor

Assim, todos os indicadores apresentados nos documentos anteriores foram filtrados pelos critérios principais, excluindo-se a integralidade. Esta foi considerada posteriormente à análise temática, para geração de novos indicadores a fim de complementar o conjunto resultante. Estas novas sugestões foram então avaliadas de acordo com os critérios, realizando o ciclo algumas vezes até chegar no conjunto final de indicadores a serem utilizados. A Figura 20 descreve o processo de avaliação realizado.

Figura 20 - Metodologia para levantamento do conjunto de indicadores



Fonte: elaborado pelo autor.

5.2 Divisão temática

A partir do conjunto de temas descritos na Figura 12 - Modelo de subsistemas adaptado, foram desenvolvidos subtemas para facilitar a avaliação de integralidade, bem como o estudo geral do modelo. Abaixo serão descritos os subtemas utilizados.

5.2.1 Utilidades

- **Energia** – compreende todo o sistema de geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica. Também analisa o consumo de fontes energéticas fósseis como gás e gasolina.

- **Lixo** – geração, coleta e tratamento (reciclagem, destinação) de resíduos sólidos comuns e perigosos.
- **Transporte** – voltado para o fornecimento de recursos de transporte em massa, principalmente o transporte público. Medição do sistema, uso, tamanho da rede, qualidade do serviço. Também avalia sistemas de compartilhamento de carros ou bicicletas.
- **TI** – tecnologias de informação e telecomunicações para uso da população. Serviços de telefonia, internet e radiodifusão públicos e privados. Avaliação de acesso e disponibilidade (não foram observados critérios objetivos, universais e atemporais para medição da qualidade do serviço oferecido, embora possa ser interessante sua medição).
- **Água** – gestão do sistema de fornecimento de água potável, gestão de águas pluviais e economia de água nos domicílios.
- **Esgoto** – avaliação da coleta e tratamento de esgoto doméstico.

5.2.2 Comunidade

- **Comunidade** – organização e envolvimento dos moradores com suas comunidades locais, monitoramento local.
- **Lazer** – fornecimento de infraestrutura de lazer pública, monitoramento e digitalização.
- **Turismo** – avalia a disponibilidade de informações amplas e de acesso digital aos recursos e eventos culturais da cidade, bem como de dados a respeito da atividade turística da cidade ou região. Verifica características facilitadoras do turismo, como digitalização e tradução dos serviços.

5.2.3 Economia e negócios

- **Economia** – aspectos gerais da configuração da economia local. Tipos e características das empresas, agricultura rural, dados de renda e gastos domésticos.

- **Empregos** – dados gerais a respeito do emprego, tipos de ocupação (formal, informal, tempo integral).
- **Empresas digitais** – representa o desenvolvimento da economia digital, empresas que utilizam fortemente TICs e plataformas de computação em suas atividades.
- **Inovação** – avalia o investimento em inovação por parte do poder público e privado e a relevância econômica de atividades de pesquisa e desenvolvimento para a região.

5.2.4 Emergência

- **Ocorrências** – avalia o impacto e intensidade dos eventos ocorridos ou sua frequência de ocorrência.
- **Prevenção** – representa o investimento e ações para prevenção dos riscos identificados.
- **Riscos** – percepção dos riscos e avaliação de populações vulneráveis a desastres naturais.

5.2.5 Formação social

- **Cultura** – infraestrutura cultural física e imaterial da cidade, sua digitalização, acessibilidade e proteção.
- **Educação** – avaliação da educação em seus diversos níveis, taxas de sobrevivência e alunos em idade ideal matriculados. Qualidade do sistema de educação, incluindo sua digitalização.
- **Igualdade** – apreciação de inclusão e (des)igualdade social; também engloba medidas voltadas para portadores de deficiência.

5.2.6 Gestão

- **Finanças** – dados gerais a respeito das contas públicas do município (sustentabilidade econômica) e investimentos relevantes para o desenvolvimento inteligente da cidade.
- **Governança** – aspectos referentes à idoneidade dos governantes, transparência de dados e planejamento público.
- **Representatividade** – representatividade da população na política regional: engajamento da população na gestão e política pública, participação na escolha dos representantes, ocupação de cargos eletivos por mulheres.
- **Serviços** – avaliação dos serviços disponibilizados pela prefeitura aos cidadãos e empresas. Qualidade dos serviços, digitalização e planejamento.

5.2.7 Instalações

- **Construções** – sustentabilidade e utilização de sistemas digitais de gestão para prédios públicos, avaliação de sustentabilidade em novas construções/reformas na cidade.
- **Habitação** – medições a respeito de tipos e qualidades de moradias e programas de habitação.
- **Mobilidade** – infraestrutura de mobilidade urbana oferecida, sejam vias para automóveis, pedestres ou mesmo ciclovias. Também indica a característica da frota de veículos, visando a sustentabilidade ambiental.
- **Urbanismo** – características do meio urbano, como exposição sonora e gestão da iluminação pública. Compreende áreas verdes sob a ótica de áreas intraurbanas (como ruas e praças), em oposição à percepção de áreas verdes externas ao perímetro urbano que é mais contemplada no tema “meio-ambiente”.

5.2.8 Meio-ambiente

- **Meio-ambiente** – mensuração de critérios ambientais de maior abrangência espacial, como qualidade do ar, emissões de gases de efeito estufa e campos

eletromagnéticos; Também possui avaliação a respeito de preservação de áreas naturais e restauração de ecossistemas, aqui mais voltado a áreas fora do perímetro urbano (mas não limitadas a este).

5.2.9 Saúde

- **Saúde** – infraestrutura do sistema de saúde, incluindo leitos, médicos e outros profissionais; disponibilização de serviços digitais; índices gerais de saúde, como mortalidade e suicídio (este subtema também contém indicadores de saúde mental).

5.3 Indicadores

Com isto, chegamos a um conjunto de 189 indicadores totais. Divididos ao longo dos 9 temas, estão subdivididos em 29 subtemas. Na Figura 21 podemos ter uma visão geral do modelo. O tema “utilidades” se destaca com um número maior de indicadores, porém isso se deve ao elevado número de subtemas contidos nele, como também pela ampla aplicação do conceito de digitalização discutido no tópico “3.3.2. Definições de cidade inteligente”; os sistemas de utilidades normalmente já são caracterizados pela utilidade tecnológica, e assim melhorar a performance ou ampliar aplicações é uma tarefa intuitiva.

como visto, embora esse seja um critério importante, não deve ser fator restritivo. Saber o que deve ser medido é o primeiro passo para criar processos de medição e, ao eliminar possíveis indicadores que não possuem dados coletados atualmente, são também eliminados indicadores relevantes que deveriam ser medidos. Ou seja, alguns modelos prezam por indicadores fáceis de serem coletados e esquecem de verificar o que, de fato, é crucial para a análise e necessita esforços em seu desenvolvimento.

Tomaremos como exemplo nesta seção a cidade de Santos, São Paulo. Com população de 433 mil pessoas (sendo a décima mais populosa do estado) (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020), possui o sexto maior IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal) do Brasil e terceiro maior do estado de São Paulo, com valor de 0,840 (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2020). Santos se destaca por possuir o maior porto da América Latina (SANTOS PORT AUTHORITY, 2020), que responde pela movimentação de cerca de 30% do comércio do país. Também é um pólo turístico regional, sendo o 6º destino mais procurado por viajantes brasileiros em 2020 (SÃO, 2020). Santos foi escolhida devido ao seu tamanho, sendo uma cidade de médio porte, bem como por seu elevado desenvolvimento humano e por já ser uma referência em cidades inteligente, tendo conseguido o 7º lugar no *ranking* de cidades inteligentes Ranking Connected Smart Cities 2020 (ALCANTARA, 2020). Por fim, também há um interesse pessoal, visto que é a cidade natal do autor.

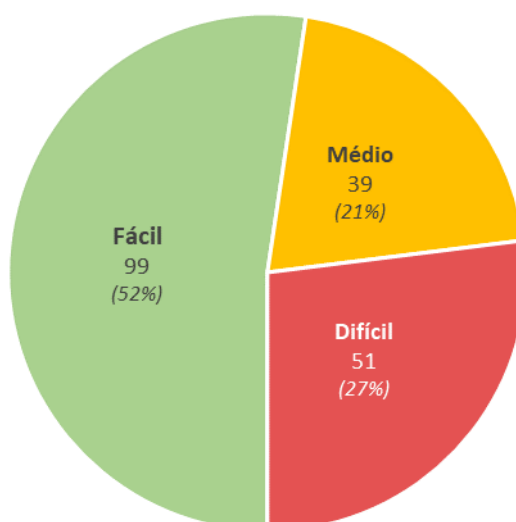
Avaliaremos a facilidade em obter os dados necessários ou criar sistemas e processos para tal. Os indicadores serão classificados em três grupos, de acordo com sua viabilidade:

- **Fácil:** dados podem ser obtidos através de informações já disponíveis em sistemas existentes, cruzamentos de dados da própria prefeitura ou mudanças procedimentais simples (como inclusão de informação em formulário que já é preenchido por agentes públicos ou privados).
- **Médio:** requer pesquisa de campo para coleta estatística de informações, apresenta dados dispersos ou de acesso limitado entre diferentes partes do poder público local.

- **Difícil:** necessita equipe dedicada para levantamento dos dados severamente dispersos ou inexistentes, apresenta possível necessidade de criação de forma de medição, reestruturação de atividades ou articulação com entidades públicas ou privadas.

Com isso, chegamos à conclusão que 52% dos indicadores (99) são de fácil coleta; 21% (39) necessitam um esforço médio; e 27% (51) apresentam grande dificuldade ou necessidade de esforço para sua obtenção. A Figura 22 resume este resultado.

Figura 22 - Visão geral da viabilidade do conjunto de indicadores, segundo dificuldade de implementação



Fonte: elaborado pelo autor.

Logo, temos que mais de metade dos indicadores são de fácil aplicabilidade; o restante dos indicadores é aproximadamente dividido entre média e difícil viabilidade. Embora este não tenha sido um estudo técnico aprofundado de viabilidade, esta avaliação inicial demonstra um potencial factível de aplicabilidade dos indicadores.

Para exemplificar, iremos descrever alguns destes indicadores a seguir. Por concisão, demonstraremos 10 indicadores ditos fáceis, 3 médios e 1 difícil.

Fácil:

1. Emprego na indústria de serviços: representa a porcentagem de trabalhadores empregados na indústria de serviços em relação ao total de trabalhadores empregados. O crescimento do setor terciário da economia é importante métrica do desenvolvimento regional. Santos apresenta 73% de sua força de trabalho atuando na área de serviços (PREFEITURA DE SANTOS, 2010).
2. Número de homicídios: total de homicídios por 100.000 habitantes. Medida básica de segurança pública, com reflexo direto na qualidade de vida. Santos apresenta um índice de homicídio de 7,8 (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2020).
3. Alfabetização de adultos: porcentagem de adultos (pessoas acima de 16 anos) alfabetizadas. Indicador básico de educação. Santos apresenta um total de 97,84% de adultos alfabetizados (PREFEITURA DE SANTOS, 2010).
4. Participação dos eleitores nas últimas eleições: porcentagem de eleitores locais que participaram nas últimas eleições em função do total de eleitores locais aptos a votar. Conforme visto na seção 3, a participação local na política é crucial no desenvolvimento da cidade voltado para a população. Nas eleições municipais de 2020, Santos teve uma participação de 98%.
5. Assentamentos inadequados: porcentagem da população urbana vivendo em favelas, assentamentos informais ou moradias inadequadas. Indicador direto da qualidade de vida, moradia e igualdade social. Santos possui 8% de sua população em condições inadequadas de moradia.
6. Concentração de material particulado fino: concentração de material inalável particulado com diâmetro abaixo de $2,5\mu\text{m}$ no ar (conhecida como $\text{PM}_{2,5}$), medida em $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Medida ambiental da qualidade do ar, impactada principalmente por processos industriais e emissões de veículos. Santos apresenta concentração de $14\mu\text{g}/\text{m}^3$ (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2019).
7. Leitos hospitalares: número de leitos hospitalares por 100.000 habitantes. Indicador da capacidade do sistema de saúde local. Santos

possui 8317 leitos por 100.000 habitantes (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020).

8. Perdas de água: total de água não-faturada em relação ao total produzido. Avaliação da qualidade do sistema de fornecimento de água potável aos residentes. Santos possui um total de perdas de 16% (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO, 2018).
9. Tratamento de esgoto: porcentagem de esgoto coletado tratado. Indicador básico de saneamento e qualidade de vida. Santos trata 100% do seu esgoto coletado (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO, 2018).
10. Taxa de material recolhido pela coleta seletiva: porcentagem de material recolhido pela coleta seletiva (exceto matéria orgânica) em relação à quantidade total coletada de resíduos sólidos domésticos. Representa a relevância da coleta seletiva no serviços de resíduos sólidos, com impactos na sustentabilidade ambiental da cidade. 7% do lixo de Santos é recolhido através da coleta seletiva (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO, 2018).

Estes indicadores são, no geral, mais voltados para questões de sustentabilidade que digitalização. Entretanto, isso não diminui sua importância, pois, como visto, a sustentabilidade é um dos pilares de uma cidade inteligente.

Médio:

1. Sistemas de EAD: porcentagem de habitantes usando sistemas de educação à distância em relação ao total de habitantes. Avalia o impacto da digitalização no sistema de ensino. É necessário realizar pesquisa estatística de campo para mensuração.
2. Cobertura de Internet fornecida pelo município: porcentagem da área da cidade coberta por conectividade à Internet fornecida pelo município. Envolve fornecimento de infraestrutura de telecomunicações tanto para turistas como moradores. Para sua avaliação, necessita uma avaliação

em campo da cobertura ou cruzamento de dados a partir de especificações técnicas dos aparelhos adquiridos.

3. Informação em tempo real do transporte público: porcentagem de paradas e estações de transporte público com informações de trânsito em tempo real disponíveis. Medida da digitalização do serviço de transporte público. Dados normalmente dispersos entre diferentes membros do setor público ou restritos em seções do mesmo.

Estes já são indicadores que estão mais relacionados com os efeitos da digitalização. Normalmente requerem coletas em campo ou cruzamento de dados.

Difícil:

1. Dados abertos sobre turistas: porcentagem de turistas com dados (como origem, idade, sexo, tempo de estadia total) disponíveis de maneira anônima em plataforma aberta em relação ao total de turistas no ano. A disponibilidade de dados turísticos abertos fortalece o fornecimento de serviços associados ao turismo, ao permitir o desenvolvimento e melhoramento de soluções, com dados mais precisos. Entretanto, este é um indicador muito complicado de ser obtido. Primeiramente, há a introdução de processo primário de coleta nos equipamentos turísticos. Então, um sistema centralizado para transferência destes dados. Esta etapa incorre na devida preocupação com formatos de dados (consistência entre sistemas) e o esforço e interesse por parte dos entes privados. Caso seja muito oneroso, é possível que estes se recusem a participar de tal processo ou não o façam de maneira correta. Por fim, é necessária uma plataforma para consolidação, tratamento e informe destes dados coletados.

Por fim, vemos indicadores que requerem grande esforço e integração entre diferentes atores. Novos processos, estruturas e possivelmente atos legais se fazem necessários.

7 PONTOS FUTUROS

7.1 Áreas de aplicação

Este modelo possui duas áreas de aplicação: como ferramenta gerencial da cidade, de maneira similar ao funcionamento da ISO para cidades sustentáveis, que indica o que deve ser medido; e como ferramenta comparativa entre diferentes cidades. Esta segunda aplicação tem funcionamento similar a um modelo de maturidade, pois envolveria a classificação das cidades de acordo com metas objetivas para os indicadores.

Para sua aplicação como ferramenta comparativa, faz-se necessário o desenvolvimento de um segundo modelo, desta vez taxonômico. Assim, a elaboração de categorias de cidades, de acordo com fatores como sua vocação, tamanho etc, possibilitaria a comparação entre diferentes cidades com as mesmas características, assim como a definição de prioridades e valores para classificação dos indicadores.

Quando nos referimos a vocação, entende-se como a direção histórica de desenvolvimento da cidade, bem como a direção do plano de desenvolvimento que a cidade intenta para si. Certa cidade pode ter apresentado um desenvolvimento baseado em uma tal direção, porém sua população e representantes desejam que ela se desenvolva em outro sentido; neste caso é de interesse dos governantes possuir métricas para avaliar seu progresso nesta orientação. Podemos ter cidades turísticas, como Búzios; cidades logísticas, como Cajamar; cidades de centros religiosos, como Aparecida do Norte; e tantas outras vocações. Também é relevante ponderarmos o tamanho da cidade (normalmente avaliado pelo número de habitantes). Uma cidade turística de vinte mil habitantes, como Bonito, poderá apresentar requisitos funcionais completamente diferentes de uma cidade com quase sete milhões de habitantes, como o Rio de Janeiro. Ressalta-se que estes conceitos apresentados aqui são apenas noções preliminares e ainda carecem de respaldo bibliográfico em seu desenvolvimento.

De tal forma, teríamos um modelo no qual cada conjunto vocação-tamanho oferecia um conjunto de parâmetros para avaliação dos indicadores. Ou seja, poderia ser relacionada uma nota à certa cidade a respeito de seu desenvolvimento no sentido de se tornar uma cidade inteligente sustentável, de maneira similar ao proposto pelo

modelo da ITU (p.82). A Figura 23 exemplifica o funcionamento da taxonomia para geração de conjuntos C_{ij} de valores-alvo para os indicadores propostos neste trabalho.

Figura 23 - Exemplo de taxonomia e funcionamento de conjunto de valores para indicadores

Função \ Tamanho					Nível de maturidade						
	Pequena	Média	Grande	Mega		1	2	3	4	5	
Turismo	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	Indicadores	I_1	10%	30%	50%	70%	90%
Logística	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}		I_2	1500	3000	6000	12000	24000
Religiosa	C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{34}		I_3	-	-	-	40%	80%
Agrária	C_{41}	C_{42}	C_{43}	C_{44}		...	...	...	...	...	...
Centro nacional	C_{51}	C_{52}	C_{53}	C_{54}		...	...	...	...	...	...
Industrial	C_{61}	C_{62}	C_{63}	C_{64}							
...							

Fonte: elaborado pelo autor.

7.2 Grupo Conectividade

Fundado em novembro de 2016, o Laboratório de Cidades, Tecnologia e Urbanismo (também chamado de Grupo Conectividade) faz parte do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (PRO POLI USP). O grupo é dedicado ao estudo de cidades inteligentes no Brasil e é composto por pesquisadores, professores e profissionais das mais diversas áreas, não estando restrito à engenharia. Coordenado pelos Profs. Drs. Marcelo de Paula Schneck Pessoa e Fernando Tobal Berssaneti, ambos professores do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica, o grupo produz diversos estudos e publicações a respeito do tema cidades inteligentes, buscando aplicações práticas de conceitos de planejamento urbano, automação de sistemas e utilização de tecnologias nas cidades brasileiras (CONNECTICIDADE, 2020).

Este modelo também foi desenvolvido para ser utilizado pelo Grupo Conectividade para realizar medições em cidades brasileiras. Porém, não houve tempo hábil para coletar, validar e consolidar os resultados desta pesquisa. Através dela, será possível avaliar o comportamento dos indicadores em diferentes regiões urbanas brasileiras, validar a aplicabilidade do modelo como ferramenta gerencial e

obter dados preliminares para propiciar o desenvolvimento do modelo como ferramenta comparativa entre diferentes cidades.

8 CONCLUSÃO

As mudanças sociais, culturais e tecnológicas ao longo das últimas décadas geraram diferentes pressões sobre as infraestruturas urbanas e sua gestão. O aumento da população urbana, a mudança no estilo de vida e hábitos impõe novos desafios aos centros urbanos. A partir da identificação destes problemas, foi proposta a Agenda 2030 pela ONU para reunir e orientar os países em torno de metas comuns de desenvolvimento, visando a sustentabilidade. Foi também analisado como o Brasil não atingiu o potencial que apresentava na virada do milênio e contextualizados alguns problemas urbanos na realidade brasileira.

Um dos principais pontos da resolução da ONU é a melhoria dos sistemas urbanos e comunidades. Um dos caminhos propostos é a transformação da cidade para uma cidade inteligente: um sistema sociotécnico urbano capaz de reagir intuitivamente e com a menor interferência humana às necessidades dos cidadãos, visando promover a sustentabilidade e igualdade, para melhoria da qualidade de vida dos moradores.

Vimos como a utilização de TIC nos mais diversos sistemas urbanos pode contribuir para melhorar a eficiência dos serviços fornecidos através destes. Foram demonstrados aplicações teóricas e práticas da tecnologia no aperfeiçoamento ou remodelagem destes sistemas.

Este trabalho propôs um conjunto de indicadores relevantes, gerado a partir de modelos relevantes em voga, avaliados através de critérios respaldados na literatura. Foi observado como alguns modelos utilizados atualmente focam em indicadores fáceis de serem obtidos; entretanto, esta abordagem pode ocultar fatores relevantes a serem medidos para poupar o esforço do desenvolvimento de processos para tal. Neste trabalho buscou-se evidenciar o que é relevante ser medido pela cidade em seu desenvolvimento inteligente e sustentável.

Com isso, chegamos a um modelo de 189 indicadores, divididos em 9 temas e 29 subtemas. Este conjunto de indicadores pode ser utilizado como ferramenta de gestão, indicando o quê é relevante ser medido pelos gestores públicos, e também como ferramenta comparativa entre cidades, conforme desenvolvimentos futuros propostos.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Perdas de energia - Informações técnicas**. 2020. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/perdas/654800. Acesso em: 24 jul. 2020.
- ALCANTARA, N. D. Santos fica em 7º lugar em prêmio para cidades inteligentes do Brasil. **A Tribuna**, Santos, 9 set. 2020. Disponível em: <https://www.atribuna.com.br/cidades/santos/santos-fica-em-7-%C2%BA-lugar-em-pr%C3%AAmio-para-cidades-inteligentes-do-brasil-1.117635>. Acesso em: 30 out. 2020.
- APPIO, F. P.; LIMA, M.; PAROUTIS, S. Understanding Smart Cities: Innovation ecosystems, technological advancements, and societal challenges. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 142, p. 1-14, 2019. ISSN: 0040-1625. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162518319954>. Acesso em: 3 ago. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019**. São Paulo, 2019. 68 p. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 24 jul. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 37120**: Desenvolvimento sustentável de comunidades: Indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida. Rio de Janeiro, 2017. 87 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 37122**: Cidades e comunidades sustentáveis: Indicadores para cidades inteligentes. Rio de Janeiro, 2020. 112 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE MOTOCICLETAS, CICLOMOTORES, MOTONETAS, BICICLETAS E SIMILARES. **Frota Circulante - Duas Rodas a Motor**. 2020. Disponível em: https://abraciclo.com.br/images/pdfs/Motocicleta/Frota/2020_3_Frota.pdf. Acesso em: 20 jul. 2020.
- BERTALANFFY, L. V. **General System Theory**. 2nd ed. New York: George Braziller Inc, 1968.
- BUCKMAN, A. H.; MAYFIELD, M.; BECK, S. B. M. What is a Smart Building? **Smart and Sustainable Built Environment**, v. 3, n. 2, p. 92-109, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/SASBE-01-2014-0003>. Acesso em: 20 ago. 2020.
- CENTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO RENATO ARCHER. **Modelo de Maturidade de Cidades Inteligentes Sustentáveis Brasileiras**. Campinas, 2020. 194 p. Não publicado.
- COHEN, B. The 3 Generations Of Smart Cities. **Fast Company**, ago. 2015. Disponível em: <https://www.fastcompany.com/3047795/the-3-generations-of-smart-cities>. Acesso em: 26 ago. 2020.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade do ar no Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2019. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2020/07/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-do-Ar-2019.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2020.
- CONECTICIDADE. Conectividade - Laboratório de Cidades, Tecnologia e Urbanismo, 2020. Disponível em: <https://www.conectividade.org.br/>. Acesso em: 27 out. 2020.

COSTA, E. M.; OLIVEIRA, Á. D. Humane Smart Cities. In: FRODEMAN, R. **The Oxford handbook of interdisciplinarity**. 2nd ed. Oxford: Oxford Press, 2017. cap. 17, p. 228-240. Disponível em: <http://www.labchis.com/wp-content/uploads/2017/07/Humane-Smart-Cities.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2020.

DIRKS, S.; KEELING, M. A vision of smarter cities. **IBM Institute for Business Value**, v. 8, 2009. Disponível em: <https://www.ibm.com/downloads/cas/2JYLM4ZA>. Acesso em: 15 ago. 2020.

DJAHEL, S. et al. Adaptive Traffic Management for Secure and Efficient Emergency Services in Smart Cities. **IEEE**, p. 340-343, 2013. ISSN: 978-1-4673-5077-8. Apresentado a 2013 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (Percom Workshops), San Diego, 2013. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6529511>. Acesso em: 26 ago. 2020.

DORAN, G. There's a S.M.A.R.T. way to write management's goals and objectives. **Management Review**, nov. 1981.

DRUCKER, P. **The Practice of Management**. New York: Routledge, 1955. p. 105-119. ISBN 978-0-7506-8504-7.

EFFENDEE, E. F. M. K. **A Proposal for a Practical Definition and Execution Framework For Smart Cities**. 2019. Dissertação (Mestrado em Governança Inovativa de Grandes Sistemas Urbanos) – Universidade Politécnica Federal de Lausanne, Suíça, 2019. Disponível em: https://iglus.org/wp-content/uploads/2020/04/Ezatul-Faizura-Mustaffa-Kamal_A-Proposal-for-a-Practical-Definition-and-Execution-Framework-For-Smart-Cities.pdf. Acesso em: 11 ago. 2020.

ESCOLA NACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA. **Elaboração de indicadores de desempenho institucional**. Brasília, 2013. 36 p. Disponível em: https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/2403/1/Elabora%3a7%c3%a3o%20de%20indicadores%20de%20desempenho_apostila%20exerc%3adcios.pdf. Acesso em: 04 ago. 2020.

EUROPA. Science for Environment Policy. **Indicators for sustainable cities**. Bristol: European Commission DG Environment, v. 12, 2018. 24 p. ISBN: 978-92-79-85127-8. Disponível em: https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/indicators_for_sustainable_cities_IR12_en.pdf. Acesso em: 4 ago. 2020.

FAUSTO, B. **História do Brasil**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1995. 654 p. ISBN: 85-314-0240-9.

FERREIRA, P. C.; VELOSO, F. O desenvolvimento econômico brasileiro no pós-guerra. In: VELOSO, F. A. et al. **Desenvolvimento econômico: uma perspectiva brasileira**. Rio de Janeiro: Elsevier: Campus, 2013. 449 p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10438/14054>. Acesso em: 15 ago. 2020.

FINGER, M.; RAZAGHI, M. Conceptualizing "Smart Cities". **Informatik Spektrum**, v. 40, p. 6-13, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00287-016-1002-5>. Acesso em: 15 ago. 2020.

FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL. **The Global Competitiveness Report**. Geneva, 2019. 648 p. ISBN-13: 978-2-940631-02-5. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf. Acesso em: 7 ago. 2020.

FÓRUM ECÔNOMICO MUNDIAL. **Fórum Econômico Mundial**, 2020. Disponível em: <https://www.weforum.org/>. Acesso em: 25 jul. 2020.

FULMER, J. What in the world is infrastructure? **PEI Infrastructure investor**, v. 1, n. 4, p. 30-32, 2009. Disponível em: <https://coreenergy.reit/wp-content/uploads/2018/03/what-in-the-world-is-infrastructure.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2020.

GARAU, C.; PAVAN, V. M. Evaluating Urban Quality: Indicators and Assessment Tools for Smart Sustainable Cities. **Sustainability**, v. 10, n. 3, fev. 2018. 575 p. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/10/3/575/htm#B44-sustainability-10-00575>>. Acesso em: 2 ago. 2020.

GIFFINGER, R.; PICHLER-MILANOVIC, N. **Smart cities: Ranking of European medium-sized cities**. Viena: Vienna University of Technology, 2007. 25 p. Disponível em: http://smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf. Acesso em: 19 out. 2007.

GRETZEL, U.; ZHONG, L.; KOO, C. Application of smart tourism to cities. **International Journal of Tourism Cities**, v. 2, n. 2, 2016. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJTC-04-2016-0007/full/html>. Acesso em: 26 ago. 2020.

GUEDES, A. L. A. et al. Smart Cities: The Main Drivers for Increasing the Intelligence of Cities. **Sustainability**, v. 10, n. 9, p. 3121, ago. 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/9/3121/htm>. Acesso em: 7 ago. 2020.

GUEDES, A. L. A. (org.); SOARES, C. A. P. (org.); RODRIGUEZ, M. V. R. Y. (org.). **Smart Cities - Cidades Inteligentes nas Dimensões: Planejamento, Governança, Mobilidade, Educação e Saúde**. 1. ed. [Rio de Janeiro]: [s.n], 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/342926201_Smart_Cities_-_Cidades_Inteligentes_nas_Dimensoes_Planejamento_Governanca_Mobilidade_Educacao_e_Saude. Acesso em: 26 jul. 2020.

GUERREIRO, R. **Modelo conceitual de sistema de informação de gestão econômica: uma contribuição à teoria na comunicação da contabilidade**. 1989. Tese (Doutorado em Contabilidade) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12136/tde-03062020-155114/publico/DrReinaldoGuerreiro.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2020.

HEEKS, R. Do information and communication technologies (ICTs) contribute to development? **Journal of International Development**, v. 22, n. 5, p. 625-640, jul. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jid.1716>. Acesso em: 13 ago. 2020.

HIREMATH, R. B. et al. Indicator-based urban sustainability - A review. **Energy for Sustainable Development**, v. 17, n. 6, p. 555-563, 2013. ISSN: 0973-0826. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082613000707>. Acesso em: 5 ago. 2020.

HUSSAIN, A. et al. Health and emergency-care platform for the elderly and disabled people in the Smart City. **The Journal of Systems and Software**, v. 110, p. 253-263, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0164121215001867>. Acesso em: 26 ago. 2020.

IJAZ, S. et al. Smart Cities: A Survey on Security Concerns. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)**, v. 7, n. 2, p. 612-625, fev. 2016. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2016.070277>. Acesso em: 4 ago. 2020.

INNOVATIVE GOVERNANCE OF LARGE URBAN SYSTEMS. **Week 1 - Introduction to Management of Urban Infrastructures**. 2020. Notas de aula da disciplina Management of Urban Infrastructures oferecida online pela Escola Politécnica Federal de Lausanne. Disponível em: <https://www.coursera.org/learn/managing-urban-infrastructures-1/supplement/OPcYF/reading-1-introduction-to-urban-infrastructures>. Acesso em: 15 ago. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Banco de Tabelas Estatísticas. **SIDRA**, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 23 jul. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Brasil em síntese. **IBGE**, 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 30 out. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, SECRETARIA ESPECIAL DE ARTICULAÇÃO SOCIAL. Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. **ODS Brasil**, 2020. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/>. Acesso em: 4 ago. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. O que é? Índice de Gini. **IPEA**, 2004. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2048:catid=28>. Acesso em: 23 jul. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Atlas da Violência. **IPEA**, 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/atlasviolencia/>. Acesso em: 18 nov. 2020.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 37123:2019**: Sustainable cities and communities - Indicators for resilient cities. Geneva, 2019. 82 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. About Us. **ISO - International Organization for Standardization**, 2020. Disponível em: <https://www.iso.org/about-us.html>. Acesso em: 28 ago. 2020.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. **Recommendation ITU-T Y.4900/L.1600**: Overview of key performance indicators in smart sustainable cities. Geneva, 2016. 10 p. Disponível em: <https://www.itu.int/rec/T-REC-L.1600-201606-I>. Acesso em: 2 set. 2020.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. **Recommendation ITU-T Y.4901/L.1601**: Key performance indicators related to the use of information and communication technology in smart sustainable cities. Geneva, 2016. 18 p. Disponível em: <https://www.itu.int/rec/T-REC-L.1601-201606-I>. Acesso em: 2 set. 2020.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. **Recommendation ITU-T Y.4902/L.1602**: Key performance indicators related to the sustainability impacts of information and communication technology in smart sustainable cities. Geneva, 2016. 14 p. Disponível em: <https://www.itu.int/rec/T-REC-L.1602-201606-I>. Acesso em: 2 set. 2020.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. **Recommendation ITU-T Y.4903/L.1603**: Key performance indicators for smart sustainable cities to assess the achievement of sustainable development goals. Geneva, 2016. 41 p. Disponível em: <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.4903-201610-I>. Acesso em: 2 set. 2020.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. **Recommendation ITU-T Y.4904: Smart sustainable cities maturity model**. Geneva, 2019. 25 p. Disponível em: <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.4904-201912-I>. Acesso em: 2 set. 2020.

JANNUZZI, P. D. M. **Indicadores Sociais no Brasil**. 3. ed. Campinas: Alínea, 2001. 141 p.

JANNUZZI, P. D. M. Indicadores para diagnóstico, monitoramento e avaliação de programas sociais no Brasil. **Revista do Serviço Público**, Brasília, v. 56, n. 2, p. 137-160, abr./jun. 2005. Disponível em: <https://bit.ly/2Nid3tr>. Acesso em: 4 ago. 2020.

JIN, J. et al. An Information Framework of Creating a Smart City through Internet of Things. **IEEE Internet of Things journal**, v. 1, n. 2, p. 112-121, 2014. Disponível em: <https://iotiran.com/media/k2/attachments/fa729df5c475d80713f66f763105284f3ef1.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2020.

KASPER, H. **O Processo de Pensamento Sistêmico: Um Estudo das Principais Abordagens a partir de um Quadro de Referência Proposto**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/9013/000288315.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2020.

KHAN, M. S. et al. Smart City and Smart Tourism: A Case of Dubai. **Sustainability**, v. 9, n. 12, p. 2279, 8 Dezembro 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/12/2279>. Acesso em: 26 ago 2020.

KUMAR, T. M. V.; DAHIYA, B. Smart economy in smart cities. In: CAPERNA, A.; SERAFINI, S.; MINERVINO, G. **Smart economy in smart cities**. 1. ed. Singapura: Springer, 2017. cap. 1, p. 3-76. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/306924920_Smart_Economy_in_Smart_Cities. Acesso em: 5 set. 2020.

KUNZMANN, K. Smart Cities: A New Paradigm of Urban Development. **Crios**, v. 4, n. 1, p. 9-20, jan./jun. 2014. ISSN: 2279-8986. Disponível em: https://www.academia.edu/9530213/SMART_CITIES_A_NEW_PARADIGM_OF_URBAN_DEVELOPMENT. Acesso em: 25 ago. 2020.

LI, X. E. A. Smart community: an internet of things application. **IEEE Communications Magazine**, v. 49, n. 11, p. 68-75, 10 nov. 2011. ISSN: 1558-1896. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6069711>. Acesso em: 5 set. 2020.

LOURENÇO, G. M.; ROMERO, M. Indicadores Econômicos. In: FAE CENTRO UNIVERSITÁRIO **Economia Empresarial**. 1. ed. Curitiba: Gazeta do Povo, 2002. v. I, cap. 3, p. 27-41.

MEGA, V.; PEDERSEN, J. **Urban Sustainability Indicators**. Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities, 1998. 49 p. ISBN: 92-828-4669-5. Disponível em: <http://edz.bib.uni-mannheim.de/www-edz/pdf/ef/98/ef9807en.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS)** [online]. Brasília: 2020. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/>. Acesso em: 18 nov. 2020.

MUSSELWHITE, C.; AVINERI, E.; SUSILO, Y. Editorial JTH 16 - The Coronavirus Disease COVID-19 and implications for transport and health. **Journal of transport & health**, v. 16, abr. 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7174824/>. Acesso em: 13 nov. 2020.

NASCIMENTO, R. C. M. D. et al. Uso de Indicadores Ambientais em áreas costeiras: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 2, n. 1, p. 52-69, 2018. ISSN 2595-4431. Disponível em: <https://revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/57>. Acesso em: 9 ago. 2020.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **The Importance of Common Metrics for Advancing Social Science Theory and Research: A Workshop Summary**. 1ª. ed. Washington: The National Academies Press, p. 31-52, 2011. Disponível em: <https://www.nap.edu/catalog/13034/the-importance-of-common-metrics-for-advancing-social-science-theory-and-research>. Acesso em: 4 ago. 2020.

NUINTIN, A. A.; NAKAO, S. H. A definição de indicadores do desempenho e da qualidade para o processo de produção: estudo de casos do processo de produção do café. **Revista Contemporânea de Contabilidade**, Florianópolis, v. 7, p. 51-74, jul./dez. 2010. ISSN: 1807-1821. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/contabilidade/article/viewFile/2175-8069.2010v7n14p51/20006>. Acesso em: 4 ago. 2020.

NUTINI, M. A. **Transformando o Sistema de Indicadores**. 1. ed. São Paulo: FNQ – Fundação Nacional da Qualidade, 2015. 200 p. ISBN: 978-85-8139-025-3. Disponível em: http://desenv.fnq.org.br/comunidade/wp-content/uploads/2019/02/Indicadores_Filiados.pdf. Acesso em: 28 ago. 2020.

OLIVEN, R. G. **Urbanização e mudança social no Brasil**. Rio de Janeiro: Centro Edelstein, 2010. 76 p. ISBN: 978-85-7982-001-4. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/z439n>. Acesso em: 28 jul. 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 2030**. Nova York, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2020.

PARK, E.; POBIL, A. P. D.; KWON, S. J. The Role of Internet of Things (IoT) in Smart Cities: Technology Roadmap-oriented Approaches. **Sustainability**, v. 10, n. 5, p. 1388, maio 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/5/1388/htm>. Acesso em: 5 ago. 2020.

PEREIRA, A. S.; PARREIRA, F. J.; BERTAGNOLLI, S. C.; SILVEIRA, S. R. **Metodologia da Aprendizagem em EaD**. Santa Maria, RS: UAB/NTE/UFSM, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/15809>. Acesso em: 13 nov. 2020.

PESSOA, M. S. P.; FERREIRA, J. A.; PATAH, L. A. **Aula 4: Modelos para Cidades Inteligentes**. São Paulo, 2020. Notas de aula da disciplina Gestão Integrada de Cidades Inteligentes do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

PORTO, A. G. (org.) et al. **O Futuro é das CHICS: como construir agora as cidades humanas, inteligentes, criativas e sustentáveis**. 1. ed. Brasília: Instituto Brasileiro de Cidades Inteligentes, Humanas e Sustentáveis, 2020. Disponível em: http://www.hids.depi.unicamp.br/wp-content/uploads/2020/07/rbcih_0001_20_CHICS_o_livro_rev_07.pdf. Acesso em: 24 ago. 2020.

PREFEITURA DE SANTOS. **Dados do IBGE**. Santos, 2010. Disponível em: <https://www.santos.sp.gov.br/?q=servico/dados-do-ibge>. Acesso em: 18 nov. 2020.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **IDHM Municípios 2010**. 2020. Disponível em: <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/rankings/idhm-municipios-2010.html>. Acesso em: 30 out. 2020.

- SANTOS PORT AUTHORITY. **O Porto de Santos**. 2020. Disponível em: <http://www.portodesantos.com.br/institucional/o-porto-de-santos/>. Acesso em: 30 out. 2020.
- SANTOS, M. **A Urbanização Brasileira**. São Paulo: Hucitec, 1993. 157 p. ISBN: 85.271.0230-7.
- SÃO Paulo é o segundo destino mais desejado do mundo para se viajar em 2020. **G1**, 1 jan. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/turismo-e-viagem/ descubra-o-brasil/noticia/2020/01/09/sao-paulo-e-o-segundo-destino-mais-desejado-do-mundo-para-se-viajar-em-2020.ghtml>. Acesso em: 30 out. 2020.
- SCHOENHERR, S. E. The Digital Revolution. **University of San Diego**, 2004. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20081007132355/http://history.sandiego.edu/gen/recording/digital.html>. Acesso em: 23 jul. 2020.
- SCHWAB, K. **A Quarta Revolução Industrial**. Tradução de Daniel M Miranda. 1. ed. São Paulo: Edipro, 2016. ISBN: 978-85-7283-978-5.
- SCHWIF, L. **Redução De Modelos De Simulação De Eventos Discretos Na Sua Concepção: Uma Abordagem Causal**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia Mecatrônica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242594704_REDUCAO_DE_MODELOS_DE_SIMULACAO_DE_EVENTOS_DISCRETOS_NA_SUA_CONCEPCAO_UMA_ABORDAGEM_CAUSAL. Acesso em: 10 ago. 2020.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Painel de informações sobre saneamento**. 2018. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/>. Acesso em: 23 jul. 2020.
- SOLIGO, V. Indicadores: conceito e complexidade do mensurar em estudos de fenômenos sociais. **Estudos em Avaliação Educacional**, São Paulo, v. 23, n. 52, p. 12-25, maio/ago. 2012. ISSN: 1984-932X. Disponível em: <http://publicacoes.fcc.org.br/ojs/index.php/eae/article/view/1926>. Acesso em: 5 ago. 2020.
- TJØNNDAL, A.; NILSEN, M. Innovative sport and leisure approaches to quality of life in the smart city. **World Leisure Journal**, v. 61, n. 3, p. 228-240, jul. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/334302115_Innovative_sport_and_leisure_approaches_to_quality_of_life_in_the_smart_city. Acesso em: 15 set. 2020.
- TORRES, J. G. D. M. **Um Estudo Sobre o Desenvolvimento de Cidades Humanas e Inteligentes Sob a Perspectiva da Cidade de São José dos Campos**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Paulista, São Paulo, 2020.
- VAN ROOIJEN, T.; NESTEROVA, N.; GUIKINK, D. **Applied framework for evaluation in CIVITAS PLUS II**. Bruxelas: CIVITAS – Cleaner and Better Transport in Cities, 2013. 97 p. Disponível em: http://civitas.eu/sites/default/files/civitas_wiki_d4_10_evaluation_framework.pdf. Acesso em: 4 ago. 2020.
- VASCONCELOS, E. A. D.; CARVALHO, C. H. R. D.; PEREIRA, R. H. M. Transporte e mobilidade urbana. In: TEXTOS para discussão. Brasília: CEPAL, v. 34, 2011. 74 p. ISSN: 2179-5495. Disponível em: <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/28160/S2011992_pt.pdf?sequence=1>. Acesso em: 28 jul. 2020.

WORLD BANK. **DataBank**. 2020. Disponível em: <https://databank.worldbank.org/>. Acesso em: 20 jul. 2020.

ZMITROWICZ, W.; NETO, G. D. A. **Infra-Estrutura Urbana**. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil - Escola Politécnica da USP, 1997. Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4530014/mod_resource/content/1/TTInfraestrutura17.pdf

. Acesso em: 15 Agosto 2020.

ZYGIARIS, S. Smart City Reference Model: Assisting Planners to Conceptualize the Building of Smart City Innovation Ecosystems. **Journal of the knowledge economy**, v. 4, n. 2, p. 217-231, out. 2013.

ISSN: 1868-7865. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/328610664_Smart_city_reference_model_Assisting_planners_to_conceptualize_the_building_of_smart_city_innovation_ecosystems. Acesso em: 20 ago. 2020.

ANEXO A - DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES DA ODS 11

Metas	Indicadores
11.1 Até 2030, garantir o acesso de todos à habitação segura, adequada e a preço acessível, e aos serviços básicos e urbanizar as favelas.	11.1.1 Percentual da população urbana morando em favelas, assentamentos informais ou habitações inadequadas.
11.2 Até 2030, proporcionar o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis, sustentáveis e a preço acessível para todos, melhorando a segurança rodoviária por meio da expansão dos transportes públicos, com especial atenção para as necessidades das pessoas em situação de vulnerabilidade, mulheres, crianças, pessoas com deficiência e idosos.	11.2.1 Percentual da população que tem acesso conveniente a transporte público, por sexo, idade e pessoas com deficiência.
11.3 Até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e as capacidades para o planejamento e gestão de assentamentos humanos participativos, integrados e sustentáveis, em todos os países.	11.3.1 Razão da taxa de consumo de terra com a taxa de crescimento populacional.
	11.3.2 Percentual de cidades com uma estrutura de participação direta da sociedade civil no planejamento e gestão urbana que operam de forma regular e democrática.
11.4 Fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo.	11.4.1 Despesas totais (públicas e privadas) per capita gastas na preservação, proteção e conservação de todo o patrimônio cultural e natural, por tipo de patrimônio (cultural, natural, misto e de designação do Centro do Patrimônio Mundial), nível de governo (nacional, regional e local/municipal), tipo de despesa (despesas de manutenção/investimento) e tipo de financiamento privado (doações em espécie, setor privado sem fins lucrativos e patrocínio).

Metas	Indicadores
11.5 Até 2030, reduzir significativamente o número de mortes e o número de pessoas afetadas por catástrofes e substancialmente diminuir as perdas econômicas diretas causadas por elas em relação ao produto interno bruto global, incluindo os desastres relacionados à água, com o foco em proteger os pobres e as pessoas em situação de vulnerabilidade.	11.5.1 Número de mortes, pessoas desaparecidas e afetadas por desastre, por 100.000 habitantes.
	11.5.2 Perda econômica direta por desastre em relação ao produto interno bruto global, incluindo danos causados por desastres a infraestruturas críticas e perturbação de serviços básicos.
11.6 Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros.	11.6.1 Percentual de resíduos sólidos urbanos regularmente coletados e com descarga final adequada sobre o total de resíduos sólidos urbanos gerados, por cidades.
11.6 Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros. 11.7 Até 2030, proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, particularmente para as mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência.	11.6.2 Níveis médios anuais de material particulado (PM2.5 e PM 10) em cidades (população ponderada).
	11.7.1 Parcela média da área construída das cidades que é espaço aberto para uso público de todos, por sexo, idade e pessoas com deficiência.
11.7 Até 2030, proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, particularmente para as mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência. 11.a Apoiar relações econômicas, sociais e ambientais positivas entre áreas urbanas, periurbanas e rurais, reforçando o planejamento nacional e regional de desenvolvimento.	11.7.2 Percentual de pessoas vítimas de assédio físico ou sexual, por sexo, idade, tipo de deficiência e local de ocorrência, nos últimos 12 meses.
	11.a.1 Percentual da população que vive em cidades que implementam planos de desenvolvimento urbano e regional que integram projeções populacionais e necessidades de recursos, por tamanho da cidade.

Metas	Indicadores
<p>11.b Até 2020, aumentar substancialmente o número de cidades e assentamentos humanos adotando e implementando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação às mudanças climáticas, a resiliência a desastres; e desenvolver e implementar, de acordo com o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, o gerenciamento holístico do risco de desastres em todos os níveis.</p>	<p>11.b.1 Percentual de governos locais que adotam e implementam estratégias locais de redução de risco de desastres de acordo com o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030.</p>
<p>11.b Até 2020, aumentar substancialmente o número de cidades e assentamentos humanos adotando e implementando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação às mudanças climáticas, a resiliência a desastres; e desenvolver e implementar, de acordo com o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, o gerenciamento holístico do risco de desastres em todos os níveis.</p> <p>11.c Apoiar os países menos desenvolvidos, inclusive por meio de assistência técnica e financeira, para construções sustentáveis e resilientes, utilizando materiais locais.</p>	<p>11.b.2 Número de países com estratégias nacionais e locais de redução de riscos de desastres.</p>
	<p>11.c.1 Percentual de apoio financeiro aos países menos desenvolvidos que é atribuído à construção e modernização de edifícios sustentáveis, resilientes e eficientes em termos de recursos, utilizando materiais locais.</p>

**ANEXO A - DESCRIÇÃO DOS ASPECTOS CONTIDOS EM CADA TEMA DA ISO
37120**

Tema	Aspectos essenciais	Aspectos de apoio
Economia	Desemprego Pobreza	Desemprego Inovação
Educação	Educação feminina Conclusão dos diferentes níveis educacionais	Educação masculina Matrícula em escolas Conclusão de ensino superior
Energia	Uso de energia Fontes renováveis	Uso de energia Qualidade do sistema elétrico
Meio ambiente	Poluição do ar Emissão de poluentes	Poluição do ar Poluição sonora Extinção de espécies nativas
Finanças	Endividamento municipal	Despesas Receitas próprias Coleta de impostos
Resposta a incêndios e emergências	Contingente de bombeiros Mortes por emergências	Contingente de bombeiros Tempo de resposta
Governança	Participação eleitoral	Representatividade Corrupção
Saúde	Mortalidade Capacidade do sistema de saúde	Capacidade do sistema de saúde Suicídios

Tema	Aspectos essenciais	Aspectos de apoio
Recreação	-	Área para recreação
Segurança	Contingente de polícia Homicídios	Crimes Tempo de resposta
Habitação	População em favelas	População sem-teto Moradias sem registro
Resíduos sólidos	Coleta Reciclagem	Destinação Resíduos perigosos
Telecomunicações e inovação	Acesso internet Acesso celular	Acesso telefone fixo
Transporte	Capacidade sistema público Frota privada	Transporte alternativo Mortalidade Transporte aéreo
Planejamento urbano	Áreas verdes	Arborização Assentamentos informais Habitação/emprego
Esgotos	Cobertura Tratamento	-
Água e saneamento	Abastecimento Consumo	Consumo Qualidade do sistema

APÊNDICE A – CONJUNTO DE INDICADORES

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Comunidade	Comunidade	Bairros com reuniões dos moradores do bairro	Porcentagem de bairros com reuniões regulares e abertas de associações de moradores do bairro		X	
Comunidade	Comunidade	Monitoramento de pessoas em risco por rede comunitária	Porcentagem de pessoas em risco (idosos, deficientes) monitorados por rede capaz de emitir avisos às autoridades e conectada a moradores cadastrados da região para auxílio primário			X
Comunidade	Comunidade	Participação em trabalho voluntário	Porcentagem da população que realiza algum tipo de trabalho voluntário		X	
Comunidade	Comunidade	Sistemas de monitoramento de segurança comunitária	Porcentagem da cidade coberta por sistemas de monitoramento e compartilhamento de avisos sobre eventos emergenciais no bairro, disponíveis e utilizados pelos moradores			X
Comunidade	Lazer	Espaços públicos de recreação ao ar livre	Área, em metros quadrados, de espaços públicos de recreação ao ar livre per capita			X
Comunidade	Lazer	Espaços públicos de recreação cobertos	Área em metros quadrados, de espaços públicos de recreação cobertos per capita			X
Comunidade	Lazer	Monitoramento de áreas de lazer	Porcentagem de áreas de lazer públicas com informação em tempo real sobre condições e ocupação		X	
Comunidade	Lazer	Reserva online de serviços públicos de recreação	Porcentagem de serviços públicos de recreação que podem ser reservados on-line			X

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Comunidade	Turismo	Dados abertos sobre turistas	Porcentagem de turistas com dados (como origem, idade, sexo, tempo de estadia previsto) disponíveis de maneira em plataforma aberta em relação ao total de turistas no ano			X
Comunidade	Turismo	Eventos culturais informados através de plataforma central	Porcentagem de eventos culturais com informações disponíveis em calendário cultural da cidade acessível digitalmente e aberto			X
Comunidade	Turismo	Mapeamento de pontos de interesse turístico	Porcentagem da área da cidade mapeada para pontos de interesse (farmácias, postos de gasolina, bares, restaurantes, hotéis, shoppings, delegacias, museus, parques, outros pontos turísticos) e disponibilizada através de plataforma central			X
Comunidade	Turismo	Pernoites	Pernoites em hotéis, motéis, pousadas e similares por ano por morador	X		
Comunidade	Turismo	Reservas turísticas disponibilizadas na internet	Porcentagem de quartos que podem ser alugados pela internet em relação ao total de quartos da cidade		X	
Comunidade	Turismo	Sistemas disponíveis em outras línguas	Porcentagem de sistemas disponíveis aos cidadãos também disponíveis em outras línguas			X

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Economia e negócios	Economia	Agricultura urbana	Porcentagem do PIB da cidade derivado de iniciativas de agricultura urbana			X
Economia e negócios	Economia	Emprego na indústria de serviços	Porcentagem de trabalhadores trabalhando no setor de serviços	X		
Economia e negócios	Economia	Empresas de pequeno e médio porte	Porcentagem do total de empresas classificadas como micro, pequenas ou médias conforme classificação vigente no Brasil	X		
Economia e negócios	Economia	Igualdade de renda de gênero	Rendimento médio horário feminino / rendimento médio horário masculino	X		
Economia e negócios	Economia	Taxa de poupança	Porcentagem da renda total de cada família remanescente após a dedução do consumo e despesas	X		
Economia e negócios	Economia	Taxa de sobrevivência de novos negócios	Porcentagem taxa de sobrevivência de novos negócios (2 anos)	X		
Economia e negócios	Empregos	Desemprego de jovens	Porcentagem de pessoas de 18 a 24 anos sem ocupação	X		
Economia e negócios	Empregos	Emprego em tempo integral	Porcentagem da população com emprego em tempo integral	X		
Economia e negócios	Empregos	Emprego informal	Porcentagem da força de trabalho no emprego informal	X		
Economia e negócios	Empregos	Taxa de emprego	População ocupada/população economicamente ativa	X		

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Economia e negócios	Empresas digitais	Aplicação de plataformas de computação	Porcentagem de empresas que oferecem computação em nuvem e recursos semelhantes ao público, outras empresas, ao governo ou outras organizações		X	
Economia e negócios	Empresas digitais	Emprego no setor de tecnologia da informação e comunicação (TIC)	Porcentagem da força de trabalho empregada em ocupações no setor de tecnologia da informação e comunicação (TIC)			X
Economia e negócios	Empresas digitais	Empresas fornecendo serviços online	Porcentagem de empresas registradas que prestam serviços online			X
Economia e negócios	Empresas digitais	Receita de economia compartilhada	Receita anual obtida a partir de economia compartilhada/receita própria total			X
Economia e negócios	Empresas digitais	Relação de compras por e-commerce	Porcentagem da população que usa comércio eletrônico para compra por ano		X	
Economia e negócios	Empresas digitais	Usuários de sistemas de transporte baseados em economia compartilhada	Número de usuários de sistemas de transporte baseados em economia compartilhada por 100.000 habitantes		X	
Economia e negócios	Inovação	Emprego na indústria criativa	Porcentagem de trabalhadores trabalhando na indústria criativa		X	
Economia e negócios	Inovação	Gasto com P&D	Gasto com P&D em relação ao PIB da cidade			X
Economia e negócios	Inovação	Novas patentes	Número de novas patentes por 100.000 habitantes por ano	X		
Economia e negócios	Inovação	Ocupação nos setores de educação, pesquisa e desenvolvimento	Porcentagem da força de trabalho empregada em ocupações nos setores de educação, pesquisa e desenvolvimento			X

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Emergência	Ocorrências	Frequência anual de eventos de inundação	Eventos de inundação por ano	X		
Emergência	Ocorrências	Infraestruturas críticas inundadas	Número anual de infraestruturas críticas inundadas como uma porcentagem da infraestrutura crítica na cidade			X
Emergência	Ocorrências	Mortes por desastres naturais	Número de mortes relacionadas a desastres naturais por 100.000 habitantes	X		
Emergência	Ocorrências	Número de homicídios	Número de homicídios por 100.000 habitantes	X		
Emergência	Ocorrências	Número de mortes relacionadas a incêndios	Número de mortes relacionadas a incêndios por 100.000 habitantes	X		
Emergência	Ocorrências	Perda anual em desastres	Perda média anual em desastres como uma porcentagem do produto da cidade			X
Emergência	Ocorrências	Taxa de crimes violentos	Taxa de crimes violentos por 100.000 habitantes	X		

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Emergência	Prevenção	Área da cidade coberta por sistema on-line de mapeamento de fornecedores de alimentos	Porcentagem da área da cidade coberta por sistema on-line de mapeamento de fornecedores de alimentos			X
Emergência	Prevenção	Atualização de planos de gestão de desastres	Frequência com que os planos de gestão de desastres são atualizados	X		
Emergência	Prevenção	Fundos de reserva para desastres	Alocação total de fundos de reserva para desastres como uma porcentagem do orçamento total da cidade	X		
Emergência	Prevenção	Hospitais equipados com fornecimento de eletricidade de reserva	Porcentagem de hospitais equipados com fornecimento de eletricidade de reserva		X	
Emergência	Prevenção	População da cidade coberta por sistema precoce de alerta multi-riscos	Porcentagem da população da cidade coberta por sistema precoce de alerta multi-riscos		X	
Emergência	Prevenção	Tempo de resposta da polícia	Tempo de resposta médio da polícia a partir do primeiro chamado	X		
Emergência	Prevenção	Tempo de resposta do Corpo de Bombeiros	Tempo de resposta médio do Corpo de Bombeiros a partir do primeiro chamado	X		
Emergência	Prevenção	Tempo de resposta dos serviços de emergência	Tempo de resposta médio dos serviços de emergência a partir do primeiro chamado	X		

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Emergência	Riscos	População em alto risco de desastres naturais	Porcentagem da população em alto risco de desastres naturais			X
Emergência	Riscos	População vulnerável	Porcentagem de população vulnerável em relação à população da cidade			X
Emergência	Riscos	Propriedades residenciais inundadas	Porcentagem de propriedades residenciais inundadas por ano			X
Emergência	Riscos	Propriedades residenciais localizadas em zonas de alto risco	Porcentagem de propriedades residenciais localizadas em zonas de alto risco			X
Formação social	Cultura	Digitalização do acervo cultural	Porcentagem do acervo cultural da cidade que foi digitalizado			X
Formação social	Cultura	Infraestrutura cultural	Total de instituições culturais por 100.000 habitantes	X		
Formação social	Cultura	Proteção do patrimônio cultural material e imaterial	Quantidade de bens tombados por legislação municipal	X		
Formação social	Cultura	Recursos culturais online	Porcentagem de instituições culturais e eventos para os quais a participação/consumo online é oferecida			X

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Formação social	Educação	Alfabetização de adultos	Porcentagem de adultos alfabetizados	X		
Formação social	Educação	Equipamentos de aprendizagem digital	Número de computadores, laptops, tablets ou outros dispositivos de aprendizagem digital disponíveis por 1.000 estudantes	X		
Formação social	Educação	Índice de desenvolvimento da educação básica (IDEB) - anos finais	Representa o desempenho educacional dos estudantes até o 9º fundamental	X		
Formação social	Educação	Percentual de escolas municipais com acesso à internet	Porcentagem de escolas municipais com acesso à internet em relação ao número de escolas totais do município.	X		
Formação social	Educação	População com ensino superior completo	Número de indivíduos com ensino superior completo por 100.000 habitantes	X		
Formação social	Educação	População em idade escolar matriculada	Porcentagem de população em idade escolar matriculada em escolas	X		
Formação social	Educação	Professores no ensino primário	Relação estudante/professor no ensino primário	X		
Formação social	Educação	Proficiência profissional em mais de um idioma	Porcentagem da população da cidade com proficiência profissional em mais de um idioma		X	
Formação social	Educação	Sistemas de EAD	Porcentagem de habitantes usando sistemas EAD		X	

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Formação social	Educação	Taxa de sobrevivência: ensino primário	Porcentagem de estudantes com ensino primário completo	X		
Formação social	Educação	Taxa de sobrevivência: ensino secundário	Porcentagem de estudantes com ensino secundário completo	X		
Formação social	Igualdade	Apoio a cidadãos com necessidades especiais de mobilidade	Porcentagem do orçamento municipal alocado a ações de apoio, dispositivos e tecnologias assistivas a cidadãos com necessidades especiais de mobilidade	X		
Formação social	Igualdade	Coeficiente de Gini	Índice de desigualdade social	X		
Formação social	Igualdade	Edifícios públicos acessíveis por pessoas com necessidades especiais	Porcentagem de edifícios públicos acessíveis por pessoas com necessidades especiais ponderado pelo uso do prédio (acessos)		X	
Formação social	Igualdade	Faixas de travessia de pedestres equipadas com sinalização de acessibilidade	Porcentagem das faixas de travessia de pedestres equipadas com sinalização de acessibilidade			X
Formação social	Igualdade	População abaixo da linha de pobreza	Porcentagem da população abaixo da linha de pobreza	X		
Formação social	Igualdade	Programas voltados à redução da exclusão digital	Porcentagem do orçamento municipal alocado a programas voltados à redução da exclusão digital	X		

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Gestão	Finanças	Intensidade de investimento em projetos de TIC visando cidade inteligente	Porcentagem do PIB referente a investimentos em programas, iniciativas e prêmios que aumentam a inteligência e a sustentabilidade da cidade		X	
Gestão	Finanças	Receita própria	Porcentagem da receita própria em função do total das receitas			X
Gestão	Finanças	Recolhimento de impostos	Porcentagem dos impostos recolhidos em função dos impostos cobrados	X		
Gestão	Finanças	Taxa de endividamento	Expansão do serviço da dívida como uma porcentagem da receita própria do município	X		
Gestão	Governança	Avaliações públicas de risco	Porcentagem de departamentos municipais e serviços públicos que realizam avaliações de risco em seu planejamento e investimento			X
Gestão	Governança	Condenações por corrupção	Número de condenações de servidores da cidade por corrupção e/ou suborno por 100.000 habitantes		X	
Gestão	Governança	Dados abertos	Porcentagem de dados públicos abertos disponíveis			X

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Gestão	Representatividade	Eleitores registrados para votar	Porcentagem de eleitores registrados em função da população com idade para votar	X		
Gestão	Representatividade	Engajamento popular no planejamento urbano	Número anual de cidadãos engajados no processo de planejamento urbano por 100.000 habitantes			X
Gestão	Representatividade	Mulheres eleitas	Porcentagem de mulheres eleitas em função do número total de eleitos na gestão da cidade	X		
Gestão	Representatividade	Participação dos eleitores nas últimas eleições	Porcentagem de participação dos eleitores nas últimas eleições municipais em função do total de eleitores aptos a votar	X		
Gestão	Serviços	Pagamentos eletrônicos para a cidade	Porcentagem de pagamentos para a cidade realizados por meio eletrônico	X		
Gestão	Serviços	Plano de continuidade de serviços essenciais	Porcentagem de serviços essenciais da cidade cobertos por um plano de continuidade documentado			X
Gestão	Serviços	Serviços urbanos que podem ser solicitados on-line	Porcentagem de serviços urbanos acessíveis e que podem ser solicitados on-line			X
Gestão	Serviços	Solicitações eletrônicas de licenças de construção	Porcentagem das solicitações de licenças de construção submetidas por sistema eletrônico	X		
Gestão	Serviços	Tempo de aprovação de licença de construção	Tempo médio para aprovação de licença de construção (dias)	X		
Gestão	Serviços	Tempo de resposta a chamados não emergenciais	Tempo médio de resposta a chamados realizados por meio de sistema de chamados não emergenciais da cidade (dias)		X	

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Instalações	Construções	Edifícios públicos equipados para gestão energética inteligente	Porcentagem de edifícios públicos equipados para gestão energética inteligente			X
Instalações	Construções	Monitoramento da qualidade do ar interior em edifícios públicos	Porcentagem de edifícios públicos equipados para monitoramento da qualidade do ar interior		X	
Instalações	Construções	Porcentagem de edifícios construídos ou reformados, nos últimos cinco anos, em conformidade com os princípios da construção verde	% de edifícios com certificações como LEED, AQUA, BREEAM, CASBEE, HQE, BOMA BEST, BCA Green Mark, DGNB, ASGB ou equivalentes			X
Instalações	Construções	Sustentabilidade de edifícios públicos	Porcentagem de edifícios públicos com certificações de sustentabilidade		X	
Instalações	Habitação	Assentamentos inadequados	Porcentagem da população urbana vivendo em favelas, assentamentos informais ou moradias inadequadas	X		
Instalações	Habitação	Densidade populacional	Porcentagem da população da cidade que reside em zonas de média ou alta densidade populacional	X		
Instalações	Habitação	Gastos com moradia	Gastos de moradia (aluguel, hipoteca, serviços públicos, manutenção, reparos de eficiência energética e outros reparos) em relação à renda familiar total	X		

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Instalações	Habitação	Moradias sem títulos de propriedade registrados	Porcentagem de moradias sem títulos de propriedade registrados			X
Instalações	Habitação	População sem-teto	Número de pessoas sem-teto por 100.000 habitantes	X		
Instalações	Habitação	Programas e ações habitacionais	Dinheiro total alocado em programas habitacionais por habitante cadastrado em programas habitacionais	X		
Instalações	Mobilidade	Automóveis privados	Número de automóveis privados per capita	X		
Instalações	Mobilidade	Ciclovias e ciclofaixas	Quilômetros de ciclovias e ciclofaixas por 100.000 habitantes	X		
Instalações	Mobilidade	Eficiência do transporte viário	Tempo médio de viagem no período de pico/Tempo médio de viagem em fluxo livre		X	
Instalações	Mobilidade	Índice de urbanização das vias públicas	Porcentagem de domicílios urbanos em face de quadra com boca de lobo, pavimentação, meio-fio e calçada em relação ao total de domicílios	X		
Instalações	Mobilidade	Infraestruturas para pedestres	Comprimento de calçadas, ruas sem carros e ruas para moderação do tráfego (km) em relação à área total da cidade (km²)			X
Instalações	Mobilidade	Monitoramento do tráfego	Porcentagem de ruas principais monitoradas por TIC			X
Instalações	Mobilidade	Semáforos inteligentes	Porcentagem dos semáforos que são inteligentes	X		
Instalações	Mobilidade	Veículos de baixa emissão	Porcentagem de veículos registrados na cidade que são veículos de baixa emissão	X		

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Instalações	Urbanismo	Exposição sonora	Porcentagem de habitantes da cidade expostos a níveis de ruído acima dos limites de exposição internacionais / nacionais			X
Instalações	Urbanismo	Gestão da iluminação pública usando ICT	Porcentagem de postes de luz sob gestão automática usando TIC		X	
Instalações	Urbanismo	Plantio de árvores	Número de árvores plantadas anualmente por 100.000 habitantes	X		
Instalações	Urbanismo	Restauração do ecossistema no território da cidade	Despesa anual alocada à restauração do ecossistema no território da cidade como uma porcentagem do orçamento total da cidade	X		
Instalações	Urbanismo	Superfície de áreas verdes	Porcentagem do território municipal alocado para áreas verdes acessíveis ao público	X		
Meio ambiente	Meio Ambiente	Áreas naturais protegidas	Porcentagem da área da cidade sob proteção ambiental		X	
Meio ambiente	Meio Ambiente	Concentração de material particulado	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	X		
Meio ambiente	Meio Ambiente	Concentração de material particulado fino	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	X		
Meio ambiente	Meio Ambiente	Concentração de NO2 (dióxido de nitrogênio)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	X		
Meio ambiente	Meio Ambiente	Concentração de O3 (ozônio)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	X		

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Meio ambiente	Meio Ambiente	Concentração de SO ₂ (dióxido de enxofre)	µg/m ³	X		
Meio ambiente	Meio Ambiente	Emissão de gases de efeito de estufa	Toneladas per capita de emissões de gases de efeito de estufa	X		
Meio ambiente	Meio Ambiente	Exposição a campos magnéticos	Porcentagem da população exposta a campos magnéticos acima do recomendado			X
Meio ambiente	Meio Ambiente	Restauração de ecossistema	Território em restauração de ecossistema como uma porcentagem da área total da cidade		X	
Meio ambiente	Meio Ambiente	Sistemas de alertas públicos em tempo real sobre condições de qualidade do ar e da água	Porcentagem da população da cidade com acesso a sistemas de alertas públicos em tempo real sobre condições de qualidade do ar e da água			X
Saúde	Saúde	Consultas médicas realizadas remotamente	Porcentagem de consultas médicas realizadas remotamente em relação ao total de consultas realizadas		X	
Saúde	Saúde	Expectativa de vida	Expectativa média de vida	X		
Saúde	Saúde	Imunização	Porcentagem da população que está totalmente imunizada		X	
Saúde	Saúde	Leitos hospitalares	Número de leitos hospitalares por 100.000 habitantes	X		

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Saúde	Saúde	Mortalidade materna	Mortes de mulheres que ocorreram por causa de complicações advindas da gestação ou maternidade a cada 100.000 nascimentos	X		
Saúde	Saúde	Número de médicos	Número de médicos por 100.000 habitantes	X		
Saúde	Saúde	Número de profissionais de saúde mental	Número de profissionais de saúde mental por 100.000 habitantes	X		
Saúde	Saúde	Profissionais de enfermagem e obstetrícia	Número de pessoas da equipe de enfermagem e obstetrícia por 100.000 habitantes	X		
Saúde	Saúde	Prontuário eletrônico unificado	Porcentagem da população da cidade com prontuário eletrônico unificado, acessível on-line pelos provedores de serviços de saúde		X	
Saúde	Saúde	Surtos de doenças infecciosas	Número de surtos de doenças infecciosas por ano	X		
Saúde	Saúde	Taxa de mortalidade infantil	Taxa de mortalidade de crianças menores de cinco anos a cada 1.000 nascidos vivos	X		
Saúde	Saúde	Taxa de suicídio	Taxa de suicídio por 100.000 habitantes	X		

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Utilidades	Água	Abastecimento de água potável	Porcentagem da população da cidade com serviço de abastecimento de água potável	X		
Utilidades	Água	Acesso à fonte de água melhorada	Porcentagem da população com acesso sustentável a fontes de água melhoradas (água canalizada, torneira pública, furo ou bomba, poço protegido, nascente protegida ou água da chuva)	X		
Utilidades	Água	Atualizações e manutenção da infraestrutura de águas pluviais	Despesas anuais com atualizações e manutenção da infraestrutura de águas pluviais como uma porcentagem do orçamento total da cidade	X		
Utilidades	Água	Disponibilidade de medidores hídricos inteligentes	Porcentagem de medidores hídricos inteligentes em relação ao total de medidores hídricos			X
Utilidades	Água	Gestão do sistema de drenagem	Porcentagem de sistema de drenagem monitorado por TIC		X	
Utilidades	Água	Instalações de economia de água nos domicílios	Porcentagem de domicílios com instalações de economia de água			X
Utilidades	Água	Interrupção do abastecimento de água	Valor médio anual de horas de interrupção do abastecimento de água por domicílio	X		
Utilidades	Água	Perdas de água	Porcentagem de perdas de água (água não faturada)	X		

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Utilidades	Energia	Armazenamento da rede de energia	Capacidade de armazenamento da rede de energia, relativamente ao consumo total de energia da cidade			X
Utilidades	Energia	Disponibilidade de informações visualizadas em tempo real sobre o uso de gasolina	Porcentagem de usuários com informações em tempo real sobre uso e padrão de uso de gasolina			X
Utilidades	Energia	Disponibilidade de medidores elétricos inteligentes	Porcentagem de medidores elétricos inteligentes em relação ao total de medidores elétricos			X
Utilidades	Energia	Duração das interrupções de energia elétrica	Duração média das interrupções de energia elétrica (em horas)	X		
Utilidades	Energia	Economia de energia nas residências	Porcentagem de domicílios com instalações de economia de energia			X
Utilidades	Energia	Fontes renováveis de energia	Porcentagem da energia total proveniente de fontes renováveis em relação ao consumo total de energia da cidade			X
Utilidades	Energia	Gestão do fornecimento de eletricidade usando ICT	Porcentagem de subestações de energia e pontos de usuário sob inspeção automática usando ICT		X	

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Utilidades	Energia	Gestão do sistema de gás usando ICT	Porcentagem de sistemas de fornecimento de gás sob monitoramento automático usando TIC			X
Utilidades	Energia	Habitantes da cidade com fornecimento regular de energia elétrica	Porcentagem de habitantes da cidade com fornecimento regular de energia elétrica	X		
Utilidades	Energia	Número médio de interrupções de energia elétrica	Número médio de interrupções de energia elétrica por consumidor por ano	X		
Utilidades	Energia	Sistemas descentralizados de geração energética	Porcentagem da energia elétrica consumida na cidade produzida por meio de sistemas descentralizados de geração energética			X
Utilidades	Energia	Utilização de resíduos da cidade para geração energia	Porcentagem da quantidade total de resíduos da cidade empregada para gerar energia em relação ao total de resíduos		X	
Utilidades	Esgoto	Coleta de esgoto	Porcentagem de domicílios com coleta de esgoto	X		
Utilidades	Esgoto	Gestão do sistema de esgoto usando TIC	Porcentagem do sistema de esgoto monitorado usando TIC		X	
Utilidades	Esgoto	Reutilização de águas residuais	Porcentagem de águas residuais tratadas que é reutilizada	X		
Utilidades	Esgoto	Reutilização de biossólidos	Porcentagem de biossólidos que são reutilizados (massa de matéria seca)		X	

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Utilidades	Esgoto	Saneamento doméstico	Porcentagem de domicílios com acesso a instalações sanitárias de qualidade (descarga para o sistema de esgoto encanado, fossa séptica ou latrina de fossa; latrina de fossa melhorada ventilada; latrina de fossa com laje; banheiro de compostagem)	X		
Utilidades	Esgoto	Tratamento de esgoto	Porcentagem de esgoto coletado tratado	X		
Utilidades	Lixo	Coleta de resíduos sólidos	Porcentagem de domicílios com coleta de resíduos sólidos regular	X		
Utilidades	Lixo	Geração de resíduos perigosos	Geração de resíduos perigosos (toneladas) per capita	X		
Utilidades	Lixo	Reciclagem de resíduos elétricos e eletrônicos	Porcentagem de resíduos elétricos e eletrônicos da cidade que são reciclados		X	
Utilidades	Lixo	Reciclagem de resíduos plásticos	Porcentagem da quantidade total de resíduos plásticos reciclados na cidade	X		
Utilidades	Lixo	Reciclagem de resíduos sólidos urbanos	Porcentagem de resíduos sólidos urbanos que são reciclados	X		
Utilidades	Lixo	Reciclagem de resíduos urbanos perigosos	Porcentagem de resíduos urbanos perigosos que são reciclados	X		

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Utilidades	Lixo	Resíduos alimentares enviados a instalações de processamento para compostagem	Porcentagem de resíduos enviados a instalações de processamento para compostagem em relação ao total de resíduos coletados		X	
Utilidades	Lixo	Taxa de material recolhido pela coleta seletiva	Porcentagem de material recolhido pela coleta seletiva (exceto matéria orgânica) em relação à quantidade total coletada de resíduos sólidos domésticos	X		
Utilidades	Lixo	Tratamento de resíduos sólidos	Porcentagem de resíduos sólidos tratados (dispostos em aterros sanitários; queimado em área aberta; incinerados; disposto em um lixão aberto; reciclado; outros)	X		
Utilidades	Lixo	Utilização de sensores nas lixeiras públicas	Porcentagem das lixeiras públicas que são dotadas de sensores		X	
Utilidades	TI	Acesso doméstico à Internet	Porcentagem domicílios com acesso à internet (fixa ou móvel)	X		
Utilidades	TI	Casas com computador	Porcentagem domicílios com pelo menos um computador	X		
Utilidades	TI	Cobertura de Internet fornecida pelo município	Porcentagem da área da cidade coberta por conectividade à Internet fornecida pelo município		X	

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Utilidades	TI	Domicílios com um dispositivo móvel	Porcentagem de domicílios com pelo menos um smartphone ou similar	X		
Utilidades	TI	Ocorrências de inatividade da infraestrutura de TI da cidade	Número total de incidentes que causam interrupções de infraestrutura de TI			X
Utilidades	TI	Taxa de cobertura da rede de radiodifusão digital	Porcentagem de moradores cobertos por radiodifusão digital	X		
Utilidades	TI	Tempo de inatividade da infraestrutura de TI da cidade	Número de horas que a infraestrutura de TI da cidade não está disponível devido a um incidente dividido pelo número total de incidentes que causam interrupções de infraestrutura de TI			X
Utilidades	TI	Uso de internet pelos habitantes da cidade	Porcentagem de moradores usando internet	X		
Utilidades	TI	Zonas brancas/pontos mortos/não cobertas por conectividade de telecomunicações	Porcentagem de área da cidade sob uma zona branca/ponto morto/não coberta por conectividade de telecomunicações		X	

Tema	Subtema	Indicador	Descrição	Facilidade de implementação atual		
				Fácil	Médio	Difícil
Utilidades	Transporte	Disponibilidade de sistema online de compartilhamento de bicicletas / carros	Porcentagem da área de cidade coberta por sistemas de compartilhamento de bicicletas/carros			X
Utilidades	Transporte	Extensão da rede de transporte público	Extensão da rede de transporte público (km) por 100.000 habitantes	X		
Utilidades	Transporte	Frota de ônibus da cidade movida por sistemas limpos	Porcentagem da frota de ônibus da cidade movida por sistemas limpos	X		
Utilidades	Transporte	Informação em tempo real do transporte público	Porcentagem de paradas e estações de transporte público com informações de trânsito em tempo real disponíveis		X	
Utilidades	Transporte	Linhas de transporte público equipadas com sistema acessível ao público em tempo real	Porcentagem de linhas de transporte público equipadas com sistema acessível ao público em tempo real		X	
Utilidades	Transporte	Mortalidades de trânsito	Mortes de trânsito por 100.000 habitantes	X		
Utilidades	Transporte	Serviços de transporte público da cidade cobertos por um sistema de pagamento unificado	Porcentagem dos serviços de transporte público da cidade cobertos por um sistema de pagamento unificado		X	
Utilidades	Transporte	Uso do transporte público	Porcentagem de habitantes que utilizam o transporte público		X	