

João Vitor Souza Teixeira

Proposta de Indicadores de Smart City Sustentável: Estudo para Belo Horizonte-MG

Belo Horizonte
2020

João Vitor Souza Teixeira

Proposta de Indicadores de Smart City Sustentável: Estudo para Belo Horizonte-MG

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Sustentabilidade do Ambiente Construído da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Sustentabilidade do Ambiente Construído

Área de concentração: Sustentabilidade

Orientador: Renata Maria Abrantes Baracho

Belo Horizonte

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ARQUITETURA - EAUFMG
Rua Paraíba, 697 – Funcionários
30130-140 – Belo Horizonte – MG - Brasil

Telefone: (031) 3409-8823

FAX (031) 3409-8822

ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE MONOGRAFIA DO ALUNO *JOÃO VITOR SOUZA TEIXEIRA* COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE EM CIDADES, EDIFICAÇÕES E PRODUTOS.

Às 10 horas do dia 25 DE JUNHO 2020, reuniu-se teleconferência privada, devido ao COVID-19 , a Comissão Examinadora composta pela Professora Renata Maria Abrantes Baracho Porto Orientador-Presidente e pela Professora Roberta Vieira Gonçalves de Souza, designada pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos, para avaliação da monografia intitulada "PROPOSTA DE INDICADORES DE SMART CITY SUSTENTÁVEL: ESTUDO PARA BELO HORIZONTE - MG" de autoria do aluno **JOÃO VITOR SOUZA TEIXEIRA**, como requisito final para obtenção do Certificado de Especialista em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos. A citada Comissão examinou o trabalho e, por unanimidade, concluiu que a monografia atende às exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Curso, atribuindo ao trabalho o conceito A/96 . A Comissão recomenda que sejam encaminhados: 01 (hum) exemplar impresso para a Biblioteca da Escola de Arquitetura e 01(hum) exemplar digital ao Repositório da UFMG, após as correções sugeridas. Recomenda também publicação desta monografia.

Belo Horizonte 29 de junho de 2020

Professora **RENATA MARIA ABRANTES BARACHO PORTO**
Orientador-Presidente

Professora **ROBERTA VIEIRA GONÇALVES DE SOUZA**
Membro Titular

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos os profissionais da área de sustentabilidade que não se cansam de tentar provar para o mundo a importância deste tema.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me trazido até aqui, me capacitado e me dado forças para vencer cada barreira da minha estrada acadêmica e profissional.

Aos meus familiares por serem a razão de vencer as minhas lutas e o propósito para comemorar as minhas vitórias. Em especial minha mãe e minha irmã, com quem sempre debato minhas ideias.

Aos meus amigos que sempre me apoiam e acreditam em mim, em especial Saime Mansur e Larissa Boson que diretamente me ajudaram no presente estudo.

À academia, em especial à Universidade Federal de Minas Gerais, pela oportunidade de expandir meus conhecimentos e a minha mente e por todos os recursos fornecidos.

À minha orientadora Renata Baracho, por compartilhar seu vasto conhecimento do tema e pelas tão pertinentes sugestões, sempre com muito respeito e carinho.

Aos meus colegas de classe, em especial os que se tornaram amigos, pessoas as quais, não fosse por este curso, nunca teria tido a honra de conviver e trocar as experiências que trocamos juntos.

Aos meus amigos de profissão, em especial Adriel Palhares e Helena Trivellato, pessoas as quais admiro infinitamente.

“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana seja apenas outra alma humana”

Carl G. Jung

RESUMO

A crescente busca das pessoas pela moradia nas cidades tem trazido uma variedade de problemas, em áreas como a saúde, segurança, meio ambiente, recursos e infraestrutura. Frente a estes problemas, as governanças das cidades têm utilizado ferramentas para se tornarem inteligentes, pautadas no conceito mundialmente adotado de “Smart City”. Diante da falta de métricas para qualificar uma cidade como “smart” e o distanciamento das metodologias “smart” da qualidade de vida da população, o presente artigo analisa indicadores de “smart city” e de sustentabilidade e propõe um modelo funcional de indicador para uma cidade inteligente e sustentável, visando a melhoria da qualidade de vida de seus habitantes como principal fator. É realizado um estudo de caso com o município de Belo Horizonte, onde são analisados também os indicadores de qualidade de vida da cidade. Esta análise se deu através do compilado de indicadores propostos por especialistas da área e órgãos, separando-os por temas e determinando a relevância dos mesmos a partir da frequência de incidência do tema nos modelos. O modelo criado propõe, para cada tema, indicadores de smart city, sustentabilidade e qualidade de vida. Este modelo pode ser aperfeiçoado com a inserção de pesos aos temas e estudos que possam customizá-lo para a realidade de cada cidade. O fator qualidade de vida, porém, deve ser o principal direcionador para que as cidades avancem em tecnologia e sustentabilidade com o propósito de melhorar a experiência de vida dos seus habitantes.

Palavras-chave: Cidade Inteligente, Smart City, Sustentabilidade, Indicadores de Smart City, Indicadores de Sustentabilidade.

ABSTRACT

Due to increasing search for shelter in cities by the population, several problems arise in areas like health, safety, environment, resources and infrastructure. In the face of these problems, cities' governments have been using tools to become smart, within the worldwide accepted concept of Smart City. In light of the lack of metrics to qualify a city as smart, as well as smart methodologies' distancing from population life quality, the present paper intends to analyze smart city and sustainability indicators, in order to propose a functional index model for a smart sustainable city, in which improvement of citizens' life quality is the main factor. The city of Belo Horizonte was analyzed as a case study, where its life quality index were also taken into account. This analysis was made through the gathering of indicators proposed by field specialists and official organs, sorting them by theme and their relevance level from the frequency in which indicators appear on the models. The created model proposed, for each theme, indicators of smart city, sustainability and life quality. It can also be perfected by attributing weight to the themes and deeper studies that may customize it for each city's reality. Quality life, however, should be the main driver in order for cities to evolve in technology and sustainability with the purpose of improving their citizens living experience.

Keywords: Smart City, Sustainability, Smart City Indicators, Sustainability Indicators.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Proposta de Indicadores GIFFINGER | 26 |
| Tabela 2 - Proposta de indicadores COHEN..... | 29 |
| Tabela 3 - Proposta de Indicadores ALEXOPOULOS..... | 34 |
| Tabela 4 - Proposta de Indicadores da ISO 37120:2017 | 39 |
| Tabela 5 - Proposta de Indicadores de Qualidade de Vida | 45 |
| Tabela 6 - Análise de convergência de temas..... | 48 |
| Tabela 7 - Separação de temas por convergência..... | 49 |
| Tabela 8 - Prioridade dos temas | 49 |
| Tabela 9 - Análise de pontos positivos e negativos..... | 50 |
| Tabela 10 - Lista de Ações de Smart City de Belo Horizonte e Tema Relacionado.. | 52 |
| Tabela 11 - Divisão do indicador Smart City Sustentável para Belo Horizonte | 54 |
| Tabela 12 - Distribuição do nº de indicadores por tema | 56 |
| | |
| Figura 1 - Taxonomia proposta | 33 |
| Figura 2 - Apresentação do IQVU no site da PBH | 44 |
| Figura 3 -Esquema gráfico da análise dos indicadores..... | 53 |
| | |
| Gráfico 1 - Divisão dos Indicadores por Tema | 55 |
| Gráfico 2 - Distribuição de Indicadores por Tema | 57 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- BH** – Belo Horizonte
- BIM** – Building Information Model (Modelo de Construção de Informação)
- CO** – Óxido de Carbono
- GCIF** – Global City Indicators Facility (Centro de Indicadores da Cidade Global)
- IDH** – Índice de Desenvolvimento Humano
- IOT** – Internet of Things (Internet das Coisas)
- IQVU** – Índice de Qualidade de Vida Urbana
- ISO** – International Standardization Organization (Organização Internacional de Padronização)
- KOS** – Knowledge Organization System (Sistema de Organização de Conhecimento)
- ONU** – Organização das Nações Unidas
- PBH** – Prefeitura de Belo Horizonte
- PUC** – Pontifícia Universidade Católica
- SMPL** – Secretaria Municipal de Planejamento
- TC** – Technical Committee (Comitê Técnico)
- TIC** – Tecnologias de Informação e Comunicação

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 2. OBJETIVOS | 16 |
| 2.1. Geral | 16 |
| 2.2. Específicos..... | 16 |
| 3. JUSTIFICATIVA | 16 |
| 4. SMART CITY | 17 |
| 4.1. Internet das Coisas | 20 |
| 4.2. Big Data | 21 |
| 5. SMART CITIES E SUSTENTABILIDADE | 23 |
| 6. INDICADORES DE SMART CITY | 25 |
| 6.1. Modelo Ruddolf Giffinger..... | 25 |
| 6.2. Modelo Boyd Cohen..... | 28 |
| 6.3. Modelo Charalampos Alexopoulos..... | 32 |
| 7. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE E QUALIDADE DE VIDA..... | 37 |
| 7.1. ISO 37120:2014 e ABNT NBR ISO 37120:2017 | 39 |
| 7.2. Índice de Qualidade de Vida Urbana de Belo Horizonte, MG | 43 |
| 8. METODOLOGIA DE ANÁLISE DE INDICADORES | 47 |
| 9. PROPOSTA DE INDICADOR DE SMART CITY SUSTENTÁVEL PARA BELO HORIZONTE, MG | 54 |
| 10. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 58 |
| 11. REFERÊNCIAS | 60 |
| ANEXO I – Matriz de indicadores de Smart City Sustentável | 63 |

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, cerca de 55% (cinquenta e cinco por cento) da população mundial vive em áreas urbanas ou urbanizadas e estima-se que em 2050 este número passe para quase 70% (ONU, 2019). Isto significa que as cidades deverão se preparar para receber esta parcela da população, em termos de necessidades básicas como moradia, saúde, segurança, educação e meio ambiente, a fim de garantir qualidade de vida de seus cidadãos.

Com esta migração iminente, problemas sociais surgem em detrimento das atividades humanas que serão desenvolvidas, como por exemplo, a alteração do *layout* natural para acomodação da população migrante, a utilização de automóveis com emissões atmosféricas e outros, conforme corrobora Figueiredo (2018, p.11):

O aumento na frota mundial de automóveis, prevista para duplicar a expansão do território urbano de 260 a 420 milhões de hectares e a previsão de que a maior causa ambiental de mortalidade seja a poluição do ar são apenas alguns exemplos que apontam para a falência dos atuais paradigmas de crescimento urbano, incompatíveis com a sobrevivência de nossa espécie e do planeta.

A poluição do ar, da água e do solo, a falta de espaço físico para acomodação dos cidadãos, a desigualdade socioeconômica, aumento da criminalidade, exaustão de recursos naturais e tantos outros fatores socioambientais inerentes ao fenômeno supracitado serão uma realidade limitante para as cidades.

Frente a este cenário, as cidades e seus tomadores de decisão deverão encontrar formas inovadoras de organizar os seus recursos, a fim de minimizar ou mitigar estes impactos e promover a qualidade de vida dos habitantes. Concordante com esta fala, Alawadhi *et. al.* (2012, p.40), dizem:

Com o aumento da população urbana, os governos municipais devem gerenciar um número crescente de problemas técnicos, sociais, físicos e organizacionais que surgem das congregações complexas de pessoas em áreas espacialmente limitadas. A rápida urbanização cria uma urgência imperativa para as cidades encontrarem formas mais inteligentes para gerenciar os desafios que as acompanham – ex. congestionamentos de trânsito, poluição do ar, alta na taxa de crimes, dificuldades no

gerenciamento de resíduos, desperdício no consumo de energia e etc. (tradução nossa).¹

Para lidar com esta problemática, uma solução que se apresenta aos governantes, bem como aos cidadãos como um todo são os conceitos de *Smart Life*, *Smart Building* e *Smart City*, ou em traduções para o português: vida inteligente, prédios inteligentes e cidades inteligentes, respectivamente. Porém, antes de se conceber estes conceitos, é preciso entender a sua origem.

O primeiro aparato a receber a terminologia *Smart* surgiu na primeira década do século XXI, que viria a ser um dispositivo capaz de coletar, processar e transmitir dados de forma exponencialmente alta, ao que mais tarde seria dado o nome de *Smartphone*. Estes aparatos têm ainda um grande diferencial: estar ligados à internet. Ademais, podem produzir dados georreferenciados e que contém informações sobre seu usuário e seu meio, assim como aparelhos gps, *tablets* e semelhantes, o que, em conjunto, permitem ao usuário estar conectado interativamente com o ambiente ao seu redor (Figueiredo, 2018, p.40 e 51).

Os aparelhos inteligentes, então, subsidiam um estilo de vida democrático, conectado e informatizado. Segundo Figueiredo, 2018, p.51:

[...] Mais ainda que portátil, é um aparelho que o usuário deseja interagir de maneira constante onde quer que vá. Sua penetração tem sido massiva mesmo em países do sul global – o Brasil, por exemplo, termina 2017 tendo ultrapassado a marca de um smartphone ativo por habitante.

Para além da mera utilização destes “aparelhos inteligentes”, o conjunto dos mesmos começa a traçar para seu usuário uma “vida inteligente”, ou *Smart Life*.

O conceito de *Smart Life* se dá através do emprego de soluções tecnológicas e digitais que vão facilitar o cotidiano da sociedade e o planejamento de vida das pessoas. Exemplos desta temática seriam escolher o alimento que se quer dentro da geladeira sem ter que abri-la, gerenciar informações de planejamento de

¹ With the rise in urban populations, city governments are required to manage an escalating number of technical, social, physical, and organizational issues arising from complex congregations of people in spatially limited areas. Rapid urbanization creates an urgency and imperative for cities to find smarter ways to manage the accompanying challenges-e.g., traffic congestion, air pollution, high crime rate, difficulty in waste management, wasteful energy consumption, and so on.

alimentação com dietas e exercícios físicos e até permitir a solicitação de uma encomenda que seja entregue em horário otimizado de acordo com o trânsito (Baracho, *et. al.*, 2019, p.2). (tradução nossa).

Estas alternativas, entretanto, não podem ser empregadas isoladamente, uma vez que o sistema de informações deve conversar com outros atores para ser eficaz. Portanto, o próprio prédio onde o usuário de *Smart Life* reside, pode ser também utilizador de tecnologias “inteligentes”. Assim, surge o conceito de *Smart Building*, segundo Baracho *et.al.* (2019, p.2):

Construir um prédio inteligente é aplicar tecnologia informacional e sistemas inteligentes para alcançar eficiência, conforto aos usuários e sustentabilidade nas fases de projeto, construção e operação do ciclo de vida do edifício. (tradução nossa).²

Desta forma, pode-se inferir que a vida inteligente está diretamente ligada com a habitação do usuário, e que, quanto maior esta correlação, mais eficiente são as tecnologias informacionais. Como por exemplo, quando um usuário organiza sua demanda por compra de comida, conforme supracitado, um *Smart Building* poderia unir os pedidos de todos os seus usuários enviando para uma mesma loja, economizando recursos e otimizando a entrega (Baracho *et.al.*, p.3).

É importante também considerar a forma como estes prédios são construídos, uma vez que a operação dos mesmos é apenas uma etapa do seu ciclo de vida. Para controlar esses processos, trazendo à tona informações da planta, materiais, processo construtivo, regulação, utilização de energia e etc. pode ser utilizada uma ferramenta conhecida como Building Information Model, ou BIM (Baracho *et.al.*, 2019, p.2).

Uma das características de inteligência deste sistema está na capacidade de prever desperdícios na fase de construção de um edifício, tanto na obra em si quanto nos processos inerentes a ela, economizando tempo e dinheiro. Na fase de operação, o BIM pode contribuir para a instalação de formas inteligentes de controlar sistemas de

² To construct a smart building is to apply information technology and intelligent systems to achieve efficiency, comfort to users and sustainability in the project, construction and operation phases of the building lifecycle.

aquecimento e refrigeração, qualidade do ar, iluminação e acústica e outros, que visam o conforto do usuário e a sustentabilidade de sua moradia (Baracho *et.al.*, 2019, p.2).

Todas estas alternativas convergem de forma a gerar um cenário mais amplo e complexo que, agregando a inteligência desde o usuário, à sua edificação e à cidade onde está alocado, forma o conceito de *Smart City*. Esse conceito será amplamente abordado posteriormente nesta monografia.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Propor um sistema de indicadores de Smart City Sustentável para Belo Horizonte, MG.

2.2. Específicos

- Elucidar o conceito de Smart City;
- Discorrer sobre as ferramentas utilizadas nas Smart Cities;
- Relacionar Smart City e Sustentabilidade;
- Discorrer sobre indicadores de Smart City;
- Discorrer sobre indicadores de sustentabilidade;
- Desenhar um modelo de indicador de Smart City Sustentável para a cidade de Belo Horizonte;

3. JUSTIFICATIVA

O presente estudo é relevante por se tratar de um tema atual e evidente no mundo que á a busca das cidades pelo processo de Smart City.

Este estudo se justifica por ser uma revisão bibliográfica de produções de especialistas da área, bem como propõe uma estrutura de indicadores que podem ser empregados em estudos futuros e servir de subsídio para categorizar uma “Cidade Inteligente”.

Para a sociedade em geral, é extremamente importante abordar a problemática da relevância da qualidade de vida dos moradores das cidades enquanto as mesmas avançam tecnologicamente em busca de soluções inteligentes. O estudo analisa alguns projetos de Smart City e a qualidade de vida. A proposta de indicadores de Smart City Sustentável visa trazer subsídios para viabilizar a rela implementação.

Essa pesquisa aplicada pode ser base para aplicação de ferramentas e de desenvolvimento de produtos e ações voltadas para Smart City, o que é uma tendência de mundial.

4. SMART CITY

O conceito de Smart City ainda não foi definido como um padrão ao redor do mundo (Neirotti, 2014, p.25), portanto, faz-se necessário estudar os vários conceitos disseminados.:

Para Caragliu et.al., 2009 apud. Rizzon et.al., 2017, p.126, uma cidade pode ser considerada inteligente quando:

[...] Os investimentos em capital humano e social e a tradicional e moderna infraestrutura de TIC são impulsores do crescimento econômico sustentável, de uma elevada qualidade de vida e de uma gestão prudente dos recursos naturais através da governança participativa.

Para Zanella, Bui e Castellani, 2014, apud. Rizzon et.al., 2017, p.127:

O objetivo final de uma *smart city* é fazer um melhor uso dos recursos públicos, aumentando a qualidade dos serviços oferecidos aos cidadãos, enquanto reduz-se os custos operacionais da administração pública.

Para Washburn et.al. 2010, apud. Rizzon et.al., 2017, p.127:

Smart cities são cidades que fazem uso de tecnologia de computação inteligente para proporcionar serviços que são críticos para a cidade (administração pública, educação, saúde, segurança, imobiliário, transporte e utilitários) de forma inteligente, interconectada e eficiente.

Batty *et.al.* 2012, p.1, as caracteriza como: “uma cidade onde o TIC é fundido com infraestruturas tradicionais, coordenada e integrada usando novas tecnologias digitais”. (tradução nossa).³

Para Baracho *et.al.* 2019, p.2, as *smart cities* “usam informação e tecnologia física, combinados com internet das coisas (IOT), para otimizar a infraestrutura e tornar a cidade mais eficiente e apta a viver”. (tradução nossa).⁴

Muitas outras são as definições encontradas para o termo *Smart Cities*, porém o apanhado acima serve de base para identificar alguns aspectos principais destas cidades. Algo que é comum em todas as definições é o propósito de uma *Smart City* de melhorar a vida de seus habitantes.

Este aspecto deve ser o primordial na busca pelo desenvolvimento e por tornar as cidades mais inteligentes, porém, na busca por integrar, automatizar e deixar cada vez mais eficientes os processos intrínsecos a uma *Smart City*, o fator humano pode ser deixado de lado, de forma ao objetivo primordial da ferramenta não ser alcançado. Este cenário pode ser observado, por exemplo, na construção do bairro Songdo, próximo a Seul, na Coreia do Sul. O empreendimento custou 40 bilhões de dólares e conta com 40% de área verde, sistemas de tráfego automatizados, habitações com painéis digitais de consumo de água e energia e coleta de lixo por sistema pneumático. Todas estas características, porém, se traduziram em imóveis com preços altos e baixa taxa de ocupação. A cidade passou a ter ruas vazias (FIGUEIREDO, 2018, p.30).

Quando o fator humano é deixado de lado, através da negligência do urbanismo ou de outros fatores diretamente ligados à qualidade de vida – que não

³ A city in which ICT is merged with traditional infrastructures, coordinated and integrated using new digital Technologies.

⁴ Smart cities use information and physical technology, combined with Internet of Things, to optimize the city infrastructure and make the city more efficient and more livable.

necessariamente se traduzem em benefícios trazidos pela automação, informação e tecnologia – o conceito da cidade inteligente passa a perder o sentido. Comunga deste pensamento Figueiredo, 2018, p.30:

[...] Já o City fica cada vez mais relegado ao segundo plano à medida a discussão sobre a cidade, inicial e tradicionalmente de essência urbanística, se desloca para a seara da engenharia de sistemas e se afasta das questões propriamente urbanas.

O outro aspecto que é comum a todas as definições de *Smart City* é o uso das (TIC). Segundo Komninos *et.al.* 2015, *apud.* Baracho, 2019, p.2, dentro de uma cidade inteligente é “onde forças mercadológicas e planejamento estratégico se unem para construir redes de banda larga, sistemas urbanos operacionais, sistemas embutidos e *software*, todos os quais mudam o funcionamento e a vida nas cidades.” (tradução nossa).⁵

Baracho *et.al.*, 2019, caracterizaram este sistema de organização das informações interligadas como *Knowledge Organization System (KOS)*, ou Sistema de Organização de Conhecimento, que consiste em uma forma de organizar o complexo sistema de informações que deve ser empreendido em uma *Smart City*, bem como a interoperabilidade entre os sistemas. Para que a cidade tenha o direito de utilizar o termo “*Smart*” ou “Inteligente”, na tradução, é preciso que seus sistemas carreguem a capacidade de coletar, organizar e compartilhar dados, criando um ecossistema de informações que conecta a vida, os prédios e a cidade inteligente (BARACHO *et.al.* 2019).

Para dar vazão ao sistema supracitado, as cidades podem lançar mão de uma gama de ferramentas de tecnologia da informação. Estas tecnologias serão abordadas a seguir.

⁵ [...] wherein Market forces and strategic planning come together to build broadband networks, urban operational systems, embedded systems, and software, all of which change the functioning and life in cities.

4.1. Internet das Coisas

Para sustentar o sistema de conhecimento supracitado, é preciso utilizar de alguma ferramenta que permita a comunicação entre os dispositivos de uso doméstico com equipamentos externos pertencentes às habitações e às cidades inteligentes. Um conceito aplicado é a “Internet das Coisas”. Segundo Zanella, *et.al.*, 2014, p.22:

A Internet das Coisas é um paradigma de comunicação recente que vislumbra um futuro próximo, onde os objetos da vida cotidiana serão equipados com micro controles, transceptores de comunicação digital e pilhas de protocolos adequadas que permitirá a comunicação entre eles próprios e seus usuários, se tornando uma parte integral da Internet (tradução nossa).⁶

Este sistema pode ser utilizado em aparelhos domésticos, que por sua vez podem comunicar com veículos, câmeras de segurança, sensores de monitoramento e etc. As aplicações podem abranger automação residencial, sistema de saúde, gerenciamento de trânsito entre outros (ZANELLA, *et.al.*,2019).

Pode-se inferir, portanto, que a internet das coisas seria uma forma de coletar e conectar todos os dados possíveis de serem extraídos dos mais diversos sistemas de uma *Smart City*.

Zanella *et.al.* (2019) também abordam esta temática quando dizem: “[...] um campo tão heterogêneo de aplicações faz da identificação de soluções capazes de satisfazer as necessidades de todos os possíveis cenários um desafio formidável”.

Para compreender melhor como funciona esta ferramenta, vale estudar um case de uma cidade que empregou um Sistema Urbano de Internet das Coisas (Urban System of IOT), como é o caso da cidade de Padova, na Itália. Um dos sistemas implantados com sucesso em Padova foi um esquema de monitoramento de parâmetros ambientais, através de sensores implantados nos postes de iluminação pública. Esses sensores têm a capacidade de coletar dados de umidade,

⁶ The Internet of Things is a recent communication paradigm that envisions a near future, in which the objects of everyday life will be equipped with microcontrollers, transceivers for digital communication, and suitable protocol stacks that will make them able to communicate with one another and with the users, becoming an integral part of the Internet.

temperatura, vibrações, nível de CO₂, ruído e intensidade da luz. A “Internet das Coisas” aplicada a estes sensores permite a coleta de uma grande quantidade de dados que, por sua vez, apresentam uma vasta gama de oportunidades. Com este monitoramento ambiental, a administração do município pode, por exemplo, focar as suas ações de prevenção ao meio ambiente e mitigação dos impactos ambientais e na saúde de seus cidadãos, em áreas específicas, tendo uma espécie de indicador em tempo real para tomar estas decisões, assim podendo economizar recursos (ZANELLA, *et.al.*,2019).

Este é apenas um exemplo de como a internet das coisas pode funcionar. O mesmo sistema utilizado nos postes de luz poderia ser aplicado a diversos outros dispositivos urbanos e domiciliares coletando os mais diversos cenários de dados. Uma quantidade tão grande de dados extraídos, faz necessária a utilização de alguma ferramenta que possa compila-los, processá-los e transformá-los em informação útil para seus usuários.

4.2. Big Data

Esta ferramenta se apresenta como aliada das demais, atuando de forma a gerenciar a grande quantidade de dados gerados dentro de uma Smart City. Foi descrita por Ferlin e Rezende, 2019, p.179, como:

O termo Big Data começou a ser usado no final da década de 90, indicando a enorme quantidade de dados que estão sendo gerados todos os dias pelos diversos sistemas e equipamentos. De modo geral, pode-se dizer que Big Data é, essencialmente, tudo que é capturado ou gravado digitalmente pelas modernas TICs, tais como IoT (Internet of Things) (Combaneyre, 2015), redes de sensores, objetos e dispositivos "inteligentes", a internet e mídias sociais.

Para atingir seu propósito, o *Big Data* precisa contar com alguns fatores indispensáveis, descritos por Deloitte, 2015 *apud*. Ferlin e Rezende, 2019 como “três V’s”, sendo eles: volume, velocidade e variedade. Isso significa que esta ferramenta deve ser capaz de abarcar e armazenar a grande quantidade de dados que é gerada pelos dispositivos urbanos e domiciliares. A velocidade remete à coleta de dados em tempo real, em um alto fluxo de recebimento, que precisa ser processado

prontamente, enquanto a variedade diz respeito às várias formas em que estes dados podem ser coletados, como por exemplo, áudio, texto e outros.

Chen *et.al.*, 2014 *apud*. Ferlin e Rezende, 2019, ainda completaram os três V's com outros três, sendo eles, veracidade, ligado à necessidade de se poder confiar na integridade dos dados coletados, variabilidade, uma vez que as tecnologias de processamento estão em constante mudança e valor, que remete a como estes dados são avaliados perante a sua vantagem competitiva frente aos negócios.

Uma metodologia de processamento de dados altamente utilizada é a computação em “nuvem”, ou “*Cloud Computing*” que consiste em centros preparados para receber, processar e armazenar os dados.

Com o potencial de viabilizar a transformação em massa de dados em informação, esta ferramenta pode ser utilizada amplamente na tomada de decisões pelas governanças das *Smart Cities*, como elucida Hasem *et.al.*, 2016, p.748:

A análise de *Big data* pode ter um papel importante em possibilitar uma governança inteligente (Meijer&Bolivar, 2015;Willke, 2007). A organização ou agências com interesses comuns podem facilmente serem identificadas via análise de dados que podem levar a colaboração entre elas. Esta colaboração pode levar os países rumo ao desenvolvimento. Além disto, análises de *big data* podem ajudar os governos em estabelecer e implementar políticas satisfatórias pois elas já estão familiarizadas com as necessidades das pessoas em termos de saúde, auxílio social, educação e etc. Ademais, a taxa de desemprego pode ser reduzida através da análise de *big data* de diferentes institutos educacionais (tradução nossa).⁷

Na fala de Hasem, estão presentes alguns exemplos de como esta ferramenta pode atuar em prol da melhoria da saúde, educação e empregabilidade dos moradores de uma Cidade Inteligente, fatores que estão ligados diretamente à qualidade de vida dos moradores. Além disto outros fatores, como este, podem ser empregados, tais como a melhoria dos recursos financeiros e naturais, aliando o conceito Smart à Sustentabilidade das cidades.

⁷ Big data analytics can play an important role in enabling smart governance (Meijer&Bolivar, 2015;Willke, 2007). The organization or agencies with common interests can easily be identified via data analysis that can lead toward collaboration among them. This collaboration can lead countries toward development. Moreover, big data analytics can help governments establish and implement satisfactory policies because they are already familiar with the needs of the people in terms of health, social care, education, and so on. In addition, the ratio of unemployment can also be reduced by analyzing the big data of different educational institutes.

5. SMART CITIES E SUSTENTABILIDADE

Um dos intuitos de se criar ou adaptar uma cidade para se tornar inteligente, é atingir a sua sustentabilidade. O termo sustentabilidade, neste caso, pode embarcar uma série de fatores que, em equilíbrio, culminam na melhoria da qualidade de vida dos moradores, bem como na interação da mesma com o meio ambiente e na sua economia. Como elucidado por Baracho, 2019, p.2:

Cidade Inteligente abrange o conceito de Cidade Sustentável que se ergue pela união de desenvolvimento econômico alinhado com a conservação do meio ambiente. Utilização de recursos naturais, eficiência energética, hídrica, trabalhos, ar. Uso racional de materiais e tecnologias. O propósito de uma cidade sustentável inclui valores econômicos e sociais, erradicação da pobreza, fome zero, agricultura sustentável, saúde e bem estar, educação de qualidade, segurança hídrica e sanitária, energia limpa e acessível, trabalho, crescimento econômico, indústria, inovação, infraestrutura, redução das desigualdades (tradução nossa).⁸

A utilização das TICs – tecnologias de informação e comunicação, utilizadas com foco na sustentabilidade, podem trazer os aspectos citados acima por Baracho *et.al.* (2019). Um exemplo de uma *Smart City* planejada para ser totalmente sustentável é a cidade de Masdar, nos Emirados Árabes. O projeto da cidade, elaborado por Foster&Partners, em 2007, visava ser totalmente sustentável para uma população de cinquenta mil habitantes, além de ter zero emissões de carbono. Para tanto, a cidade foi projetada para a não utilização de carros individuais, que seria suprida por carros autônomos e transporte coletivo, não movidos a combustíveis fósseis. A compactação da cidade também visava permitir que as demandas da população fossem supridas sem a necessidade de veículos. As edificações foram projetadas para aproveitar o máximo da ventilação passiva e sombreamento, evitando o consumo de energia, que, por sua vez, deveria ser cem por cento, proveniente de fontes renováveis. Hoje, alguns ajustes tiveram que ser realizados no projeto, por exemplo, com a introdução de carros elétricos individuais e a eliminação da meta de carbono zero do projeto, visando adequar a cidade à realidade da sua população (FIGUEIREDO, 2018).

⁸Smart City encompasses the concept of a Sustainable City that arises from the union of economic development aligned with the conservation of the environment. Utilization of natural resources, energy efficiency, water, works, air. Rational use of material and technologies. The purposes of a sustainable city include social and economic values, eradication of poverty, zero hunger, sustainable agriculture, health and well-being, quality education, safe water and sanitation, accessible and clean energy, work, economic growth, industry, innovation, infrastructure, reduction of inequalities.

Com todas estas características, era de se esperar que uma cidade assim fosse o exemplo de utilização das ferramentas *Smart* para a sustentabilidade, porém, existe aqui uma dicotomia. A cidade totalmente autossustentável Masdar se mostrou inabitável pela população que não possui alto poder aquisitivo, uma vez que o preço do seu metro quadrado ficou alto. Assim, acabou abrigando em sua maioria cientistas, estudantes e funcionários de grandes empresas com operações instaladas lá, como a gigante Siemens, por exemplo (FIGUEIREDO, 2018).

De que adianta uma Cidade Inteligente ser totalmente sustentável se a mesma se torna inacessível para a população em massa? Ou ainda se todas as suas ferramentas não convergem para a qualidade de vida e bem estar da comunidade?

Sobre isto, Hasem *et.al.*, 2016, p.755 tem a dizer:

[...] Uma cidade inteligente sustentável pode usar o poder da internet das coisas e *big data* para melhorar seus serviços. O desafio nas cidades urbanas é reconhecer os benefícios de utilizar *big data* para melhorar a qualidade de vida dos seus cidadãos através da tomada de decisões otimizada bem como informação avançada e serviços ao cliente (Egineering, 2015) (tradução nossa).⁹

Concordando com a Hasem *et.al.* (2016), portanto, conclui-se que a qualidade de vida dos habitantes de uma *smart city* sustentável deve ser a prioridade, o que se apresenta como grande desafio. É possível coletar dados e informações, processá-los, compilá-los, integrá-los e automatizá-los para que o emprego de todas as tecnologias supracitadas possam impactar diretamente na melhoria dos indicadores de qualidade de vida.

É preciso compreender como são “medidas” estas ferramentas, ou seja, quais são as métricas empregadas para identificar os impactos na sustentabilidade das cidades e na vida humana de seus moradores. Pode-se então lançar mão dos indicadores, ferramentas disseminadas mundialmente que podem medir o quão “Inteligente” ou “Sustentável” uma cidade é. Sobre indicadores, vale ressaltar:

⁹ [...] A sustainable smart city can use the power of IoT and big data to improve its services. The challenge in urban cities is to recognize the benefits of using big data to improve the quality of life for its citizens through improved decision making as well as enhanced information and costumer services (Engineering, 2015).

Assim, um objetivo, ou ação, pode ser representado por meio de diversos tipos de dados. No entanto, de acordo com o nível de análise, essa representação por meio de uma grande quantidade de dados pouco ajuda no processo de tomada de decisão. Por este motivo, os indicadores têm a função de elementos de síntese, sendo considerados parâmetros representativos, concisos e fáceis de interpretar, usados para ilustrar as características principais do objeto de estudo (MOTTA, 1998; MAGALHÃES, 2004; NAHAS, 2006 apud. FERREIRA, 2011).

Conforme descrito nos objetivos, vários indicadores de *Smart Cities* e de Sustentabilidade são analisados, a fim de, posteriormente, propor um modelo funcional e que alie todos estes conceitos, visando prioritariamente a melhoria da qualidade de vida urbana.

6. INDICADORES DE SMART CITY

Pelo fato de não existir um conceito padronizado de *Smart City*, também inexistem um indicador global que determine o quanto uma cidade é “*Smart*” (BENAMROU, 2016). Portanto, especialistas e pesquisadores de todo o mundo analisam medidas já adotadas por cidades intituladas “*Smart Cities*” e tentam traçar indicadores efetivos frente à complexidade do tema.

A seguir serão explorados três modelos de indicadores de *Smart City*, os quais posteriormente servirão como base para a proposta fim do presente estudo.

6.1. Modelo Ruddolf Giffinger

O modelo de indicador proposto por Ruddolf Giffinger, em 2007, foi desenvolvido na Universidade de Viena através de uma análise das cidades de médio porte da Europa. O método utilizado é conhecido como *Benchmarking*, ou seja, ele utilizou de ações implementadas em cidades que notoriamente funcionavam para determinar os principais temas do seu indicador (BENAMROU, 2016).

A forma de traçar as métricas utiliza a premissa da padronização, ou seja, todos os valores são quantitativos e se encaixam em um parâmetro que vai de zero a um. Em seguida para ter o resultado de uma cidade é realizada uma média aritmética.

Os dados compilados foram coletados de diferentes bancos de dados, sendo os locais *Urban Audit* e *Espon 1.4.3 project* (local e regional), os regionais *Espon 1.2.1 project*, *Espon 1.2.1 project*, *Eurostat Database* e os nacionais *Various Eurobarometer special surveys* e *Study on creative industries in Europe*.

Na Tabela 1 são listados os temas, subtemas e indicadores propostos por GIFFENGER (BENAMROU, 2016).

Tabela 1 - Proposta de Indicadores GIFFENGER

| TEMA | SUBTEMA | INDICADOR |
|------------------------|---|--|
| Economia Inteligente | Espírito Inovador | Gastos em Pesquisa e Desenvolvimento em % do GPD |
| | | Taxa de emprego em setores de conhecimento intensivo |
| | | Patentes por habitante |
| | Empreendedorismo | Taxa de auto-emprego |
| | | Novos negócios registrados |
| | Imagem econômica e marcas registradas | Importância enquanto centro de tomada de decisões |
| | Produtividade | GDP por pessoa empregada |
| | Flexibilidade do mercado de trabalho | Taxa de desemprego |
| | | Proporção de empregos de meio-horário |
| | Incorporação Internacional | Empresas com sede na cidade e que tenham ações na bolsa nacional |
| | | Transporte aéreo de passageiros |
| | | Transporte aéreo de mercadorias |
| | Habilidade de transformação | - |
| Mobilidade Inteligente | Acessibilidade local | Rede de transporte público por habitante |
| | | Satisfação com o acesso ao transporte público |
| | | Satisfação com a qualidade do transporte público |
| | Acessibilidade internacional | Acessibilidade internacional |
| | Acessibilidade da infraestrutura ICT | Computadores em domicílios |
| | | Acesso a internet de banda larga em domicílios |
| | Transporte sustentável, inovador e seguro | Compartilhamento de mobilidade verde (tráfego individual não motorizado) |
| | | Segurança no trânsito |
| | | Uso de carros econômicos |

| | | |
|---|---------------------------------------|--|
| Meio Ambiente Inteligente | Atratividade de condições naturais | Horas de luz do sol |
| | | Espaço verde compartilhado |
| | Poluição | Smog de verão (Ozônio) |
| | | Material particulado |
| | | Doenças crônicas respiratórias fatais por habitante |
| | Proteção Ambiental | Esforço dos indivíduos em proteger a natureza |
| | | Opinião na proteção da natureza |
| | Gerenciamento sustentável de recursos | Uso eficiente de água (uso por GDP) |
| Uso eficiente de energia elétrica (uso por GDP) | | |
| Pessoas Inteligentes | Nível de qualificação | Importância enquanto centro de conhecimento (centros de pesquisa e universidades de ponta) |
| | | População qualificada no nível 5-6 do ISCED |
| | | Habilidades em língua estrangeira |
| | Afinidade com aprendizado vitalício | Empréstimos de livro por habitante |
| | | Participação em aprendizado vitalício em % |
| | | Participação em cursos de línguas |
| | Pluralidade social e étnica | Parcela de estrangeiros |
| | | Parcela de nascidos no exterior |
| | Flexibilidade | Porcentagem em ganhar um novo emprego |
| | Criatividade | Parcela de pessoas trabalhando em indústrias criativas |
| | Cosmopolitanismo e mente aberta | Parcela de votantes nas eleições (Europeias) |
| | | Ambiente amigável para imigração (atitude para com a imigração) |
| | | Conhecimento sobre a (União Europeia) |
| | Participação na vida pública | Parcela de votantes nas eleições municipais |
| | | Participação em trabalho voluntário |
| Vida Inteligente | Instalações culturais | Comparecimento aos cinemas por habitante |
| | | Visitas a museus por habitante |
| | | Comparecimento ao teatro por habitante |
| | Condições de saúde | Expectativa de vida |
| | | Camas de hospital por habitante |
| | | Médicos por habitante |
| | | Satisfação com a qualidade do sistema de saúde |
| | Segurança do indivíduo | Taxa de criminalidade |
| | | Taxa de morte por assalto |
| | | Satisfação com a segurança pessoal |
| | Qualidade das acomodações | Parcela de casas que atendem aos requisitos mínimos |

| | | |
|--|--------------------------|--|
| | | Média de área habitável por habitante |
| | | Satisfação pessoal com a situação de habitação |
| | Instalações educacionais | Estudantes por habitante |
| | | Satisfação com o acesso ao sistema educacional |
| | | Satisfação com a qualidade do sistema educacional |
| | Atratividade turística | Importância enquanto local turístico |
| | | Pernoites por ano e por habitante |
| | Coesão social | Percepção do risco pessoal de pobreza |
| | | Taxa de pobreza |
| | Governança Inteligente | Participação na tomada de decisões |
| Atividade política dos habitantes | | |
| Importância da política para os habitantes | | |
| Parcela de representantes mulheres na cidade | | |
| Serviços públicos e sociais | | Expansão do sistema de pagamento em perspectiva (PPS) do município por residente |
| | | Parcela de crianças na creche |
| | | Satisfação com a qualidade das escolas |
| Governança transparente | | Satisfação com a transparência da burocracia |
| | | Satisfação com a luta contra corrupção |
| Estratégias e perspectivas políticas | | - |

Fonte: BENAMROU, 2016.

6.2. Modelo Boyd Cohen

O modelo de indicadores proposto por Cohen é mais abrangente quando comparado a Giffenger por ter analisado cidades não só da Europa, mas também das Américas e Ásia (BENAMROU, 2016).

Para o cálculo dos parâmetros, ele utilizou uma fórmula capaz de nivelar todos os resultados independente de sua natureza (ex. porcentagem, toneladas, etc). Cada tema proposto pode receber o máximo de 15 pontos e quando comparadas diferentes cidades à luz de seu indicador, elas são ranqueadas por cada tema, ou seja, quanto mais temas tiverem pontuação próxima de 15, melhor se saem no ranking (BENAMROU, 2016).

Os bancos de dados utilizados apenas dados fornecidos pelas próprias cidades que se auto intitulam Smart e que estão interessadas em Benchmarking. As fontes são: *Siemens Green City Index, Innovation Cities Index, Global Metro Monitor 2012, Mercer's 2012 Quality of Living Survey Results e IDC rankings of smart cities in Spain*. Ademais, *Digital Governance in municipalities' worldwide study, The Brookings Institute and EU Startups, Membership in C40 Climate Leadership Group, City Data Sets-Data Catalogs, Membership in Local Governments for Sustainability, Carbon Disclosure Projects for Cities, Worldwide E-Governance Report* (BENAMROU, 2016).

A Tabela 2 elucida a proposta de indicadores do modelo COHEN.

Tabela 2 - Proposta de indicadores COHEN

| TEMA | SUBTEMA | INDICADOR | DESCRIÇÃO |
|---------------|----------------------------|--------------------------------------|--|
| Meio Ambiente | Edificações inteligentes | Prédios com certificação sustentável | Nº de edifícios na cidade com selos LEED ou BREEM |
| | | | % de edificações comercializadas com medidores inteligentes |
| | | | % de edificações comercializadas com sistemas automatizados |
| | | Casas inteligentes | % de casas multi e uni-familiares com medidores inteligentes |
| | Gerenciamento de recursos | Energia | % de energia derivada de fontes renováveis |
| | | | Total de energia utilizada nas residências per capita |
| | | | % da rede municipal de distribuição que atende os requisitos de smart grid |
| | | Pegada de carbono | Emissão de GEE em ton/capta |
| | | Qualidade do ar | Concentração de partículas finas no ar de 2.5 (ug/m ³) |
| | | Geração de resíduos | % do resíduo sólido da cidade que é reciclada |
| | Total do resíduo sólido do | | |

| | | | |
|------------|---------------------------------|---|---|
| | | | município coletado/capta (kg) |
| | | Consumo de água | % de prédios edificações comerciais com medidores de água inteligentes |
| | | | Total de consumo de água/capta (l/dia) |
| | Planejamento Urbano Inteligente | Planejamento de resiliência climática | A cidade tem um plano ou estratégia? |
| | | Densidade | Densidade populacional |
| | | Espaço verde/capta | Áreas verdes/100.000 m ² |
| Mobilidade | Transporte eficiente | Transporte com energia limpa | km de ciclovias por 100.000 m ² |
| | | | Nº de bicicletas compartilhadas/capita |
| | | | Nº de veículos compartilhados/capita |
| | | | Nº de estações de recarga veicular dentro da cidade |
| | Acesso multi-modal | Transporte público | Nº anual de viagens de transporte público/capita |
| | | | % de viagens em transporte não motorizado do total |
| | | | Sistema integrado de cobrança para transporte público |
| | Infraestrutura de tecnologia | Cartões inteligentes | % do total de renda para o transporte público obtido via cartão inteligente |
| | | | Acesso a informação em tempo real |
| | | % de luzes de trânsito conectadas a sistema de gerenciamento de tráfego em tempo real | |
| | | % de serviços de trânsito que oferecem informação em tempo real ao público | |
| | | Disponibilidade de app de trânsito multi-modal | |
| Governança | Serviços online | Procedimentos online | % de serviços públicos acessíveis via telefone ou |

| | | | |
|----------|-----------------------------|---|--|
| | | | website |
| | | Pagamento eletrônico de benefícios | Existência de pagamentos eletrônicos de benefícios |
| | Infraestrutura | Cobertura Wifi | Nº de hotspots de wifi por km² |
| | | Cobertura de Banda Larga | % de usuários residenciais e comerciais com velocidade de download de no mín. 2 Mbit/s |
| | | | % de usuários residenciais e comerciais com velocidade de download de no mín. 1 gigabit/s |
| | | Cobertura sensorial | Nº de infraestruturas com sensor instalado |
| | | Operações de saúde+segurança integradas | Nº de serviços integrados em um centro de operações com dados em tempo real |
| | Governo aberto | Dados abertos | Uso de dados abertos |
| | | Apps abertos | Nº de apps disponíveis baseados nos dados abertos |
| | | Privacidade | Existência de política de privacidade municipal para proteção da confidencialidade de dados do indivíduo |
| Economia | Inovação e Empreendedorismo | Novas startups | Nº de novas oportunidades para startups/ano |
| | | Pesquisa e Desenvolvimento | % do GDP investido em pesquisa e desenvolvimento no setor privado |
| | | Níveis de emprego | % de pessoas em emprego integral |
| | | Inovação | Índice de cidade inovadora |
| | Produtividade | GRP/capita | Produto regional bruto/capita |
| | Conexão local e global | Exportações | % do GRP baseado nas tecnologias de exportação |
| | | Eventos internacionais sediados | Nº de comparecimentos em congressos e feiras internacionais |
| Pessoas | Inclusão | Domicílios conectados à internet | % de domicílios conectados à internet |

| | | | |
|--------------------------------|---------------------|---|--|
| | | Penetração de smartphones | % de residentes com acesso a smartphones |
| | | Engajamento cívico | Participação eleitoral na última eleição municipal |
| | Educação | Educação secundária | % de estudantes que completaram o ensino médio |
| | | Graduados na universidade | Nº de diplomas de graduação/100.000 habitantes |
| | Criatividade | Imigrantes estrangeiros | % da população nascida em país estrangeiro |
| | | Laboratório de vida urbana | Nº de laboratórios de vida ENOLL registrados |
| Empregos da indústria criativa | | % da força laboral engajada em indústrias criativas | |
| Vida | Cultura e bem estar | Condições de vida | % de habitantes com alguma deficiência de acomodação |
| | | Índice Gini | Coeficiente de desigualdade Gini |
| | | Ranking de qualidade de vida | Ranking Mercer no mais recente levantamento de qualidade de vida |
| | | Investimento em cultura | % do orçamento municipal investido em cultura |
| | Segurança | Crime | Taxa de crimes violentos/100.000 habitantes |
| | | Prevenção inteligente ao crime | Nº de tecnologias usadas para assistir à prevenção do crime |
| | Saúde | Histórico de saúde do indivíduo | % de indivíduos com históricos de saúde unificados |
| | | Expectativa de vida | Média de expectativa de vida |

Fonte: BENAMROU, 2016

6.3. Modelo Charalampos Alexopoulos

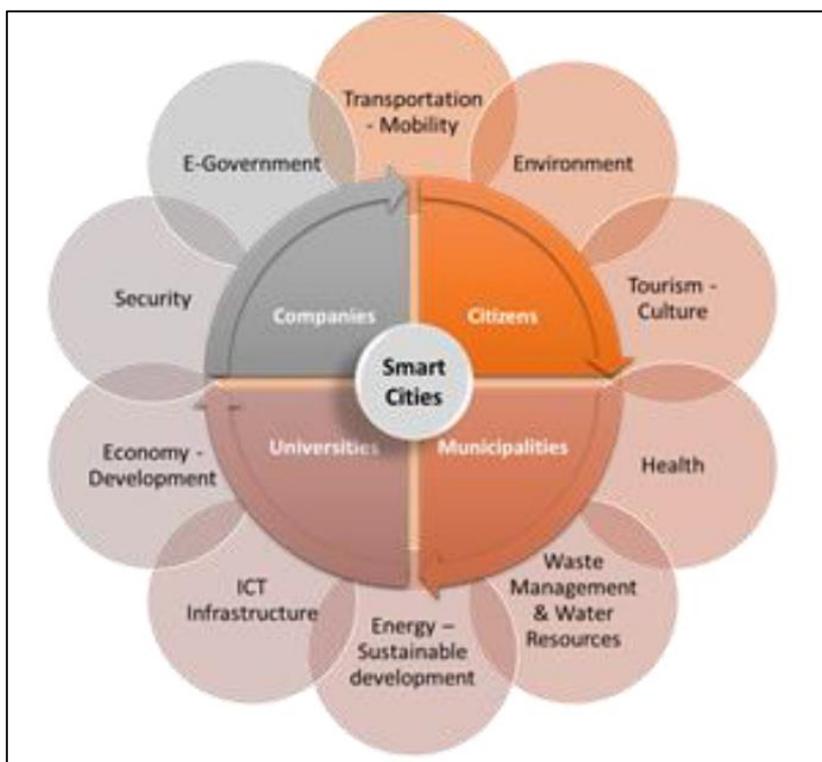
O modelo proposto por Charalampos Alexopoulos utilizou um método de análise das iniciativas adotadas pelas cidades auto intituladas “inteligentes” ao redor do mundo. O método se baseou na análise de artigos publicados, dados estatais e comerciais e legislações. Os bancos de dados foram extraídos dos domínios (Google Scholar, Scopus, SpringerLink, Science Direct, IEEEExplore, ACM Digital Library), usando as

palavras-chave “Smart Cities”, “Smart Cities Actions”, “Smart Cities Implementation”, “Smart Cities Developments” e “Smart Cities Taxonomy”. Ademais, foram ainda pesquisados sites municipais e de empresas voltadas para a implantação de cidades inteligentes (ALEXOPOULOS, et.al., 2019).

Com a participação de sete especialistas em *Smart Cities*, eles desenvolveram um *framework* em dois níveis, sendo o primeiro a determinação de um conceito de *Smart City* através da análise de vários autores publicados, bem como a identificação dos temas prioritários para o indicador. O segundo nível foi a análise de uma taxonomia – ou técnica de classificação - que contemplava a pesquisa de ações adotadas por quarenta e duas cidades estudadas (ALEXOPOULOS et. al., 2019).

A Figura 1 elucida os temas presentes na Taxonomia proposta por ALEXOPOULOS et.al. (2019)

Figura 1 - Taxonomia proposta



Fonte: ALEXOPOULOS et.al., 2019.

A Tabela 3 mostra a estrutura dos indicadores propostos pelos autores.

Tabela 3 - Proposta de Indicadores ALEXOPOULOS

| TEMA | INDICADOR |
|---|---|
| Infraestrutura e ICT | Implementação de wifi grátis em locais e prédios públicos |
| | Implementação de rede de fibra ótica |
| | Infraestrutura de Centrais de coleta e armazenamento de dados para sensores de IOT |
| | <i>Upgrade</i> de <i>hardware</i> e <i>software</i> para Departamentos Municipais com <i>Backoffices</i> altamente eficientes |
| | Departamentos municipais com sistemas de gerenciamento de trâmites de documentos eletrônicos |
| | Quiosques de informações para cidadãos e visitantes |
| | Instalação de painéis eletrônicos com informações em tempo real (ex. temperatura, notícias, etc.). |
| | Fibra para redes domésticas |
| Meio Ambiente | Instalação de sensores de medição de radiação eletromagnéticos |
| | Instalação de sensores de medição de ruído |
| | Instalação de sensores de medição da qualidade do ar |
| | Instalação de sensores de medição de pluviometria |
| | Instalação de sensores de medição de micropartículas na atmosfera |
| | Instalação de sensores de medição de iluminação |
| | Instalações sismográficas |
| | Instalação de sensores de medição de Rádion |
| Trânsito e Mobilidade | Instalações para otimização do gerenciamento de tráfego em tempo real utilizando aplicações especializadas |
| | Uso de sistemas inteligentes para movimento seguro nas faixas de pedestre |
| | Pontos de ônibus inteligentes (ex. marcação de chegada de ônibus online) |
| | Instalação de sensores em meios de transporte ou rodovias para monitoramento do trânsito |
| | Placas informativas inteligentes de condições de trânsito |
| | Sensores de estacionamento para orientar os motoristas sobre disponibilidade de vagas |
| | Aplicativos para traçar rotas de ciclistas e realizar reports |
| | Gerenciamento de frota de veículos |
| Sistema automatizado para bicicletas públicas | |

| | |
|---|---|
| Saúde | Implementação de sistema de tele monitoramento do sistema de saúde para apoio a grupos vulneráveis (ex. PCD, Alzheimer, etc.). |
| | Implementação de sistemas de tele medicamentos nos cidadãos para mensuração de indicadores-chave (ex. pressão, glicose, etc.) e históricos incorporando conselhos dos médicos dos hospitais e clínicas. |
| | Implementação de aplicativos para monitoramento remoto de pacientes em áreas rurais isoladas |
| | Estabelecimento de Centro de Saúde Municipal |
| Gerenciamento de Resíduos e Recursos Hídricos | Sistema <i>online</i> de monitoramento da qualidade da água potável |
| | Sistema <i>online</i> de monitoramento de possíveis vazamentos na rede de distribuição de água |
| | Sistema <i>online</i> de monitoramento para detecção imediata de possíveis vazamentos de água em canais fechados ou tanques de irrigação |
| | Ações de encorajamento e informação de cidadãos via tele-educação sobre reciclagem |
| | Sistema de monitoramento e gerenciamento <i>online</i> de bombas e estações de exploração de água |
| | Sistema de gerenciamento ponta-a-ponta de irrigação com controle de barragens, bombas e controle do fluxo de água nos canais de distribuição. |
| | Sistema <i>online</i> de gerenciamento de <i>containers</i> de resíduos (com sensores de ocupação) e gerenciamento de frota de coleta de resíduos (GPS) |
| | Sistema de suporte a tomada de decisões acerca de gerenciamento sustentável de água |
| | Aplicativos de vigilância para unidades (de processamento) e tratamento de esgoto |
| | Coleta online de dados de hidrômetros |
| Energia e Desenvolvimento Sustentável | Instalação fotovoltaica para prédios municipais |
| | Construção de fazendas eólicas |
| | Economia de energia em prédios públicos através da otimização das envoltórias com fachadas isoladas e intervenção integrada com sistemas de resfriamento-aquecimento. Sistema de gerenciamento de energia |
| | Economia de energia na iluminação das vias e espaços públicos do município (ex. substituição de lâmpadas convencionais por LED com sistema remoto de controle). Iluminação inteligente. |

| | |
|----------------------------|--|
| | Ações de tele-educação pra os cidadãos acerca de economia de energia |
| | Mensuração do consumo de combustível nos veículos de transporte municipais visando a redução do consumo através do redirecionamento para rotas mais apropriadas (gerenciamento de frota) |
| | Medidores inteligentes de consumo de energia |
| | Sistemas fotovoltaicos em áreas públicas |
| | Sistemas inteligentes de tomadas |
| Turismo e Cultura | <i>Design</i> e criação de infraestrutura cultural e sistema de gerenciamento de agentes com relatórios detalhados e promoção via site do município |
| | Desenvolvimento de guia eletrônico de turismo local |
| | Desenvolvimento de aplicativos de conteúdo turístico para celulares |
| | Proteção, promoção e melhoria de museus, galerias, monumentos, cavernas, sites históricos e arqueológicos através de tours virtuais |
| | Digitalização de conteúdo de museus para criar uma pegada cultural digital |
| | Museu digital para exposições naturais e culturais do município (mesmo se localizadas em outro lugar) |
| Economia e Desenvolvimento | Ações promovendo o empreendedorismo no <i>site</i> do município |
| | Ações de reforço, promoção e venda de produtos locais pelo site do município |
| | Ações de contratações via <i>site</i> municipal |
| | Ações inovadoras de suporte à agricultura de alta tecnologia (ex. agricultura de precisão em campos do município) |
| | Promoção de atividades tecnológicas de inovação via <i>site</i> municipal |
| | Serviços de consulta interativa para jovens empreendedores em plataforma <i>web</i> do município |
| | Plataforma de competição <i>crowdsourcing</i> |
| Segurança | Sistema de alerta rápido e resposta a incêndios |
| | Ações e planos de proteção de cidadãos em emergências (ex. enchente, terremoto) |
| | Providências de guarda de prédios e instalações públicas |
| | Monitoramento das condições climáticas (previsão do tempo) para fins de agricultura |

| | |
|--------------|---|
| E-Government | Aplicativo de voto eletrônico (<i>e-voting</i>) para questões municipais |
| | Aplicativo para consulta eletrônica em decisões e planos importantes (planos de negócios, projetos técnicos, etc.). |
| | Coleta de assinaturas eletrônicas para questões importantes para os cidadãos |
| | Conversão de serviços públicos para online visando acessibilidade a todos os cidadãos via site municipal |
| | Desenvolvimento de aplicativos para solicitações e reclamações dos cidadãos |
| | Sistema de monitoramento <i>online</i> de quórum de reuniões do município |
| | Acesso livre a dados abertos para uso de outras agências públicas ou indivíduos |
| | Aplicativos GIS para construções de prédios urbanos (áreas adequadas para construção, uso do solo e etc.). |
| | Cenário de Provisão da implementação de Serviços Governamentais online |

Fonte: ALEXOPOULOS et al, 2019.

7. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE E QUALIDADE DE VIDA

A fim de sanar a dicotomia supracitada do impacto negativo das Cidades Inteligentes na manutenção da qualidade de vida dos seus habitantes, faz-se necessária a análise de alguns indicadores de Sustentabilidade e Qualidade de Vida.

Apesar da temática de sustentabilidade ser mais abrangente, envolvendo o crescimento econômico, a saúde e o meio ambiente, por exemplo, os indicadores de sustentabilidade também devem priorizar a qualidade de vida da comunidade sob análise, conforme corrobora a fala de COUTINHO, MALHEIROS e PADILHA (2009):

Um indicador de sustentabilidade deve refletir a eficiência, suficiência, equidade e qualidade de vida de uma determinada sociedade, não bastando apenas medidas de crescimento econômico, de modo a garantir o acesso à boa qualidade de vida às futuras gerações.

Os primeiros indicadores de Desenvolvimento Sustentável surgiram através de uma pesquisa ampla de especialistas da área acerca de ações sobre o tema que

estavam em andamento ao redor do mundo. Esta pesquisa se deu na Fundação de Estudos Rockefeller em Bellagio, na Itália, no ano de 1996. A iniciativa foi fundamentada nos estudos de Brunthland e Agenda 21, que manifestavam a importância de métricas para a medição do Desenvolvimento Sustentável (FERREIRA, 2011).

Surgiram assim os princípios de Bellagio, que seriam diretrizes para a criação de indicadores de sustentabilidade. Este princípio lista que esses indicadores devem ter uma visão direcionada e objetivos claros, além de perspectiva holística, alguns elementos essenciais, como equidade, pobreza, direitos humanos e outros. Deve ainda ser observado seu escopo e terem um foco prático (FERREIRA, 2011).

Não obstante, os princípios de Bellagio ainda contemplam a comunicação efetiva, a participação das diversas áreas da sociedade e a delimitação das responsabilidades de cada e ainda uma avaliação constante para determinação de tendências (FERREIRA, 2011).

Concordante com a importância de indicadores de sustentabilidade que tenham como premissa a qualidade de vida dos cidadãos, Veiga (2010) apud. Ferreira, 2011, p.31, propõe:

(...) a criação de indicadores de sustentabilidade que possibilitem a avaliação simultânea da qualidade de vida (englobando o fator felicidade), o desempenho econômico (substituindo o PIB, por uma medida de renda domiciliar disponível) e a resiliência do ecossistema.

Serão, portanto, analisados a seguir dois importantes indicadores, sendo o primeiro de Sustentabilidade, proposto pela Organização Internacional de Padronização (ISO) e o segundo específico do município de Belo Horizonte, MG, objeto de estudo de caso do presente artigo.

7.1. ISO 37120:2014 e ABNT NBR ISO 37120:2017

A ISO 37120:2017 foi desenvolvida através de uma iniciativa que reuniu nove cidades parceiras, localizadas no Brasil, Canadá, Colômbia e EUA, cujos dados coletados serviram como base para a estruturação do indicador (Tabela 4). O principal responsável pelo processamento dos dados foi o Centro de Indicadores da Cidade Global (*Global City Indicators Facility*) – GCIF, parte integrante da Universidade de Toronto, no Canadá (COUTO, 2018).

Foi criada, então, a rede GCIF, que conta com mais de 200 cidades compartilhando seus indicadores e conhecimentos, identificando oportunidades de melhoria e aprendizado. Criou-se, pela ISO, o Comitê Técnico – TC 268, que foi responsável pelo desenvolvimento do método de padronização dos indicadores (COUTO, 2018).

Três anos depois, em 2017, foi desenvolvida a ISO 37120 na versão traduzida e adaptada para o Brasil, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (SINICESP, 2017 apud. COUTO, 2018).

A Tabela 4 lista os indicadores da ISO 37120:2017.

Tabela 4 - Proposta de Indicadores da ISO 37120:2017

| TEMA | INDICADOR |
|----------|---|
| Economia | Taxa de desemprego da cidade |
| | Valor avaliado das propriedades comerciais e industriais como porcentagem do total de todas as propriedades |
| | Porcentagem da população da cidade vivendo na pobreza |
| | Porcentagem de pessoas empregadas em tempo integral |
| | Taxa de desemprego dos jovens |
| | Número de negócios por 100.000 habitantes |
| | Número de novas patentes registradas por 100.000 habitantes por ano |
| Educação | Porcentagem de população feminina em idade escolar matriculada em escolas |
| | Porcentagem de estudantes completando a educação primária: taxa de sobrevivência |
| | Porcentagem de estudantes completando a educação secundária: taxa de sobrevivência |

| | |
|-----------------------------------|---|
| | Razão entre estudantes de educação primária/professor |
| | Porcentagem de população masculina em idade escolar matriculada em escolas |
| | Porcentagem de população em idade escolar matriculada em escolas |
| | Número de indivíduos com ensino superior por 100.000 habitantes |
| Energia | Uso de energia elétrica residencial per capita (kWh/ano) |
| | Porcentagem de habitantes da cidade com fornecimento regular de energia elétrica |
| | Consumo de energia de edifícios públicos por ano (kWh/m ²) |
| | Percentual de energia total derivada de fontes renováveis, como parte do consumo total de energia da cidade. |
| | Total de uso de energia elétrica per capita (kWh/ano) |
| | Média de interrupções de eletricidade por usuário por ano |
| | Média de duração de interrupções de eletricidade (em horas) |
| Meio Ambiente | Concentração de material particulado fino (PM2.5) |
| | Concentração de material particulado (PM10) |
| | Emissão de gases de efeito estufa medido em toneladas per capita |
| | Concentração de NO ₂ (dióxido de nitrogênio) |
| | Concentração de SO ₂ (dióxido de enxofre) |
| | Poluição sonora |
| | Variação percentual em número de espécies nativas |
| Finanças | Taxa de endividamento (expansão do serviço da dívida como uma porcentagem da receita própria do município) |
| | Despesas de capital como porcentagem de despesas totais |
| | Porcentagem da receita própria em função do total das receitas |
| | Porcentagem dos impostos recolhidos em função dos impostos cobrados |
| Respostas a incêndio e emergência | Número de bombeiros por 100.000 habitantes |
| | Número de mortes por incêndio por 100.000 habitantes |
| | Número de mortes relacionadas a desastres naturais por 100.000 habitantes |
| | Número de voluntários e bombeiros de meio período por 100.000 habitantes |
| | Tempo de resposta para serviços de emergência a partir da ligação inicial |
| | Tempo de resposta do corpo de bombeiros a partir da ligação inicial |
| Governança | Porcentagem de participação dos eleitores nas últimas eleições municipais em função do total de eleitores aptos a votar |
| | Porcentagem de mulheres eleitas em função do número total de eleitos na gestão da cidade |
| | Percentual de mulheres empregadas no corpo de trabalho da governança |

| | |
|----------------------------|---|
| | municipal |
| | Número de condenações por corrupção e/ou suborno por oficiais municipais por 100.000 habitantes |
| | Representação dos cidadãos: Número de funcionários locais eleitos para cargos públicos por 100.000 habitantes |
| | Número de eleitores registrados como percentual dos eleitores com idade para votar |
| Saúde | Média de expectativa de vida |
| | Número de camas de hospitais por 100.000 habitantes |
| | Número de médicos por 100.000 habitantes |
| | Mortalidade de menores de idade por 100.000 nascidos vivos |
| | Número de profissionais de enfermagem e obstetrícia por 100.000 habitantes |
| | Número de profissionais de saúde mental por 100.000 habitantes |
| | Taxa de suicídio por 100.000 habitantes |
| Recreação | Metros quadrados em espaços fechados de recreação per capita |
| | Metros quadrados em espaços abertos de recreação per capita |
| Segurança | Número de oficiais da polícia por 100.000 habitantes |
| | Número de homicídios por 100.000 habitantes |
| | Crimes contra propriedades por 100.000 habitantes |
| | Tempo de resposta da polícia a partir da ligação inicial |
| | Taxa de crimes violentos por 100.000 habitantes |
| Habitação | Percentual da população vivendo em favelas |
| | Número de desabrigados por 100.000 habitantes |
| | Percentual de domicílios que existem sem documentação legal |
| Resíduos Sólidos | Percentual da população com coleta regular de resíduos sólidos residenciais |
| | Total de coleta de resíduos sólidos municipais per capita |
| | Percentual do resíduo sólido do município que é reciclado |
| | Percentual do resíduo sólido do município disposto em aterros sanitários |
| | Percentual do resíduo sólido do município destinado para incineração |
| | Percentual do resíduo sólido do município queimado a céu aberto |
| | Percentual do resíduo sólido do município disposto a céu aberto |
| | Percentual do resíduo sólido do município destinado a outros meios |
| | Geração de resíduo perigoso per capita |
| | Percentual de resíduo perigoso reciclado |
| Inovação e Telecomunicação | Número de conexões de internet por 100.000 habitantes |
| | Número de conexões celulares por 100.000 habitantes |
| | Número de conexões de telefonia fixa por 100.000 habitantes |
| Transporte | Quilômetros de sistema de transporte público de alta capacidade por |

| | |
|---------------------|---|
| | 100.000 habitantes |
| | Quilômetros de sistema de transporte público de poucos passageiros por 100.000 habitantes |
| | Número anual de viagens de transporte público per capita |
| | Número de automóveis pessoais per capita |
| | Percentual de viajantes utilizando formas de viagem que não seja veículo pessoal |
| | Número de veículos motorizados de duas rodas per capita |
| | Quilômetros de ciclovias por 100.000 habitantes |
| | Fatalidades em transporte por 100.000 habitantes |
| | Conectividade aérea comercial (número de destinações aéreas comerciais sem paradas) |
| Planejamento Urbano | Área verde (hectares) por 100.000 habitantes |
| | Número anual de árvores plantadas por 100.000 habitantes |
| | Área de abrigos informais como percentual da área total da cidade |
| | Razão de empregos/domicílio |
| Esgoto | Percentual da população servida por coleta de esgoto |
| | Percentual do esgoto municipal não tratado |
| | Percentual do esgoto municipal que recebe tratamento primário |
| | Percentual do esgoto municipal que recebe tratamento secundário |
| | Percentual do esgoto municipal que recebe tratamento terciário |
| Água e Saneamento | Percentual da população com serviço de abastecimento de água potável |
| | Percentual da população com acesso a serviços sustentáveis de mananciais otimizados |
| | Percentual da população com acesso a saneamento otimizado |
| | Consumo residencial total de água per capita (litros/dia) |
| | Consumo total de água per capita (litros/dia) |
| | Média anual de interrupção do serviço de água por domicílio |
| | Percentual de perda de água (água não contabilizada) |

Fonte: ISO, 2017.

Quando analisados os indicadores de *smart city* e os de sustentabilidade apresentados pelas ISOs, é possível identificar uma sinergia de temas, bem como uma complementação dos mesmos, o que trás importância para a norma na concepção das cidades inteligentes, conforme afirma Sabri, et.al.:

(...) a norma ISO 37120 como peça importante para o planejamento de cidades inteligentes (*smart cities*), visto que para a obtenção de diversas informações que compõem os indicadores é necessária a utilização de

dados geoespaciais e outras tecnologias inteligentes. Outro ponto levantado pelos autores é o uso da inovação para integrar os dados geoespaciais aos dados de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) (SABRI et.al., 2015 apud. COUTO, 2018, p.25)

A cidade de Belo Horizonte caminha no sentido de se tornar uma cidade inteligente, aplicando ações e ferramentas para tal. Sua Prefeitura, pensando na temática da sustentabilidade, desenvolveu um indicador que mede a qualidade de vida de seus moradores, o qual será apresentado a seguir.

7.2. Índice de Qualidade de Vida Urbana de Belo Horizonte, MG

O Índice de Qualidade de Vida Urbana, desenvolvido pela Prefeitura de Belo Horizonte, é previsto em seu Plano Diretor, na Lei nº 7.165/1996, que determina que deveria ser criado um índice “regionalizado, destinado a monitorar e avaliar a qualidade de vida dos munícipes” (PBH, 2018, p.9).

Os responsáveis pela discussão que gerou o IQVU foram os pesquisadores da Pontifícia Universidade Católica de Minas Geras – PUC MINAS e técnicos e gestores da Secretaria Municipal de Planejamento – SMPL de Belo Horizonte. O objetivo da discussão era o desenvolvimento de ferramentas que trouxessem mais assertividade na tomada de decisões para distribuição das verbas municipais para o orçamento participativo (PBH, 2018).

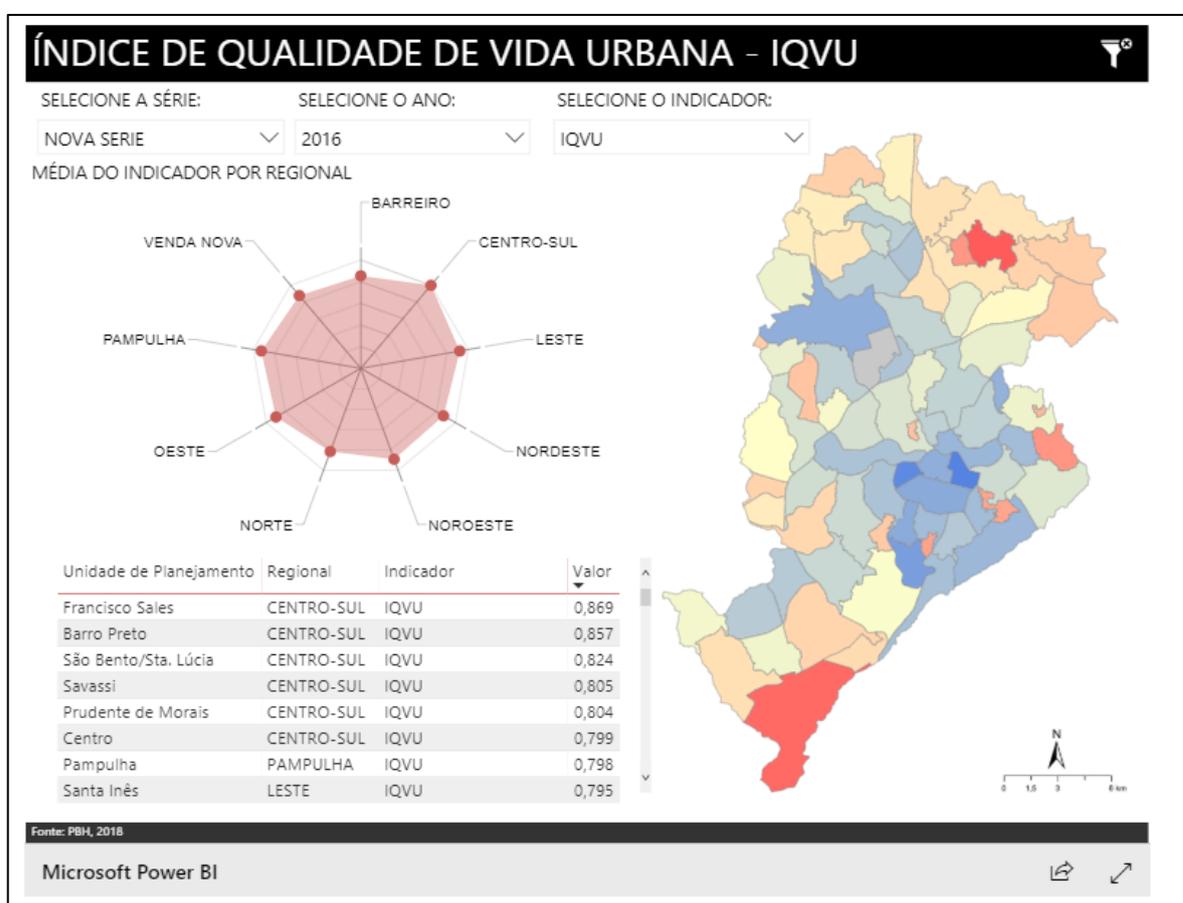
A proposta do IQVU deveria divergir dos demais índices estudados pelos autores, de modo a vencer a crítica dos mesmos, que os indicadores formados por somatória de variáveis (ex. IDH), acabavam sendo vagos e genéricos. Desta forma, os autores escolheram a produção de riqueza pela população como variável estruturante. A primeira proposta utilizava uma metodologia adaptada do Método de Delphi. Assim foi criado um índice com três características básicas:

I) ser capaz de mensurar a quantidade e a qualidade da oferta de bens e serviços públicos e privados no espaço intraurbano; II) ser composto por indicadores passíveis de atualização em um curto intervalo de tempo (anuais ou bienais); e III) ser calculado a partir de informações provenientes dos próprios órgãos municipais e dos prestadores de serviços públicos. Essas características fizeram o IQVU um índice robusto e, ao mesmo tempo, sem o inconveniente de outras metodologias de índices intraurbanos (altamente dependentes dos dados censitários), o que permitiu a contínua atualização do IQVU e, conseqüentemente, o seu uso como instrumento de

monitoramento das intervenções urbanas promovidas pelas políticas públicas municipais (PBH, 2018, p.10).

A primeira versão foi concebida em 1994, porém sofreu alteração em 2006, devido ao crescente aumento da população e sua necessidade por serviços. Para manter o histórico, a versão “antiga” foi mantida e a “nova” acrescentada, sendo as duas possíveis de serem acessadas via site da Prefeitura (PBH, 2018). A Figura 2 ilustra como o IQVU é disposto no site de Belo Horizonte, utilizando a ferramenta de *Power BI*.

Figura 2 - Apresentação do IQVU no site da PBH



Fonte: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/estatisticas-e-indicadores/indice-de-qualidade-de-vida-urbana>>

Como pode ser observado, a ferramenta permite acesso tanto à série Histórica (1994 a 2006) quanto à nova série (a partir de 2006), de forma dinâmica. Os resultados são também apresentados por cada regional da cidade, que pode ser selecionada na lista suspensa, ao passo que o mapa destaca o posicionamento geográfico da mesma no município. É possível ainda selecionar o índice como um

todo ou por um dos temas, caso queira-se identificar resultado específico de uma determinada área.

Como a proposta de dados abertos, ligado ao conceito de cidade inteligente, a prefeitura permite ainda acesso ao banco de dados utilizado para o cálculo em formato .csv e a um documento que descreve o histórico e o método de cálculo, o qual foi utilizado para compor o presente artigo.

A seguir são apresentados os indicadores que compõem o IQVU de Belo Horizonte.

Tabela 5 - Proposta de Indicadores de Qualidade de Vida

| TEMA | SUBTEMA | INDICADOR |
|---------------|-------------------------------|--|
| Abastecimento | Equipamentos de Abastecimento | Número de hiper e supermercados/população x 1000 |
| | | número de mercearias e similares/população x 1000 |
| Cultura | Comércio e Serviços Culturais | Número de equipamentos culturais/população x 1000 |
| | | Área de livrarias e papelarias/população x 1000 |
| | | Número de locadoras/população x 1000 |
| | | Número de bancas de revistas/população x 1000 |
| Educação | Educação Infantil | Percentual de alunos matriculados na Educação Infantil |
| | Educação Fundamental | Percentual de alunos matriculados no Ensino Fundamental |
| | | Índice de Aproveitamento no Ensino Fundamental (número de aprovados no Ensino Fundamental / número de matrícula final x 100) |
| | Ensino Médio | Percentual de alunos matriculados no Ensino Médio (número de alunos matriculados no Ensino Médio/população entre 15 e 18 anos x 100) |
| | | Índice de Aproveitamento no Ensino Médio (Número de aprovados no Ensino Médio/número de matrícula final x 100) |
| | Esportes | Espaços Públicos para recreação |

| | | |
|--|--|---|
| | | campos e pistas/população x 1000) |
| Habitação | Qualidade da Habitação | Área residencial adequada por habitante (m ² de área residencial construída sujeita a IPTU/habitante) |
| | | Padrão de Acabamento (Nota do padrão médio de acabamento das moradias em relação à classificação do IPTU) |
| | Segurança Habitacional | Índice do Risco Geológico do Terreno (indicador fornecido já calculado) |
| Infraestrutura Urbana | Salubridade mental | Índice de Salubridade Ambiental (indicador fornecido já calculado) |
| | Energia Elétrica | Fornecimento de energia elétrica (número de economias residenciais com energia elétrica/número de domicílios x 100) |
| | Pavimentação | Possibilidade de acesso (extensão das vias pavimentadas / extensão de todas as vias x 100) |
| | Transporte Coletivo | Número de veículos por 1000 habitantes (número de veículos/população x 1000) |
| Frequência das linhas por UP (maior valor - valor da UP) | | |
| Meio Ambiente | Conforto Acústico | Tranquilidade sonora (Maior valor de ocorrências da PMMG de ruídos - valor da UP) |
| | Qualidade do Ar | Ausência de coletivos poluidores (número de veículos não autuados/total de vistoriados x 100) |
| | Área Verde | Área verde por habitante (área verde/população) |
| Saúde | Atenção à Saúde | Centros de Saúde por 1.000 habitantes (número de centros de saúde/população x 1000) |
| | | Outros Equipamentos de Assistência Médica (número de outros equipamentos/população x 1000) |
| | Equipamentos Odontológicos (número de equipamentos odontológicos/população x 1000) | |
| Vigilância à Saúde | Ausência de Anos Potenciais de Vida Perdidos (maior valor - valor da UP) | |
| Serviços Urbanos | Serviços Pessoais | Agências Bancárias (número de agências bancárias/população x 10000) |
| | | Postos de Gasolina (número de postos de gasolina/população x 10000) |
| | | Farmácias (número de farmácias/população x 10000) |

| | | |
|------------------|--------------------------------------|--|
| | Serviços de Comunicação e Tecnologia | Correios (Número de correios/população x 10000) |
| | | Espaços públicos para inclusão digital (número de pontos de acesso à internet/população x 10000) |
| | | Telefones públicos (número de telefones públicos/população x 10000) |
| Segurança Urbana | Segurança Pessoal | Ausência de crimes contra a pessoa [(Valor máx. ocorrências homicídio tentado e consumado - valor UP) / população UP/1000] |
| | Segurança Patrimonial | Ausência de crimes contra o patrimônio [(Valor máx. ocorrências de roubo, furto e assalto - valor na UP) /população UP/1000] |
| | Segurança no Trânsito | Ausência de acidentes de trânsito [(Valor máx. ocorrências de acidentes no trânsito - valor na UP) /população UP/1000] |

Fonte: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/estatisticas-e-indicadores/indice-de-qualidade-de-vida-urbana>>

Apesar do IQVU de Belo Horizonte ser muito completo e apresentar relevância para a realidade do município, os fatores de *Smart City* não foram contemplados na construção do mesmo. Portanto, faz-se necessária uma análise de como elencar estes fatores juntamente com o IQVU.

8. METODOLOGIA DE ANÁLISE DE INDICADORES

Com o intuito de desenhar uma proposta eficiente de indicador de *Smart City* que leve em conta elementos da sustentabilidade das cidades e qualidade de vida de seus moradores, foi realizada uma análise de todos os indicadores e taxonomias descritas nos tópicos acima.

A análise se deu através da leitura dos artigos publicados pelos autores e *links* associados os quais foram acessados através de pesquisa nos domínios de Google Acadêmico, Scielo e Base de dados da Universidade Federal de Minas Gerais. Nestes artigos, os autores descreveram as estruturas que propuseram para os indicadores, as quais foram analisadas.

No caso do IQVU de Belo Horizonte, foram acessados os dados abertos no site da empresa, bem como o documento com o descritivo da metodologia de cálculo dos

indicadores (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2018). Os dados abertos serviram para identificar que tipo de informações são coletadas para este cálculo, bem como a estrutura dos temas do indicador.

As estruturas foram dispostas em uma planilha de Excel para identificar quais os temas mais recorrentes e os menos recorrentes utilizados pelos especialistas. Para que fosse possível este confronto, foi preciso adotar um sistema de “Tema”, “Subtema” e “Indicador” para padronizar as propostas. O tema seria o assunto macro do indicador, enquanto o subtema (adotado para GIFFENGER, COHEN e IQVU) foi utilizado para organizar assuntos mais específicos. O “Indicador” é efetivamente o critério utilizado para medição. A mesma estrutura pode ser observada nas Tabelas 1 a 5 apresentadas anteriormente.

Após padronizar e traduzir os indicadores, foi criada a Tabela 6, a qual identificou quais temas eram convergentes dentre os indicadores analisados.

Tabela 6 - Análise de convergência de temas

| TEMA DO INDICADOR | TEMA CONSTA NO MODELO PROPOSTO ? | | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|-----------|-------|----------------|---------|
| | ALEXOPOULOS | GIFFENGER | COHEN | ISO 37720:2014 | IQVU BH |
| Cultura | X | X | X | | X |
| Economia | X | X | X | X | |
| Educação | | X | X | X | X |
| E-Government | X | | X | | |
| Energia | X | X | X | X | X |
| Meio Ambiente | X | X | X | X | X |
| Resposta a incêndio e emergência | | | | X | |
| Governança | | X | | X | |
| Saúde | X | X | X | X | X |
| Infraestrutura de ICT | X | X | X | X | X |
| Recreação | | | | X | X |
| Segurança | X | X | X | X | X |
| Abrigo e Habitação | | X | X | X | X |
| Turismo | X | X | | | |
| Tráfego e mobilidade | X | X | X | X | X |
| Gestão de Resíduos | X | | X | | |
| Gestão de Recursos Hídricos | X | X | X | X | |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida, foram identificados quais temas convergiam em uma, duas, quatro ou em todas as propostas de indicadores, para determinação dos temas prioritários. A Tabela 7 ilustra o resultado desta análise:

Tabela 7 - Separação de temas por convergência

| |
|--|
| TEMAS EXCLUSIVOS DE UM INDICADOR |
| Resposta a Incêndio e Emergência |
| TEMAS CONVERGENTES EM APENAS DOIS INDICADORES |
| E-Government |
| Governança |
| Recreação |
| Turismo |
| Gestão de Resíduos |
| TEMAS CONVERGENTES EM APENAS QUATRO INDICADORES |
| Cultura |
| Economia |
| Educação |
| Abrigo e Habitação |
| Gestão de Recursos Hídricos |
| TEMAS CONVERGENTES EM TODOS OS INDICADORES |
| Energia |
| Meio Ambiente |
| Infraestrutura e ICT |
| Tráfego e Mobilidade |
| Saúde |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Partindo do pressuposto de que quanto mais ocorrências um tema tem, maior a sua prioridade em relação à Cidade Inteligente e Sustentável, extrai-se de análise a seguinte ordem de prioridade:

Tabela 8 - Prioridade dos temas

| | |
|-----------------------------------|--|
| TEMAS COM PRIORIDADE ALTA | Energia, Infraestrutura e ICT, Meio Ambiente, Saúde, Segurança, Trânsito e Mobilidade. |
| TEMAS COM PRIORIDADE MÉDIA | Abrigo e Habitação, Cultura, Economia, Educação, Gestão de Recursos Hídricos. |
| TEMAS COM PRIORIDADE BAIXA | E-Government, Gestão de Resíduos, Governança, Recreação, Turismo. |
| TEMA NÃO PRIORITÁRIO | Resposta a Incêndios e Emergências. |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para fins deste estudo, também foram identificados os pontos positivos e negativos de cada sistema de indicadores, mostrados na Tabela 9.

Tabela 9 - Análise de pontos positivos e negativos

| INDICADOR ANALISADO | PONTOS POSITIVOS | PONTOS NEGATIVOS |
|---------------------|---|--|
| ALEXOPOULOS | <ul style="list-style-type: none"> - Indicador é muito congruente com a ideia de Smart City, levando em conta os principais conceitos de tecnologias que devem haver em uma cidade. Pode ser usado como norte para um município que deseja se tornar "<i>smart</i>", agindo como Plano de Ação. - Contempla a maior parte dos temas e foco no conceito de E-Government, ou seja, trazer a governança municipal para a era digital. - Muito bem apresentado na ferramenta do <i>freemind</i>. | <ul style="list-style-type: none"> - Quando comparado com os demais sistemas de indicadores pode deixar a desejar no que tange à "preocupação" com a qualidade de vida da população. - Não permite uma mensuração quantitativa dos indicadores, sendo binário (S/N). |
| GIFFENGER | <ul style="list-style-type: none"> - É o indicador que possui o maior número de critérios. - Possui critérios relativamente fáceis de serem levantados. | <ul style="list-style-type: none"> - Alguns critérios podem não ser aplicáveis à realidade do Brasil. - Alguns critérios podem não estar alinhados diretamente com a proposta de Smart Cities e/ou Sustentabilidade. |
| COHEN | <ul style="list-style-type: none"> - É o indicador mais completo em termos de apresentação da forma de mensuração. Além de ser quantitativo e tangível, apresenta as fórmulas e unidades nas quais os mesmos devem ser mostrados. | <ul style="list-style-type: none"> - Possui muitos critérios que podem se tornar dispensáveis para a caracterização de uma cidade sustentável. - Vários critérios podem ser difíceis de se mensurar na realidade atual dos sistemas de governança. - Alguns critérios são aplicáveis apenas à Europa. |

| | | |
|----------------|---|--|
| ISO 37120:2014 | <ul style="list-style-type: none"> - Indicador foi criado por uma instituição oficial. - Focado na qualidade de vida e serviços municipais. - Fornece a fórmula para calcular os critérios. | <ul style="list-style-type: none"> - Não leva em considerações parâmetros de Smart Cities. - Depende da aquisição do documento ISO. - Apresenta alguns critérios que podem ser difíceis de contabilizar. |
| IQVU BH | <ul style="list-style-type: none"> - Indicador customizado para a cidade de Belo Horizonte, portanto, contempla todos os seus gargalos e dificuldades. - Totalmente focado na qualidade de vida. - Pode ser conciliado à ideia de cidade inteligente. - Todos os dados bem como o método de cálculo são disponibilizados no site do município. - Mutável e dinâmico. | <ul style="list-style-type: none"> - Deixa de abordar temas importantes no conceito de Smart City. - Alguns fatores podem não ser aplicados a outros municípios. - Não pode ser utilizado como <i>ranking</i> entre duas ou mais cidades. |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para facilitar o entendimento da análise realizada, foi elaborado um mapa mental utilizando a ferramenta mind42, no link <<https://mind42.com/public/e0a83c81-7cbd-43ca-960b-3e2b5f78832a>> o qual foi publicado e encontra-se disponível *online*.

Se trazidos para a realidade de uma cidade atual, os principais problemas e gargalos realmente incidem sobre os temas considerados prioritários por terem maior ocorrência nos indicadores analisados.

Conforme já discutido, os problemas com a iminente necessidade de mudança de matriz energética, a falta de resposta eficiente para Saúde e Segurança, os

problemas atuais com o trânsito e o Meio Ambiente são temas para os quais todos os especialistas em *Smart Cities* tentam propor soluções.

No caso de Belo Horizonte, a Tabela 10 apresenta as ações que o Município tem listadas como “Ações de Cidade Inteligente”, bem com qual dos temas supracitados as mesmas se relacionam.

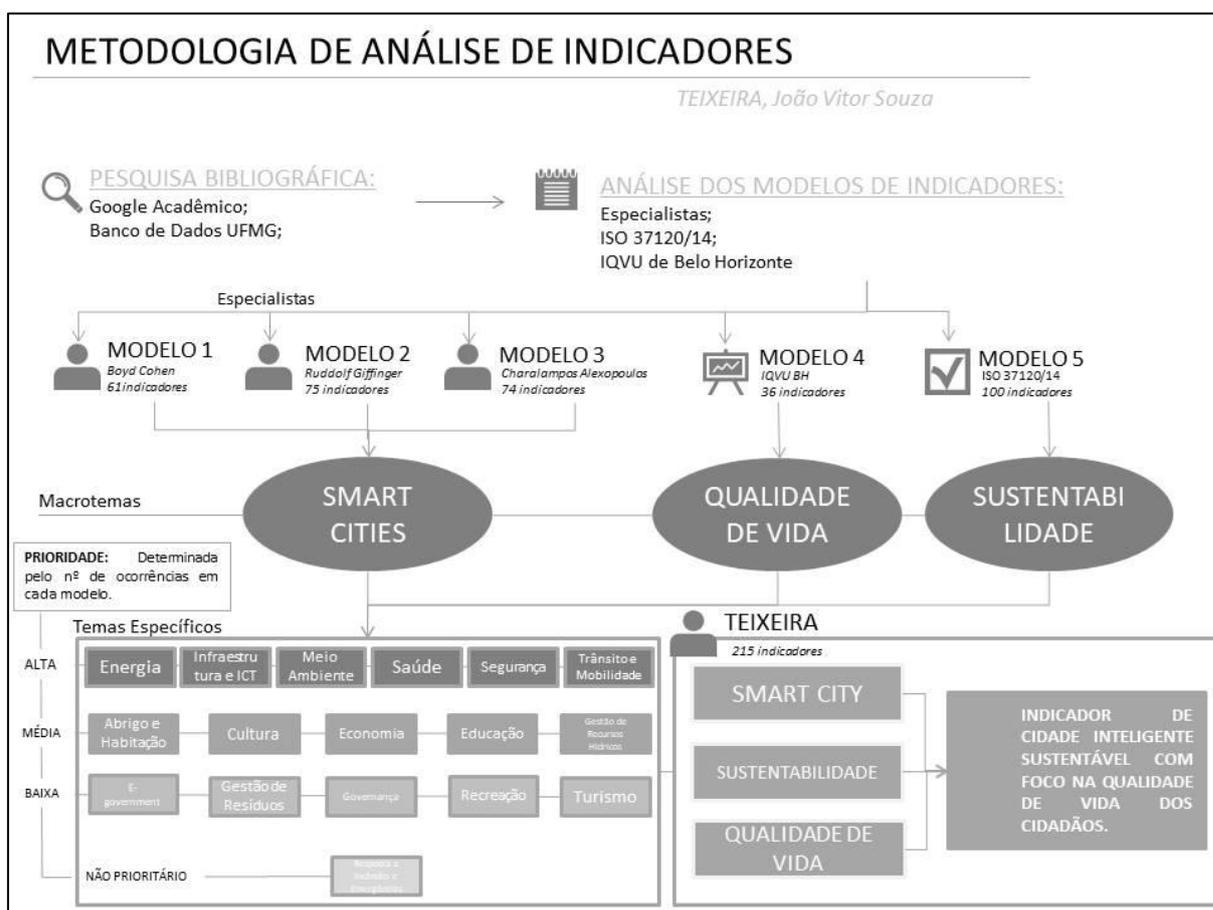
Tabela 10 - Lista de Ações de Smart City de Belo Horizonte e Tema Relacionado

| AÇÃO | TEMA RELACIONADO |
|--|---|
| 711 km de fibra óptica interligando inúmeros pontos da cidade | Infraestrutura e ICT |
| 1.501 câmeras de videomonitoramento | Segurança |
| 182 mil lâmpadas de iluminação pública sendo substituídas por LED, incluindo 26 mil com telegestão | Energia |
| Instalação de mais de 1 mil pontos de acesso gratuito à internet sem fio (<i>hotspots</i>), até 2020 | Infraestrutura e ICT |
| Centro de Operações de Belo Horizonte (COP-BH) , que integra as áreas de segurança e prevenção, mobilidade urbana, defesa civil, fiscalização, limpeza urbana, entre outros; | Segurança Tráfego e Mobilidade Gestão de Resíduos |
| Dados Abertos – disponibilização de dados oficiais do Município em formatos utilizáveis por diversos negócios; | Infraestrutura e ICT |
| BHLab – laboratório aberto da cidade para fomento à inovação, desenvolvimento urbano e experimentação de novas tecnologias, especialmente para IOT | Infraestrutura e ICT |
| PBH APP - Aplicativo móvel da PBH – solicitação de serviços; | E-Government |
| Rotativo digital ; | Tráfego e Mobilidade |
| Laboratório Aberto de IOT da Prodabel – prototipagem de soluções; | Infraestrutura e ICT |
| Sistema de Informações de acessibilidade e sustentabilidade de BH (SISMOB – BH) : sustenta a Política de acessibilidade na mobilidade urbana e o Plano Municipal de Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa; | Tráfego e Mobilidade E-Government Meio Ambiente |
| Central Geradora de Energias Renováveis – painéis fotovoltaicos e biomassa oriunda de resíduos da poda e supressão de árvores; | Energia Meio Ambiente |
| Horizonte Criativo – incentivo à indústria criativa; | Economia |
| Política Municipal de Segurança Alimentar ; | Saúde |
| Biofábrica – controle biológico de pragas em áreas verdes e hortas urbanas; | Saúde Meio Ambiente Recreação |

Fonte: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/cidade-inteligente>>.

A Figura 3 exemplifica de forma gráfica o processo de análise dos indicadores:

Figura 3 -Esquema gráfico da análise dos indicadores



Fonte: Elaborado pelo autor.

Frente à análise realizada, considerando os pontos positivos e negativos das propostas de indicadores dos especialistas, da ISO 37120:2014 e o IQVU, bem como os níveis de prioridade adotados, é possível pensar em um modelo de indicador customizado para o Município de Belo Horizonte, o qual é elucidado a seguir.

9. PROPOSTA DE INDICADOR DE SMART CITY SUSTENTÁVEL PARA BELO HORIZONTE, MG

Para que o indicador seja o mais completo possível, ele foi dividido em três grandes categorias. A Tabela 11 e o Gráfico 1 elucidam:

Tabela 11 - Divisão do indicador Smart City Sustentável para Belo Horizonte

| CATEGORIA | DESCRIÇÃO | Nº INDICADORES |
|----------------------|---|----------------|
| SMART CITY | São ligados às ferramentas de cidades inteligentes, voltados para otimização tecnológica, dados abertos, processamento de dados em massa e tecnologias de comunicação e informação. | 68 |
| SUSTENTABILIDADE | São voltados para a melhoria econômica, social e ambiental do município, de forma macro, impactando indiretamente na qualidade de vida dos cidadãos. | 75 |
| QUALIDADE DE VIDA | São voltados para o impacto direto na melhoria da qualidade de vida dos moradores do município. | 72 |
| TOTAL DE INDICADORES | | 215 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 1 - Divisão dos Indicadores por Tema



Fonte: Elaborado pelo autor.

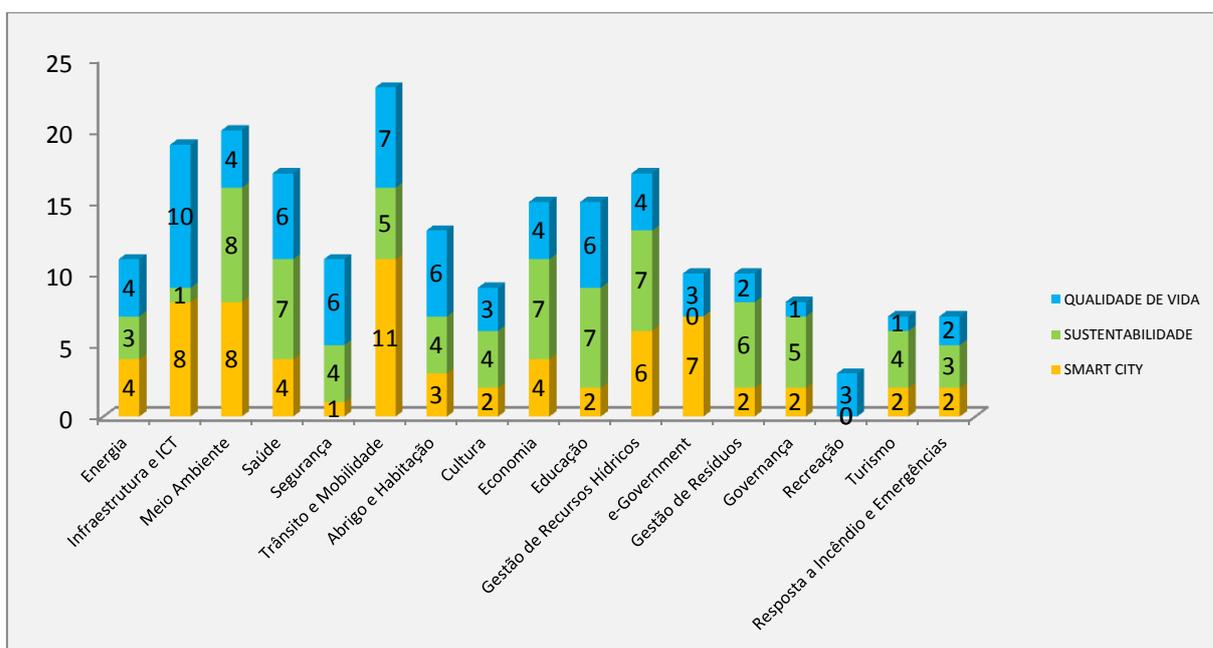
Seguindo a linha supracitada das áreas e suas respectivas prioridades, a Tabela 12 e o gráfico 2 mostram a quantidade de indicadores por tema:

Tabela 12 - Distribuição do nº de indicadores por tema

| | TEMA | Nº INDICADORES | | | |
|------------------|-----------------------------------|----------------|------------------|-------------------|-------|
| | | SMART CITY | SUSTENTABILIDADE | QUALIDADE DE VIDA | TOTAL |
| PRIORIDADE ALTA | Energia | 4 | 3 | 4 | 11 |
| | Infraestrutura e ICT | 8 | 1 | 10 | 19 |
| | Meio Ambiente | 8 | 8 | 4 | 20 |
| | Saúde | 4 | 7 | 6 | 17 |
| | Segurança | 1 | 4 | 6 | 11 |
| | Trânsito e Mobilidade | 11 | 5 | 7 | 23 |
| PRIORIDADE MÉDIA | Abrigo e Habitação | 3 | 4 | 6 | 13 |
| | Cultura | 2 | 4 | 3 | 9 |
| | Economia | 4 | 7 | 4 | 15 |
| | Educação | 2 | 7 | 6 | 15 |
| | Gestão de Recursos Hídricos | 6 | 7 | 4 | 17 |
| PRIORIDADE BAIXA | e-Government | 7 | 0 | 3 | 10 |
| | Gestão de Resíduos | 2 | 6 | 2 | 10 |
| | Governança | 2 | 5 | 1 | 8 |
| | Recreação | 0 | 0 | 3 | 3 |
| | Turismo | 2 | 4 | 1 | 7 |
| NP | Resposta a Incêndio e Emergências | 2 | 3 | 2 | 7 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 2 - Distribuição de Indicadores por Tema



Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa estrutura contempla os indicadores mais pertinentes à realidade de Belo Horizonte, uma vez que utiliza os próprios indicadores da cidade. e aos conceitos de *Smart City* e Sustentabilidade explorados neste artigo, a qual é apresentada no Anexo I. Foram incluídos ainda alguns indicadores não contemplados nos modelos analisados (que são mostrados no Anexo I) porém considerados indispensáveis pelo autor. Ao lado do indicador, consta uma letra que corresponde ao(s) autor(es) que o propôs, sendo: (A) para ALEXOPOULOS, (G) para GIFFENGER, (C) para COHEN, (I) para ISO 37120, (IQ) para IQVU e (T) para TEIXEIRA (acrescentados pelo autor), vide Anexo I.

Foi criado ainda um mapa mental para facilitar o entendimento da estrutura, o qual foi publicado e está disponível *online* no sítio: < <https://mind42.com/public/ffc18424-3698-4246-9d95-00a6acc8044f>>.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os indicadores propostos no presente estudo refletem uma preocupação que os municípios deveriam ter ao adotar ações “*Smart*”, convergindo com a agenda global da tendência sustentável e com a preocupação da melhoria da qualidade de vida dos moradores. O emprego de ferramentas tecnológicas e o ingresso nos *rankings* de *smart cities* não necessariamente refletem que esta cidade tem um padrão elevado de vida, como explorado amplamente no referencial teórico deste artigo.

A matriz de indicadores propõe uma listagem de indicadores considerados por especialistas e pelo autor que são indispensáveis na construção de uma cidade inteligente e sustentável, porém não apresenta estudos a fundo de cálculos, simulações com casos reais ou fórmulas matemáticas. Sugere-se para trabalhos futuros, identificar quais fatores são englobados em cada indicador, bem como quais fórmulas matemáticas seriam ideais e factíveis para quantificá-los.

É possível propor ainda uma estrutura de pesos, levando em conta a importância das categorias e dos temas, ou ainda a realidade e objetivo de cada cidade ao se sujeitar a uma análise de indicadores. Por exemplo, se o intuito da cidade é ser reconhecida como inteligente, a categoria “*Smart City*” poderia ter um peso maior. É fortemente sugerido, porém, que a categoria de qualidade de vida seja sempre a de maior peso, visto que a sustentabilidade e a inteligência de uma cidade devem funcionar sempre para este fim.

Para Belo Horizonte, sugere-se que o tema de resposta a incêndios e emergências, apesar de ter sido considerado como não prioritário pelo método de análise utilizado, seja de maior prioridade. Isto devido ao fato de que a cidade tem tido problemas com fenômenos naturais e falta de infraestrutura nos últimos anos, tais como enchentes, deslizamentos e etc. O gerenciamento de resíduos urbanos também é uma problemática, uma vez que grande parte da cidade não possui coleta seletiva e a destinação incorreta de resíduos ainda é uma realidade. Portanto, sugere-se que, a este tema, também seja adicionado peso para aumentar seu nível de prioridade.

O tema de *Smart City* deve ser amplamente pesquisado, analisado e divulgado por estudiosos e profissionais da área, para que possa ser um conceito padronizado e compartilhado entre os países.

Ao longo do desenvolvimento deste estudo foi publicada uma ISO (37122):2017 que pretende padronizar os indicadores de uma cidade inteligente, levando em conta os dezessete Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU. Isto validou ainda mais a importância do tema explorado. Não houve tempo hábil para analisar este documento, porém o presente estudo pode servir de base teórico-científica para uma comparação e/ou análise da ISO, com a mesma ótica. Sugere-se que esta análise seja realizada em trabalhos futuros complementares a este.

A cidade de Belo Horizonte se mostra uma das pioneiras do Brasil no que tange a ser “inteligente” e o IQVU demonstra sua preocupação com a qualidade de vida dos seus habitantes. A proposta explorada neste artigo pode trazer a cidade a um nível ainda maior de sustentabilidade e “inteligência”, elevando-a nos *rankings* nacionais e internacionais e melhorando sua visibilidade e padrão de vida dos habitantes.

Outras cidades podem também utilizar da ferramenta de indicadores para traçar planos e políticas públicas, bem como para melhorar os processos de tomada de decisão e governança.

Ao passo de que os países se engajam em uma corrida de aquisição de conhecimento, recursos e visibilidade, é preciso parar para pensar nas pessoas e como a tecnologia impacta em suas vidas. Esta atitude é, além de essencial, humana. Como foi citado acima por um morador de uma *Smart City*, não podemos esquecer o lado “Cidade” e focar apenas no “Inteligente”.

11. REFERÊNCIAS

ALAWADHI, Suha *et.al.* Building understanding of Smart City initiatives. Washington, DC, EGOV 2012, LNCS 7443, 2012, pp. 40–53.

ALEXOPOULOS, Charalampos *et.al.*, A Taxonomy of Smart Cities Initiatives. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/333231733> Acesso em: 04 de fev, 2020.

BARACHO, Renata Maria Abrantes, *et.al.*, A Proposal for Developing a Comprehensive Ontology for Smart Cities/Smart Buildings/Smart Life. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/332028167> Acesso em: 04 de fev, 2020.

BATTY, M. *et.al.*, Smart Cities of the Future. *The European Physical Journal Special Topics.*, dez 2012, vol. 214, p.481-518.

BENAMROU, Badr *et. al.*, Ranking models of Smart Cities. Universidade Abdelmalek Esaadi. Tangier, Marrocos. Abr. 2016.

COUTINHO, S., MALHEIROS, T., PADILHA, M. L. (2009). Processo participativo de criação de indicadores de desenvolvimento sustentável para o município de Ribeirão Pires, Brasil. *Revista Brasileira De Ciências Ambientais*, n. 13, ago. 2009.

COUTO, Elisa de Almeida. *Aplicação dos indicadores de desenvolvimento sustentável da norma ABNT NBR ISO 37120:2017 para a cidade do Rio de Janeiro e análise comparativa com cidades da América Latina*. 2018. 163 f. Dissertação (Curso de Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

FERLIN, Edson Pedro e REZENDE, Denis Alcides. Big data aplicado à cidade digital estratégica: estudo sobre o volume de dados das aplicações smart city. *Revista Gestão & Tecnologia*. Pedro Leopoldo, v. 19, n. 2, p. 175-194, abr./jun. 2019.

FERREIRA, Fernanda Longhini, *Análise de Indicadores Municipais de Sustentabilidade Ambiental Utilizados no Grande ABC*. 2011. 165f., Dissertação

(Mestrado em Administração) – Programa de Mestrado em Administração, Universidade Municipal de São Caetano do Sul, São Caetano do Sul, 2011.

FIGUEIREDO, Gabriel Mazzola Poli de, *O Discurso e a Prática de Smart City: Perspectivas críticas e aproximações sistemáticas no contexto de metrópoles latino-americanas*. 2018, 80f., Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

HASHEM, Ibrahim Abaker Targio, *et.al.*, The Role of Big Data in Smart City, *International Journal of Information Management*, mai 2016, p.748-758. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/ijinfomgt> Acesso em> 05 de fev, 2020.

KOMNINOS, Nicos, *et.al.*, Smart Cities as Innovation Ecosystems Sustained by The Future Internet. *HAL: Archives Ouvertes*, 2012, p.1-65.

NEIROTTI, Paolo *et. al.*, Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. *Cities: The International Journal of Urban Policy and Planning*, Torino, 2014, p.25-36.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *ONU: Mais de 70% da população mundial viverá nas cidades até 2050*. [2013]. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/onu-mais-de-70-da-populacao-mundial-vivera-em-cidades-ate-2050/>> Acesso em: 03 de fevereiro de 2020.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE: *Índice de Qualidade de Vida urbana*. [2020]. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/estatisticas-e-indicadores/indice-de-qualidade-de-vida-urbana>> Acesso em: 10 de março de 2020.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE: Relatório geral sobre o cálculo do Índice de Qualidade de Vida Urbana de Belo Horizonte para 2016; Belo Horizonte, 2018.

RIZZON, Fernanda, *et.al.*, Smart City: Um conceito em construção. *Revista Metropolitana de Sustentabilidade*, São Marcos, set/dez 2017, Volume 7, nº 3.

ZANELLA, Andrea, *et.al.*, Internet of Things for Smart Cities. *IEEE Internet of Things Journal*, fev, 2014, Volume 1, nº 1, p.22-32.

ANEXO I – Matriz de indicadores de Smart City Sustentável

| | TEMA | ÂMBITO RELACIONADO | | |
|-----------------|----------------------|---|--|---|
| | | SMART CITY | SUSTENTABILIDADE | QUALIDADE DE VIDA |
| PRIORIDADE ALTA | Energia | Implantação de sistemas inteligentes em prédios públicos (A) | Construção de fazendas eólicas (A) | Total de energia utilizada nas residências per capita (C, I) |
| | | Medidores inteligentes de energia (A) | Instalação de placas fotovoltaicas em prédios públicos (A) | Porcentagem de população com serviço de eletricidade autorizado (I) |
| | | % da rede municipal de distribuição que atende os requisitos de smart grid (C) | % de energia derivada de fontes renováveis (C, I) | Média de interrupções de eletricidade por usuário por ano (I) |
| | | Dados abertos de consumo de energia (T) | - | Média de duração de interrupções de eletricidade (em horas) (I) |
| | Infraestrutura e ICT | Implementação de wifi grátis em locais e prédios públicos (A) | % de empregos ligados à área de ICT e Infraestrutura (T) | Quantidade de kBs recebidos nos aparelhos dos usuários/minuto em acesso ao wifi público (T) |
| | | Implementação de rede de fibra ótica (A) | - | % da população com acesso a fibra ótica (T) |
| | | Infraestrutura de Centrais de coleta e armazenamento de dados para sensores de IOT (A) | - | Quiosques de informações para cidadãos e visitantes (A) |
| | | Upgrade de hardware e software para Departamentos Municipais com Backoffices altamente eficientes (A) | - | Eficiência dos painéis eletrônicos nas informações oferecidas ao usuário (T) |
| | | Digitalização de documentos públicos (A) | - | % de domicílios com acesso a internet (G, I) |
| | | Instalação de painéis eletrônicos com informações em tempo real (ex. temperatura, notícias, etc.) (A) | - | % de domicílios que contém computador (G) |
| | | Nº de infraestruturas com sensor instalado (C) | - | Quantidade de kBs recebidos nos aparelhos dos usuários/minuto em acesso à rede doméstica (C) |
| | | Nº de serviços integrados em um centro de operações com dados em tempo real (C) | - | Correios (Número de correios/população x 10000) (IQ) |
| | | - | - | Espaços públicos para inclusão digital (número de pontos de acesso à internet/população x 10000) (IQ) |
| | | - | - | Telefones públicos (número de telefones públicos/população x 10000) (IQ) |

| PRIORIDADE ALTA | TEMA | ÂMBITO RELACIONADO | | |
|-----------------|---------------|---|--|--|
| | | SMART CITY | SUSTENTABILIDADE | QUALIDADE DE VIDA |
| PRIORIDADE ALTA | Meio Ambiente | Instalação de sensores de medição de radiação eletromagnéticos (A) | Incidência de Smog de verão (Ozônio) (G) | Doenças crônicas respiratórias fatais por habitante (G) |
| | | Instalação de sensores de medição de ruído (A) | Incidência de Material particulado (G, I) | Incidência de Poluição sonora (I, IQ) |
| | | Instalação de sensores de medição da qualidade do ar (A) | Incidência de Material particulado fino (C, I) | Ausência de coletivos poluidores (número de veículos não autuados/total de vistoriados x 100) (IQ) |
| | | Instalação de sensores de medição de pluviometria (A) | Emissão de GEE em ton/capta (C, I) | Área verde por habitante (área verde/população) (IQ) |
| | | Instalação a sensores de medição de micropartículas na atmosfera (A) | Concentração de NO ² (dióxido de nitrogênio) (I) | - |
| | | Instalações sismográficas (A) | Concentração de SO ² (dióxido de enxofre) (I) | - |
| | | Instalação a sensores de medição de Rádion (A) | Concentração de O ³ (ozônio) (I) | - |
| | | Dados abertos de meio ambiente (T) | Percentual de mudança em vegetação nativa (I) | - |
| | Saúde | Implementação de sistema de telemonitoramento do sistema de saúde para apoio a grupos vulneráveis (ex. PCD, alzheimer, etc) (A) | Expectativa de vida (G, C, I) | Camas de hospital por habitante (G, I) |
| | | Implementação de sistemas de telemedicamentos nos cidadãos para mensuração de indicadores-chave (ex. pressão, glicose, etc.) | Médicos por habitante (G, I) | Satisfação com a qualidade do sistema de saúde (G) |
| | | Implantação de sistemas que incorporam conselhos dos médicos dos hospitais e clínicas (A, C) | Mortalidade de menores de idade por 100.000 nascidos vivos (I) | Taxa de suicídio por 100.000 habitantes (I) |
| | | Implementação de aplicativos para monitoramento remoto de pacientes em áreas rurais isoladas (A) | Número de profissionais de enfermagem e obstetrícia por 100.000 habitantes (I) | % da população com acesso a plano de saúde (T) |
| | | - | Número de profissionais de saúde mental por 100.000 habitantes (I) | % da população com acesso a equipamentos do SUS sem necessidade de utilizar veículo (T) |
| | | - | Centros de Saúde por 1.000 habitantes (IQ) | % da população com acesso ao PSF (T) |
| - | | Equipamentos Odontológicos (número de equipamentos odontológicos/população x 1000) (IQ) | - | |

| | TEMA | ÂMBITO RELACIONADO | | |
|-----------------|-----------------------|--|---|--|
| | | SMART CITY | SUSTENTABILIDADE | QUALIDADE DE VIDA |
| PRIORIDADE ALTA | Segurança | Dados abertos de segurança (T) | Monitoramento das condições climáticas (previsão do tempo) para fins de agricultura (A) | Ações e planos de proteção de cidadãos em emergências (ex. enchente, terremoto) (A) |
| | | - | Número de oficiais da polícia por 100.000 habitantes (I) | Taxa de criminalidade (G) |
| | | - | Crimes contra propriedades por 100.000 habitantes (I) | Taxa de morte por assalto (G) |
| | | - | Tempo de resposta da polícia a partir da ligação inicial (I) | Taxa de crimes violentos/100.000 habitantes (C, I) |
| | | - | - | Número de homicídio por 100.000 habitantes (I) |
| | | - | - | Ausência de acidentes de trânsito (IQ) |
| | Trânsito e Mobilidade | Instalações para otimização do gerenciamento de tráfego em tempo real utilizando aplicações especializadas (A) | Uso de veículos movidos a combustível não fóssil (T) | Satisfação com a qualidade do transporte público (G) |
| | | Uso de sistemas inteligentes para movimento seguro nas faixas de pedestre (A) | % de carros com catalisador (T) | Acessibilidade internacional (G) |
| | | Pontos de ônibus inteligentes (ex. marcação de chegada de ônibus online) (A, C) | Nº de estações de recarga veicular dentro da cidade (C) | km de ciclovias por 100.000 m² (C, I) |
| | | Instalação de sensores em meios de transporte ou rodovias para monitoramento do trânsito (A) | Conectividade aérea comercial (número de destinações aéreas comerciais sem paradas) (I) | % da população com acesso a transporte público (T) |
| | | Placas informativas inteligentes de condições de trânsito (A) | % da frota pública que não utiliza combustível fóssil (T) | Quilômetros de sistema de transporte público de alta capacidade por 100.000 habitantes (I) |
| | | Sensores de estacionamento para orientar os motoristas sobre disponibilidade de vagas (A) | - | Número de automóveis pessoais per capita (I, IQ) |
| | | Aplicativos para traçar rotas de ciclistas (A) | - | Média de tempo de espera pelo transporte público/habitante (T) |
| | | Sistema automatizado para bicicletas públicas (A) | - | - |
| | | Sistema integrado de cobrança para transporte público (C) | - | - |
| | | % de luzes de trânsito conectadas a sistema de gerenciamento de tráfego em tempo real (C) | - | - |
| | | Disponibilidade de app de trânsito multi-modal (C) | - | - |

| TEMA | ÂMBITO RELACIONADO | | |
|--------------------|---|---|---|
| | SMART CITY | SUSTENTABILIDADE | QUALIDADE DE VIDA |
| Abrigo e Habitação | % de edificações comercializadas com medidores inteligentes (C) | Parcela de casas que atendem aos requisitos mínimos do código de edificações (G, T) | Satisfação pessoal com a situação de habitação (G) |
| | % de edificações comercializadas com sistemas automatizados (C) | Média de área habitável por habitante (G) | Percentual da população vivendo em favelas (I) |
| | % de casas com acesso a assistente digital (T) | Índice do Risco Geológico do Terreno (indicador fornecido já calculado) (IQ) | Número de desabrigados por 100.000 habitantes (I) |
| | - | Nº de edifícios na cidade com selos LEED (C) | Percentual de domicílios que existem sem documentação legal (I) |
| | - | - | Área residencial adequada por habitante (m2 de área residencial construída sujeita a IPTU/habitante) (IQ) |
| | - | - | % da população com residência própria (T) |
| Cultura | Digitalização de conteúdo de museus para criar uma pegada cultural digital (A) | % do orçamento municipal investido em cultura (C) | Comparecimento aos cinemas por habitante (G) |
| | Museu digital para exposições naturais e culturais do município (mesmo se localizadas em outro lugar) (A) | Número de equipamentos culturais/população x 1000 (IQ) | Visitas a museus por habitante (G) |
| | - | Área de livrarias e papelarias/população x 1000 (IQ) | Comparecimento ao teatro por habitante (G) |
| | - | Número de bancas de revistas/população x 1000 (IQ) | - |
| Economia | Ações de contratações via site municipal (A) | Gastos em Pesquisa e Desenvolvimento em % do GPD (G, C) | Taxa de desemprego (G, I) |
| | Promoção de atividades tecnológicas de inovação via site municipal (A) | Taxa de emprego em setores de conhecimento intensivo (G) | Porcentagem da população da cidade vivendo na pobreza (I) |
| | Serviços de consulta interativa para jovens empreendedores em plataforma web do município (A) | Patentes por habitante (G, I) | Porcentagem de pessoas empregadas fulltime (I, C) |
| | Plataforma de competição crowdsourcing (A) | Novos negócios registrados (G) | Taxa de desemprego entre os jovens (I) |
| | - | GDP por pessoa empregada (G) | - |
| | - | Empresas com sede na cidade e que tenham ações na bolsa nacional (G) | - |
| | - | Produto regional bruto/capita (C) | - |

| | TEMA | ÂMBITO RELACIONADO | | |
|------------------|-----------------------------|--|--|--|
| | | SMART CITY | SUSTENTABILIDADE | QUALIDADE DE VIDA |
| PRIORIDADE MÉDIA | Educação | Dados abertos relacionados à educação (T) | % de estudantes que completaram o ensino médio (C, I, IQ) | Satisfação com o acesso ao sistema educacional (G) |
| | | % de universidades com acesso ao ensino à distância (T) | Nº de diplomas de graduação/100.000 habitantes (C, I) | Satisfação com a qualidade do sistema educacional (G) |
| | | - | Porcentagem de população feminina em idade escolar matriculada em escolas (I) | % da população com acesso ao ensino superior (T) |
| | | - | Porcentagem de estudantes completando a educação primária: taxa de sobrevivência (I, IQ) | % da população com acesso a bolsas do governo para ensino superior (T) |
| | | - | Razão entre estudantes de educação primária/professor (I) | % da população com acesso a escola de ensino fundamental no seu bairro (T) |
| | | - | Porcentagem de população masculina em idade escolar matriculada em escolas (I) | % da população com acesso a escola de ensino médio no seu bairro (T) |
| | | - | Porcentagem de população em idade escolar matriculada em escolas (I) | - |
| | Gestão de Recursos Hídricos | Sistema online de monitoramento da qualidade da água potável (A) | Total de consumo de água/capta (l/dia) (C) | Percentual da população servida por coleta de esgoto (I) |
| | | Sistema online de monitoramento de possíveis vazamentos na rede de distribuição de água (A) | Percentual do esgoto municipal que recebe tratamento primário (I) | Percentual do esgoto municipal não tratado (I) |
| | | Sistema de monitoramento e gerenciamento online de bombas e estações de exploração de água (A) | Percentual do esgoto municipal que recebe tratamento secundário (I) | Percentual da população com serviço de abastecimento de água potável (I) |
| | | Coleta online de dados de hidrômetros (A) | Percentual do esgoto municipal que recebe tratamento terciário (I) | Média anual de interrupção do serviço de água por domicílio (I) |
| | | % de prédios edificações comerciais com medidores de água inteligentes (C) | Consumo residencial total de água per capita (litros/dia) (I) | - |
| | | Dados abertos sobre gestão hídrica (T) | Consumo total de água per capita (litros/dia) (I) | - |
| | | - | Percentual de perda de água (água não contabilizada) (I) | - |

| | TEMA | ÂMBITO RELACIONADO | | |
|------------------|--------------------|--|--|---|
| | | SMART CITY | SUSTENTABILIDADE | QUALIDADE DE VIDA |
| PRIORIDADE BAIXA | e-Government | Aplicativo de voto eletrônico (e-voting) para questões municipais (A) | - | % da população com smartphones (T) |
| | | Aplicativo para consulta eletrônica em decisões e planos importantes (planos de negócios, projetos técnicos, etc.) (A) | - | % da população com acesso ao site da prefeitura (T) |
| | | Conversão de serviços públicos para online visando acessibilidade a todos os cidadãos via site municipal (A) | - | Existência de pagamentos eletrônicos de benefícios (C) |
| | | Desenvolvimento de aplicativos para solicitações e reclamações dos cidadãos (A) | - | - |
| | | Sistema de monitoramento online de quorum de reuniões do município (A) | - | - |
| | | Acesso livre a dados abertos para uso de outras agências públicas ou indivíduos (A, C) | - | - |
| | | Aplicativos GIS para construções de prédios urbanos (áreas adequadas para construção, uso do solo e etc.) (A) | - | - |
| | Gestão de Resíduos | Sistema online de gerenciamento de containers de resíduos (com sensores de ocupação) (A) | % do resíduo sólido da cidade que é reciclada (C,I) | Percentual da população com coleta regular de resíduos sólidos residenciais (I) |
| | | Gerenciamento de frota de coleta de resíduos (GPS) (A) | Total do resíduo sólido do município coletado/capta (kg) (C, I) | % da população com acesso à coleta seletiva (T) |
| | | - | Percentual do resíduo sólido do município disposto em aterros sanitários (I) | - |
| | | - | Percentual do resíduo sólido do município destinado para incineração (I) | - |
| | | - | Percentual do resíduo sólido do município disposto a céu aberto (I) | - |
| | | - | Geração de resíduo perigoso per capita (I) | - |

| | TEMA | ÂMBITO RELACIONADO | | |
|------------------|------------|---|--|--|
| | | SMART CITY | SUSTENTABILIDADE | QUALIDADE DE VIDA |
| PRIORIDADE BAIXA | Governança | % da população registrada para o voto biométrico (T) | Representantes públicos por habitante (G) | Satisfação da população com a qualidade do serviço público (T) |
| | | Dados abertos sobre a gestão pública (T) | Parcela de representantes mulheres na cidade (G, I) | - |
| | | - | Participação de votantes na última eleição municipal (como percentual de votantes elegíveis) (I) | - |
| | | - | Percentual de mulheres do total de eleitos para cargos públicos municipais (I) | - |
| | | - | Número de eleitores registrados como percentual dos eleitores com idade para votar (I) | - |
| | Recreação | - | - | Quadras, campos, academias a céu aberto, academias da cidade e outros equipamentos esportivos por 1000 habitantes (IQ) |
| | | - | - | Metros quadrados em espaços fechados de recreação per capita (I) |
| | | - | - | Metros quadrados em espaços abertos de recreação per capita (I) |
| | Turismo | Desenvolvimento de guia eletrônico de turismo local (A) | Número de visitantes/ano (T) | % da população que já viajou internacionalmente (T) |
| | | Desenvolvimento de aplicativos de conteúdo turístico para celulares (A) | Disponibilidade de hotéis e similares (T) | - |
| | | - | Número de viagens nacionais/habitante (T) | - |
| | | - | Número de viagens internacionais/habitante (T) | - |

| NÃO PRIORITÁRIO | TEMA | ÂMBITO RELACIONADO | | |
|-----------------|---|---|---|---|
| | | SMART CITY | SUSTENTABILIDADE | QUALIDADE DE VIDA |
| | Resposta a Incêndio e Emergência | Sistema de alerta rápido e resposta para desastres naturais (T) | Número de bombeiros por 100.000 habitantes (I) | Número de mortes por incêndio por 100.000 habitantes (I) |
| | | Sistema de alerta rápido e resposta a incêndios (A) | Tempo de resposta para serviços de emergência a partir da ligação inicial (I) | Número de mortes relacionadas a desastres naturais por 100.000 habitantes (I) |
| | | | Tempo de resposta do corpo de bombeiros a partir da ligação inicial (I) | - |