

## **Sistemas para avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis: uma revisão bibliográfica**

*Systems for the evaluation of smart and sustainable cities: a literatura review*

*Sistemas para la evaluación de ciudades inteligentes y sostenibles: una revisión  
bibliográfica*

**Francisco de Assis Souza Alexandre**

Mestrando em Energias Renováveis, IFCE, Brasil  
[francisco.alexandre@ifce.edu.br](mailto:francisco.alexandre@ifce.edu.br)

**Auzuir Ripardo de Alexandria**

Doutor em Engenharia de Teleinformática, UFC, Brasil  
[auzuir@gmail.com](mailto:auzuir@gmail.com)

**Cristiane Borges Braga**

Doutora em Educação Brasileira, UFC, Brasil  
[cristiane.borges@polodeinovacao.ifce.edu.br](mailto:cristiane.borges@polodeinovacao.ifce.edu.br)

#### RESUMO

O presente artigo apresenta uma revisão bibliográfica sobre sistemas de avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis, direcionando o foco para aqueles que fazem referência ao sistema da norma ISO 37120: Desenvolvimento sustentável de comunidades - Indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida. Para isso elaborou-se uma pesquisa bibliográfica considerando três bases de dados: *ScienceDirect*, *Web of Science* e *Scielo*. Os artigos foram classificados, selecionados e, posteriormente, cada um foi discutido, sendo, por fim, apresentadas suas principais características. Como resultado, percebe-se que ainda são raros os trabalhos disponíveis sobre sistemas de avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis baseados na ISO 37120 para cidades latino-americanas, a maioria dos trabalhos concentra-se na Europa. Evidencia-se também que existe uma forte conexão entre a inteligência e a sustentabilidade das cidades, sendo bem difícil dissociar um conceito do outro. E por fim, observa-se a dificuldade de aplicação de sistemas de avaliação padronizados que permitam a comparação entre diversas cidades do globo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cidades inteligentes. Cidades Sustentáveis. ISO 37120.

#### SUMMARY

*This article presents a literature review on systems for evaluating smart and sustainable cities, focusing on those who refer to the ISO 37120 system: Sustainable community development - Indicators for urban services and quality of life. For this, a bibliographical research was elaborated considering three databases: ScienceDirect, Web of Science and Scielo. The articles were classified, selected and, later, each was discussed, and finally, its main characteristics were presented. As a result, it is rare that work on smart and sustainable city assessment systems based on ISO 37120 for Latin American cities is still rare, most of the work focuses on Europe. It is also evident that there is a strong connection between the intelligence and sustainability of cities, being very difficult to dissociate one concept from the other. Finally, it is observed the difficulty of applying standardized evaluation systems that allow the comparison between several cities around the globe.*

**KEYWORDS:** Smart cities. Sustainable Cities. ISO 37120.

#### RESUMEN

*Este artículo presenta una revisión bibliográfica sobre sistemas de evaluación de ciudades inteligentes y sostenibles, centrándose en aquellos que se refieren al sistema ISO 37120: Desarrollo comunitario sostenible - Indicadores de servicios urbanos y calidad de vida. Para ello, se elaboró una investigación bibliográfica considerando tres bases de datos: ScienceDirect, Web of Science y Scielo. Los artículos fueron clasificados, seleccionados y, posteriormente, cada uno fue discutido y, finalmente, se presentan sus principales características. Como resultado, está claro que todavía hay pocos estudios disponibles sobre sistemas de evaluación de ciudades inteligentes y sostenibles basados en ISO 37120 para ciudades latinoamericanas, la mayor parte del trabajo se concentra en Europa. También es evidente que existe una fuerte conexión entre la inteligencia y la sostenibilidad de las ciudades, y es muy difícil disociar un concepto del otro. Finalmente, existe una dificultad para aplicar sistemas de evaluación estandarizados que permitan la comparación entre diferentes ciudades del mundo.*

**PALABRAS CLAVE:** Cidades inteligentes. Cidades sostenibles. ISO 37120.

## INTRODUÇÃO

Atualmente a urbanização continua sendo uma tendência de ordem mundial. Projeções da Organização das Nações Unidas (ONU) indicam que as populações urbanas crescerão em mais de 2 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos, ultrapassando a casa dos 9,5 bilhões de habitantes no globo terrestre. Dessa população, estima-se que aproximadamente 67% viverá em cidades em 2050 (ONU, 2018). Sendo assim, a gestão de áreas urbanas torna-se um dos mais importantes desafios de desenvolvimento do século XXI. As informações e os dados gerados pelos municípios são vitais para a definição de prioridades políticas de forma a promover um desenvolvimento inclusivo, equitativo e sustentável (MOSCARELLI e KLEIMAN, 2017). Para ajudar nesse grande desafio, as ferramentas de avaliação das cidades podem ser usadas como suporte para a tomada de decisões no desenvolvimento urbano (AHVENNIEMI et al., 2017).

Nesse contexto, em 1999 surge o conceito de cidade inteligente (e sustentáveis) que pode ser entendida como uma cidade capaz de facilitar e satisfazer as necessidades de cidadãos, empresas e organizações, através do uso integrado e original das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), especialmente em comunicação, mobilidade, meio ambiente, saúde e campos de eficiência energética. Nessa definição, está bem sublinhado o importante papel das TIC em uma cidade inteligente. Graças a essas tecnologias, é possível melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, diminuir as emissões de poluentes, reduzir o consumo de energia e os custos econômicos. Uma cidade inteligente é realmente um ambiente que presta atenção às necessidades das pessoas, gerenciamento racional de recursos, desenvolvimento sustentável e sustentabilidade econômica. Uma cidade com serviços mais eficientes e com mais usos ambientais sustentáveis e inteligentes de energia (GIRARDI e TEMPORELLI, 2017).

Porém, melhorar a qualidade e a efetividade das operações e serviços de uma cidade depende da capacidade de as medir. O desenvolvimento das métricas da cidade também enfrenta muitos desafios. O primeiro desafio é a seleção e definição das métricas. O segundo desafio é a adoção e o uso dessas métricas por muitas cidades (FOX, 2015). A fim de preencher essa lacuna, diversos sistemas para avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis foram desenvolvidos. Dessa forma, neste artigo, propõe-se realizar uma revisão sistemática da literatura sobre sistemas de avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis, direcionando o foco para aqueles trabalhos que referenciam o sistema global da *International Organization for Standardization* (ISO) através da norma ISO 37120: “Desenvolvimento sustentável em comunidades – Indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida” e procurando também identificar tendências na utilização desses sistemas, bem como a aplicabilidade para a realidade das cidades brasileiras.

## METODOLOGIA

O levantamento dos artigos foi realizado nas seguintes bases: *ScienceDirect*, *Web of Science* e *Scielo*. Optou-se pelas duas primeiras por elas serem bem reconhecidas no meio científico e, no

caso da terceira, por ela também ser uma base com trabalhos em português, uma vez que existe o interesse de busca de trabalhos relacionando cidades brasileiras. Com essa definição, procedeu-se o cruzamento das principais palavras-chave relacionadas ao tema investigado: "ISO 37120"; "ISO 37120 AND indicators AND smart cities AND system"; "ISO 37120 AND indicators AND smart cities AND evaluation".

As mesmas palavras-chaves foram utilizadas na base *Scielo*, porém traduzidas para o português. Neste momento da busca empregou-se de forma intencional termos mais amplos, com vistas a abarcar uma maior quantidade de produções, evitando que algum estudo importante fosse excluído no levantamento.

Foram incluídos somente trabalhos com foco específico em sistemas para avaliação de cidade inteligentes e com algum tipo de conexão com a norma ISO 37120. Não houve restrição quanto à data de publicação, apenas em relação ao idioma de divulgação dos trabalhos, sendo incluídos apenas aqueles disponibilizados em inglês, português ou espanhol.

Como critérios de exclusão, foram desconsiderados livros, capítulos de livros, editoriais, apresentações, entre outros formatos de textos, por não passarem por processo rigoroso de avaliação por pares, como ocorre com os artigos científicos.

Excluíram-se também os estudos duplicados entre as bases pesquisadas, bem como aqueles que não abordaram especificamente sistemas de avaliação para cidades inteligentes, ou seja, fora do contexto do estudo proposto.

O levantamento dos dados bibliográficos ocorreu em novembro de 2019 pelos autores/pesquisadores, com base nos critérios de inclusão estabelecidos. A primeira etapa de seleção das produções foi realizada mediante a leitura e a análise dos títulos e resumos de todos os artigos identificados. Após essa triagem inicial, na segunda etapa, procedeu-se à leitura na íntegra dos estudos selecionados, a qual possibilitou que outros textos também fossem excluídos por não atenderem à proposta da revisão. Na terceira etapa, as principais informações dos artigos foram sintetizadas em uma planilha para que pudessem orientar as análises descritivas e críticas dos estudos selecionados.

## RESULTADOS

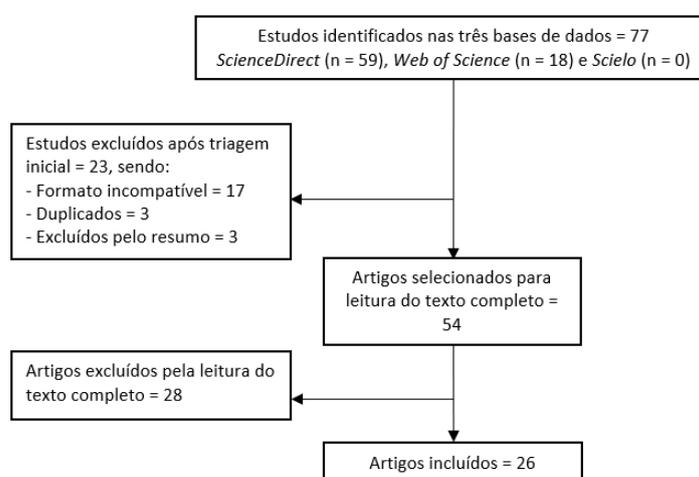
O levantamento bibliográfico localizou 77 resultados, dos quais 03 eram artigos duplicados entre as bases. Mediante a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão previamente elaborados, 17 foram excluídos e 34 após a leitura dos artigos na íntegra. Os 26 artigos restantes compuseram o corpo de análise da revisão. Na Figura 1 observa-se o fluxograma com as etapas de identificação, seleção e inclusão dos textos.

Nesse contexto, os artigos foram lidos, selecionados criteriosamente e agrupados em duas categorias principais: a) comparativo entre sistemas de avaliação disponíveis; b) análise de um sistema de avaliação específico.

Na primeira categoria relacionou-se aqueles trabalhos que compararam pelo menos dois

sistemas de avaliação de indicadores para cidades inteligentes e sustentáveis. Com o levantamento bibliográfico, percebe-se que atualmente existem diversos sistemas para classificar/avaliar as cidades inteligentes e sustentáveis, dessa forma, os estudos comparativos são importantes para colocar, lado a lado, vantagens e desvantagens de cada um desses sistemas, mostrar suas diferenças e orientar estudiosos do tema e gestores sobre melhores práticas a serem adotadas para suas cidades.

**Figura 1: Diagrama de blocos representativos**



Fonte: Elaborado pelos autores

Já na segunda categoria enquadraram-se aqueles trabalhos que analisaram um único sistema de avaliação para cidades inteligentes e sustentáveis, seja esse trabalho relacionado a um sistema conhecido e já disponível na literatura, ou seja relacionado ao desenvolvimento de um novo sistema de avaliação. Nesse último caso, observa-se que a aplicação do novo sistema desenvolvido, normalmente restringe-se a uma determinada região específica, uma vez que o mesmo é estruturado com as características dessa região limitando, portanto, seu uso em escala mais ampla.

### **COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DISPONÍVEIS – CATEGORIA 1**

Essa categoria possui 12 dos 26 artigos selecionados. Percebe-se que a maioria desses artigos compara os sistemas de avaliação de cidades inteligentes de forma documental, sem aplicação prática em uma determinada cidade. Nenhum dos estudos aplicou na íntegra os indicadores da norma ISO 37120, limitando-se a comparação dessa norma de uma forma geral com outros métodos. A seguir uma breve análise desses trabalhos.

Moschen et al. (2019) compararam de uma forma documental, alguns indicadores descritos na norma ABNT NBR ISO 37120:2017 e nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS)

associados à Agenda 2030. Não foi estudada a aplicação desses sistemas em uma cidade específica, porém é um estudo que pode ser direcionado para a realidade brasileira, uma vez que, o mesmo foi desenvolvido utilizando como base a versão adaptada ao Brasil da norma ISO 37120. Conforme mencionam os autores, os resultados desse trabalho sugerem que os principais desafios urbanos estão relacionados ao crescimento urbano não planejado e aos serviços públicos de baixa qualidade, que geram uma falta de compromisso para fazer cumprir as leis e alcançar as metas de desenvolvimento sustentável.

Huovila, Bosch e Airaksinen (2019) compararam 07 sistemas de avaliação a fim de fornecer orientações para gestores municipais e formuladores de políticas sobre a seleção do padrão de indicador mais adequado. Como no trabalho anterior, a metodologia adotada também não contempla o cálculo dos indicadores para uma determinada cidade, limitando-se ao processo comparativo entre os sistemas. O resultado do trabalho aponta que a seleção dos indicadores mais adequados depende da fase no desenvolvimento da cidade (planejamento, operação), da escala espacial (distrito, cidade, região, país), da escala de tempo da avaliação (em tempo real até anual) e do objetivo da avaliação. Conclui-se também que, as cidades devem sempre selecionar e adaptar indicadores correspondentes às suas necessidades e que para comparar e realizar *benchmarks* entre cidades é necessário selecionar cuidadosamente indicadores vinculados e limitados ao escopo e ao propósito da comparação.

Escolar et al. (2019) descrevem que os atuais sistemas de avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis são geralmente baseados em critérios de desenvolvimento urbano, enquanto outros critérios relacionados ao uso de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) não são incorporados ou, pelo menos, não em profundidade. Quatro sistemas de avaliação são analisados no estudo: *Cities In Motion Index* (CIMI); *European Smart Cities Ranking* (ESCR); *Green City Index* (GCI) e *IDC Smart Cities Index*. Fundamentados na questão de que a tecnologia é a força motriz transformadora das cidades, desenvolveram um sistema próprio que contempla 38 indicadores relevantes de TIC, de modo que o grau de inteligência das cidades possa ser efetivamente medido. O sistema foi aplicado nas cidades de Nova York, Seul e Santander e, conforme concluem, os resultados encontrados diferem dos quatro sistemas de avaliação de cidades inteligentes analisados, o que sugere uma análise mais profunda dos sistemas atuais e a necessidade de incluir critérios tecnológicos para a classificação de cidades inteligentes e sustentáveis.

Shmelev e Shmeleva (2019) compararam 14 megacidades globais para avaliar a sustentabilidade urbana, identificando *benchmarks* entre elas, bem como, dessas cidades, as que enfrentam os maiores desafios de sustentabilidade. O estudo foi concebido sob quatro prioridades políticas: critérios ambientais, econômicos, sociais e de cidades inteligentes. Para isso, os autores escolheram 20 indicadores de 6 diferentes sistemas de avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis. Duas cidades brasileiras foram incluídas no estudo: São Paulo e Rio de Janeiro. Porém, as cidades com melhores desempenhos no estudo foram Singapura, Tóquio e Londres.

Dall'o et al. (2017) argumentam que a maioria dos estudos sobre cidades inteligentes disponíveis

na literatura estão focados em grandes cidades, uma vez que, os sistemas de classificação existentes para cidades inteligentes dependem fortemente de informações de bancos de dados nacionais ou regionais e, portanto, raramente se adequam a pequenos e médios municípios. Com essa fundamentação, desenvolvem uma nova metodologia para avaliação de cidades inteligentes de pequeno e médio porte. Para isso são avaliados os indicadores disponíveis no *ICity Rate*, no *Smart City Index* e na norma ISO 37120:2014. Com os cruzamentos desses métodos, os autores criam 7 grandes áreas de avaliação (economia, energia, meio ambiente, habitação, governança, pessoas e mobilidade) e aplicam a metodologia desenvolvida em três cidades da região da Lombardia na Itália. Os resultados obtidos alcançam os objetivos iniciais do estudo e, a princípio, esse novo sistema poderia ser utilizado em cidades de qualquer região do globo.

Garrido-Pinero e Mercader-Moyano (2017) estruturam um sistema de avaliação de sustentabilidade para conjuntos habitacionais. A metodologia desenvolvida concentra-se nos desequilíbrios nas áreas de energia, água, materiais, resíduos e atmosfera. A seleção dos indicadores foi baseada em diversos métodos já existentes, incluindo a ISO 37120:2014. No entanto, essa metodologia proposta não inclui nenhum componente sociológico e nenhum fator econômico. Os autores aplicaram seu trabalho em um conjunto habitacional com 805 famílias denominado *Barriada Huerta del Carmen*, da cidade de Sevilha na Espanha, para validação do mesmo. É um trabalho com escopo bem limitado e restrito, não sendo adequado para cidades de grande porte, uma vez que, dados importantes podem ficar de fora.

Já Mazzi et al. (2017) também focam o tema sustentabilidade. Desenvolveram um sistema de avaliação combinando o *Environmental Management System (EMS)* e o *Life Cycle Assessment (LCA)*. Aplicaram a metodologia proposta em um pequeno município da região de Vêneto na Itália com aproximadamente 3.700 habitantes. Assim como no trabalho anterior, trata-se de um estudo bem restrito à realidade das regiões, não sendo reconhecido globalmente e pouco aplicável a outras realidades.

Giradi e Temporelli (2017) analisaram duas metodologias já disponíveis, o *Guidelines for conducting a cost-benefit analysis of Smart Grid projects* e o *Smart Cities – Ranking of European medium-sized cities* para desenvolver uma nova abordagem metodológica denominada *Smartainability*. A finalidade dessa nova metodologia é avaliar em que medida o desenvolvimento das cidades inteligentes persegue objetivos de desenvolvimento sustentável. Também permite estimar, com indicadores qualitativos e quantitativos, até que ponto as cidades inteligentes são mais sustentáveis e inteligentes nos campos ambiental, econômico, energético e social. O sistema *Smartainability* foi implementado na Expo Milano 2015, uma cidade inteligente o que permitiu estimar, para todos os indicadores identificados, até que ponto as soluções inteligentes disponíveis alcançam melhor desempenho do que os ativos tradicionais.

Ahvenniemi et al. (2017) buscam, através da comparação entre 8 sistemas de avaliação de cidades inteligentes e outros 8 sistemas de avaliação de cidades sustentáveis, responder qual a

diferença entre as cidades inteligentes e as sustentáveis. A base de sistemas comparados é bem vasta tornando o estudo um referencial literário sobre a temática. A comparação dos dois tipos de sistemas de avaliação sugere que o objetivo inicial das cidades inteligentes, definido como atingir a sustentabilidade de uma cidade com a ajuda de tecnologias modernas, não é suficientemente abordado nos sistemas de avaliação. Segundo os autores, as estruturas de cidades inteligentes têm uma grande variedade de indicadores, considerando os aspectos econômicos e sociais das cidades. Isso sugere que aspectos ambientais e energéticos podem não ser considerados em uma extensão suficiente nessas estruturas, indicando algumas necessidades futuras de desenvolvimento de sistemas de avaliação de cidades inteligentes ou uma necessidade de redefinir o conceito de cidade inteligente.

Mapar et al. (2017) propõem um conjunto de 80 indicadores, agrupados em 13 categorias (água, ar, energia, resíduos, poluição sonora, planejamento urbano, sistemas naturais, transportes, políticas de desenvolvimento sustentáveis, respostas a emergências, educação e participação, saúde pública e segurança e saúde social) com o objetivo de monitorar os aspectos de Segurança, Meio ambiente e Saúde (SMS) de megacidades. A metodologia foi aplicada na cidade de Teerã, no Iraque e, por fim, os autores concluem que, os indicadores relacionados à temática de SMS devem ser considerados como "indicadores-chave" devendo ser classificados em categorias independentes, para que seus papéis possam ser destacados na gestão e avaliação do desenvolvimento sustentável municipal.

Strzelecka et al. (2017) desenvolveram dois sistemas de avaliação de cidades inteligentes: um sistema chamado de *City Blueprint Framework* (CBF) para água e resíduos e outro sistema para energia, transporte e tecnologia da informação e comunicação chamado *City Amberprint Framework* (CAF). O CBF é composto por 25 indicadores, divididos em 7 categorias representando todo o ciclo da água urbana (qualidade de água, tratamento de resíduos sólidos, serviços básicos de água, tratamento de águas residuais, infraestrutura, robustez climática e governança). Já o CAF é composto de 22 indicadores relacionados às áreas de energia, transporte e tecnologia da informação e comunicação. Ambos os sistemas são aplicados na cidade de Leicester no Reino Unido para validação das plataformas.

Zaman e Swapan (2016) avaliaram o desempenho dos sistemas globais de gestão de resíduos, destacando seus benefícios ambientais e econômicos em diferentes países. Os autores levantaram dados de 168 países de fontes como: *United Nations Waste Data*, *World Bank Waste Data*; *OECD Waste Data*, *Eurostat Waste Data*, dentre outros e apresentaram os resultados usando as técnicas de mapeamento dos Sistemas de Informação Geográfica (GIS). Os benefícios ambientais e econômicos dos sistemas de gestão de resíduos foram analisados usando-se o Índice de Resíduos Zero (ZWI). Por fim, os autores comparam os diversos países sobre a temática de gestão de resíduos.

## COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DISPONÍVEIS – CATEGORIA 2

Essa categoria possui 14 dos 26 artigos selecionados. São trabalhos mais específicos e muitas vezes direcionados para determinada região ou localidade. A maioria dos artigos dessa categoria inclusive, desenvolve um novo sistema de avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis fundamentado em um sistema já disponível na literatura. Como na categoria anterior, nenhum dos artigos aplicou na íntegra os indicadores da norma ISO 37120. A seguir uma breve análise desses trabalhos.

Diaz-Sarachaga e Jato-Espino (2019) desenvolveram um novo sistema para avaliar comunidades e cidades, selecionando 61 indicadores de uma extensa revisão da literatura, concentrando-se em sustentabilidade, inclusão, segurança e resiliência. Essa nova sistemática foi nomeada de RESSICOM - *Resilient, Sustainable, Safe and Inclusive Community Rating System* e foi aplicada na Cidade do México. Os resultados encontrados demonstraram que o RESSICOM pode ser considerado como um grande ponto de partida para avaliar as cidades através de uma abordagem holística, focada em melhorar as condições de vida dos moradores. Os autores também destacam a importância da contribuição dos habitantes, que podem fornecer opiniões para incorporar indicadores ao sistema nas próximas revisões e, que os pesos dos indicadores no RESSICOM também podem ser reconsiderados após avaliação das preocupações dos cidadãos.

Warnecke, Wittstock e Teuteberg (2019) também desenvolveram um sistema de avaliação próprio. Trata-se de uma ferramenta de autoavaliação baseada em questionários via web, usando 36 indicadores divididos nas seguintes subcategorias: economia inteligente, pessoas inteligentes, governança inteligente, mobilidade inteligente, ambiente inteligente e vida inteligente. O modelo desenvolvido é fundamentado em questões que possuem pontuação que varia de um mínimo de 0 até o máximo de 40 pontos cada uma e, para validação do mesmo, foi aplicado em cinco cidades europeias. Assim como no trabalho anterior, os autores destacam a importância de as cidades avaliarem o modelo e incorporar indicadores adicionais ao sistema nas próximas revisões e alertam que a qualidade dos resultados da cidade participante depende da confiabilidade e objetividade das respostas de cada usuário.

Praharaj e Han (2019) desenvolveram um trabalho bem interessante para 100 cidades da Índia. Realizaram uma pesquisa bibliográfica, selecionaram 54 indicadores divididos em 7 áreas (demografia e coesão social, economia e empregos, educação e saúde, estrutura física, comunicação digital, habitação e estilo de vida) e construíram tipologias urbanas para essas 100 cidades separando-as em 4 grupos (*clusters*) distintos. O primeiro grupo foi caracterizado como “cidades periféricas”, onde a infraestrutura básica é uma realidade distante. O segundo grupo representa as cidades de oportunidades e foi rotulado de “cidades líderes” com base na infraestrutura e economia favoráveis. O terceiro grupo foi caracterizado de “cidades em movimento” e representa cidades que proporcionam um nível satisfatório de infraestrutura social, porém diferentemente do grupo anterior, ainda estão para alcançar um nível desejável

de infraestrutura física e digital. E, por fim, o quarto grupo denominado "cidades relutantes" e caracterizado pela falta de capacidade das cidades de influenciar mudanças nos processos de infraestrutura de entrega e processos de governança. Com o estudo, os autores demonstraram o nível de prontidão de cada cidade para se tornarem inteligentes e identificaram fatores-chave e áreas políticas que precisam de atenção nas diferentes regiões para permitir a transformação inteligente dessas cidades.

Przybylowski (2019) apresenta, na primeira parte de seu trabalho, megatendências atuais e os desafios relacionados à qualidade de vida, com especial consideração à questão da mobilidade sustentável. Conforme menciona o autor, seis tendências (forças) devem perturbar ainda mais o cenário da mobilidade urbana, sendo elas: veículos autônomos, economia de compartilhamento, eletrificação de veículos, computação móvel, Internet das Coisas (IoT) e tecnologias de *blockchain*. Na segunda parte do trabalho analisa a ISO 37120:2014, norma essa que foi adotada recentemente pelas aglomerações costeiras polonesas. Trata-se de um artigo introdutório sobre a temática, mas que contextualiza bem a norma e fortalece o caráter de aplicação global que ela possui.

Deng et al. (2017) exploraram o uso de indicadores de sustentabilidade urbana na cidade de Sidney na Austrália e revisaram percepções dos benefícios e problemas associados à ISO 37120:2014 em diversas outras cidades. Concluíram que as cidades usam indicadores de sustentabilidade de várias maneiras, mas que as ligações entre esses indicadores e a tomada de decisões organizacionais são muitas vezes fracas. Sugerem, também no estudo que, indicadores padronizados, como os da ISO 37120, permitem progressos no sentido de vincular os indicadores de sustentabilidade urbana a resultados sustentáveis, incentivando a aprendizagem comparativa entre as cidades e promovendo discussões sobre o que é uma cidade sustentável. Giles-Corti, Lowe e Arundel (2019) examinaram até que ponto os indicadores desenvolvidos pelas Organização das Nações Unidas (ONU) para medir o progresso em relação aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) ajudam no desenvolvimento de cidades mais saudáveis e sustentáveis. Concluem por fim que, um conjunto mais abrangente de indicadores para as cidades poderia ser desenvolvido, que permitisse a essas avaliar e monitorar a implementação de suas próprias políticas, mas também usar um conjunto comum de indicadores de cidades que permitisse comparações entre elas. Ainda conforme os autores, apesar do sistema ISO 37120 possibilitar essa comparação através do *World Council on City Data* (WCCD), o mesmo não desagrega espacialmente seus indicadores; cada cidade informa apenas um único resultado para cada indicador como um todo e isso acaba limitando sua utilidade para os gestores de políticas urbanas.

Zhang, Du e Zhang (2019) descrevem e aplicam, na cidade de Beijing na China, um sistema de avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis denominado *Convenience-of-living* (COL). O COL refere-se à satisfação das pessoas e às acessibilidades de comodidades tangíveis que incluem principalmente instalações comerciais, médicas, educacionais e de entretenimento, como hospitais, restaurantes e escolas. Esse sistema está mais direcionado para a realidade das



cidades chinesas.

Marquez-Ballesteros et al. (2019) desenvolvem uma metodologia para avaliar a sustentabilidade energética de uma cidade baseada na caracterização do uso final energético, sistemas e fluxos energéticos, bem como outros conceitos intrinsecamente relacionados, como a qualidade do ar e a eficiência energética nos transportes e edifícios. Como resultado, um Índice de Sustentabilidade Energética Urbana (*Urban Energy Sustainability Index - UESI*) foi proposto para medir a sustentabilidade energética das cidades e aplicado com sucesso em duas cidades espanholas, Málaga e Barcelona.

González-García et al. (2019) assim como no trabalho anterior, também desenvolveram um novo sistema, porém destinado a avaliar a sustentabilidade dos municípios com base na análise de 38 indicadores relacionados às dimensões social, econômica e ambiental. Aplicaram o modelo em 64 municípios de 313 localizados na Galícia (Noroeste da Espanha). Classificaram os municípios selecionados em três categorias de acordo com seu tamanho populacional de cada um: tamanho médio, tamanho pequeno e vila. Concluíram, ao final do trabalho, que o tamanho municipal é relevante para medir a sustentabilidade.

Marchetti, Oliveira e Figueira (2019) questionaram o uso dos sistemas de avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis disponíveis atualmente para cidades latino-americanas. Segundo os autores, esses sistemas desenvolvidos na Europa, Estados Unidos e Canadá para avaliar os esforços de inteligência e sustentabilidade em curso nas cidades, não são bem projetados para capturar a falta de infraestrutura, ausência de serviços primários e sustentáveis e os problemas derivados de restrições ambientais, econômicas, sociais e políticas, comuns nas cidades latino-americanas. Dessa forma, é desenvolvido um sistema de avaliação teórico com indicadores mais apropriados para avaliar os esforços sustentáveis das cidades no contexto latino-americano, não sendo aplicado de forma prática para validação.

Balducci e Ferrara (2018) utilizaram critérios estatísticos para compreender os principais componentes de políticas inteligentes em 116 cidades italianas. Consideraram a análise nas áreas de novas tecnologias, mobilidade, energia, políticas ambientais, gerenciamento de resíduos e governança e, ao invés de produzir uma classificação geral, o desempenho das cidades foi analisado para cada domínio, com relação à localização geográfica dessas cidades. Assim chegaram à conclusão que em todas as áreas analisadas, as cidades do Norte da Itália mostraram um desempenho superior quando comparadas com as do Sul. Os autores também comentam que muitas contribuições científicas usaram indicadores compostos para classificar as cidades de acordo com seu grau de inteligência e sustentabilidade, porém quase sempre usando métodos não robustos e dados heterogêneos.

Kelemenis e Galiatsatou (2018) apresentaram um sistema de avaliação de sustentabilidade de cidades para o contexto grego usando como ponto de referência a norma internacional ISO 37120:2014 e, dentro dessa estrutura, introduziram uma metodologia para a identificação das prioridades relativas dos municípios. O modelo proposto contempla 14 seções, contra as 17 seções da ISO 37120:2014 e foi aplicado em um município da região de *Attica* na Grécia para

validação.

Bischof et al. (2018) apresentaram uma plataforma denominada *Open City Data Pipeline* que coleta, integra e enriquece dados de indicadores quantitativos sobre cidades, incluindo dados estatísticos básicos sobre demografia, fatores socioeconômicos e dados ambientais, de forma mais automatizada e integrada para facilitar a gestão das cidades inteligentes e sustentáveis. A plataforma analisa os indicadores e dados de 2013 da cidade de Viena baseados na ISO 37120:2014 e, principalmente na *Eurostat Urban Audit*. Na prática, a ferramenta desenvolvida, possibilita a coleta de informações de cidades de diversas fontes, usando métodos estatísticos para previsão de dados ausentes, compila esses dados e os apresenta através da plataforma.

Gibberd (2017) levanta um questionamento sobre a conexão entre os sistemas de avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis disponíveis atualmente e os processos reais de planejamento de infraestrutura das cidades, como por exemplo, os sistemas de energia, água, saneamento, estradas e transportes público. Segundo o autor essa conexão é fraca e, com isso, ele propõe uma estrutura que fortalece o relacionamento entre a estratégia, metas e indicadores de sustentabilidade da cidade e o processo de planejamento e implementação dessa. Usa como fundamentação a ISO 37120:2014 e faz uma aplicação prática na cidade de Joanesburgo na África do Sul.

## DISCUSSÃO

Durante a análise dos artigos, percebe-se três pontos de forma mais evidente: o primeiro é que ainda são raros os estudos abordando a norma ISO 37120 na literatura científica. O segundo é que são, ainda mais raros, os estudos relacionando os sistemas de avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis baseados na ISO 37120 e as cidades latino-americanas. A maioria dos estudos concentra-se em cidades europeias que possuem realidades completamente diferentes das cidades de regiões mais pobres do globo, por exemplo as brasileiras. Já o terceiro ponto observado refere-se à interrelação entre os conceitos de inteligência e sustentabilidade.

Em relação ao primeiro ponto levantado, a quantidade encontrada de artigos nas bases científicas cai vertiginosamente quando o termo ISO 37120 é incluído na busca. Para efeito de comparação, utilizando-se as mesmas três bases de pesquisa desta revisão bibliográfica (*Web of Science, ScienceDirect e Scielo*) e não incluindo-se o termo “ISO 37120” na busca, encontra-se mais de 8.400 (oito mil e quatrocentos) artigos relacionando cidades inteligentes, indicadores e sistemas de avaliação, contra os 77 artigos ao se incluir ISO 37120. Isso reforça que, apesar da norma estar disponível desde 2014, ainda existe um campo vasto para estudos e aplicação da mesma, principalmente quando se trata de cidades latino-americanas.

O esforço, no sentido de direcionar os trabalhos para a aplicação da norma ISO 37120, deve-se ao fato de que, a organização ISO é mundialmente reconhecida pelo seu trabalho de padronização e, apesar da norma em questão não definir metas ou valores mínimos a serem atingidos, os indicadores foram definidos em conjunto com diversos países, sendo assim, uma

base de referência global.

Já em relação à concentração dos estudos dos sistemas de avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis baseados na ISO 37120, observa-se que praticamente 50% das cidades estudadas localizam-se no continente europeu. Na Tabela 1 observa-se a distribuição, por continente, das cidades estudadas nos artigos selecionados para este trabalho de revisão.

**Tabela 1: Quantidade de cidades estudadas por continente**

Continente	Quantidade de Cidades Estudadas	Percentual
Europa	17	48,57%
Ásia	9	25,71%
América do Norte	4	11,43%
América do Sul	2	5,71%
Oceania	2	5,71%
África	1	2,86%

Fonte: Elaborado pelos autores

Uma vez que alguns artigos referenciaram mais de uma cidade, outros não mencionaram nenhuma cidade e outros determinaram uma região ou país para estudo, na Tabela 1 a quantidade de cidades estudadas (35) difere da quantidade de artigos selecionados (26). Nesse caso, considerou-se apenas os artigos que definiram claramente a cidade em estudo.

A fim de procurar entender o porquê desse baixo índice de trabalhos direcionados para as cidades latino-americanas, algumas possíveis causas podem ajudar a explicar essa situação: em primeiro lugar pode existir uma dificuldade para consolidação de informações e/ou dados para mensurar o desempenho dessas cidades, dessa forma inviabilizando o cálculo dos indicadores dos sistemas de avaliação, principalmente os baseados na ISO 37120. Em segundo lugar, percebe-se que grande parte desses sistemas é direcionada para a realidade das cidades europeias, trazendo indicadores que podem não agregar ou atender as reais necessidades das cidades latino-americanas. Some-se a isso também, questões relativas a deficiências nos sistemas de infraestrutura básica dessas cidades, a falta de comprometimento dos órgãos governamentais para desenvolvimento sustentável e permanente dessas cidades, aos altos índices de corrupção e de desvio de dinheiro público, a instabilidade política, a falta de incentivos e políticas públicas de fomento à pesquisa para o desenvolvimento da inteligência e sustentabilidade das cidades latino-americanas e, por fim, a falta de cobrança da sociedade frente aos governantes para avançar em direção a essa temática nas cidades latino-americanas. Todas essas causas podem explicar essa baixa quantidade de estudos para as cidades fora do eixo Europa-Ásia.

Por fim, percebe-se uma forte conexão entre a inteligência e a sustentabilidade das cidades, sendo bem difícil dissociar um conceito do outro. Inclusive nos conceitos de cidades inteligentes e nos diversos sistemas de avaliação estudados, um tema sempre está ligado ao outro. Todos os



26 trabalhos analisados correlacionaram de alguma forma a inteligência com a sustentabilidade das cidades/regiões estudadas. Apesar de serem conceitos distintos, observa-se que, para ser inteligente uma cidade deve necessariamente apresentar características sustentáveis.

## CONCLUSÃO

Este artigo propôs-se a apresentar uma revisão bibliográfica dos sistemas para avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis disponíveis na literatura científica. Para isso, considerou-se três bases de pesquisa: *ScienceDirect*, *Web of Science* e *Scielo*. Selecionou-se os textos que abordavam sistemas para avaliação de cidades inteligentes e que apresentavam algum tipo de conexão com a norma ISO 37120. Para essa revisão excluiu-se: livros, capítulos de livros, editoriais, apresentações, entre outros formatos de textos, por não passarem por revisão de pares, como os artigos científicos. Por fim, selecionou-se 26 artigos para análise e cruzamento de informações e, após leitura dos mesmos, as principais características de cada um desses artigos foram elencadas para possibilitar a comparação e a visualização de tendências em relação à temática estudada.

Percebe-se com o estudo realizado, a importância do tema para o horizonte que se enxerga em relação à urbanização das cidades e para o desenvolvimento sustentável dessas e que carecem estudos direcionados para as cidades latino-americanas, em especial as brasileiras, a fim de poder-se comparar o desempenho dessas cidades com diversos bancos de dados mundiais já disponíveis.

Apesar de ser um tema em crescente importância no meio acadêmico e empresarial, observa-se que ainda é tímida a discussão e aplicação dos conceitos de cidades inteligentes no Brasil de forma sistematizada. Poucos são os trabalhos relacionando o tema, e muito menos ainda, são os trabalhos considerando os cálculos dos indicadores disponíveis no padrão da ISO 37120. Por meio deste artigo, é possível visualizar o que foi desenvolvido sobre sistemas para avaliação de cidades inteligentes nos últimos 5 anos e os resultados obtidos em diversas regiões do globo. Busca-se também, além do que já foi exposto anteriormente, despertar e fomentar o interesse pela temática nas esferas acadêmica, empresarial e governamental brasileiras, uma vez que, dessa forma, oportuniza-se uma série de benefícios para o desenvolvimento das cidades.

Portanto, como complemento a esta revisão bibliográfica, sugere-se como trabalhos futuros, uma pesquisa considerando bases diferentes das utilizadas nesse artigo, o aprofundamento da temática para a realidade brasileira e a realização de estudos para levantar dados de inteligência e sustentabilidade de cidades brasileiras, utilizando-se como base os indicadores disponíveis na ISO 37120.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 37120:2017: Desenvolvimento sustentável de comunidades — Indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida**. Rio de Janeiro. 2017.



AHVENNIEMI, Hannele e colab. **What are the differences between sustainable and smart cities?** *Cities*, v. 60, p. 234–245, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.009>>.

BALDUCCI, Francesco e FERRARA, Alessandra. **Using urban environmental policy data to understand the domains of smartness: An analysis of spatial autocorrelation for all the Italian chief towns.** *Ecological Indicators*, v. 89, n. February, p. 386–396, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.064>>.

BISCHOF, Stefan e colab. **Enriching integrated statistical open city data by combining equational knowledge and missing value imputation.** *Journal of Web Semantics*, v. 48, p. 22–47, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.websem.2017.09.003>>.

DALL’O, Giuliano e colab. **Evaluation of cities’ smartness by means of indicators for small and medium cities and communities: A methodology for Northern Italy.** *Sustainable Cities and Society*, v. 34, n. July, p. 193–202, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2017.06.021>>.

DENG, Derui e colab. **Urban Sustainability Indicators: how do Australian city decision makers perceive and use global reporting standards?** *Australian Geographer*, v. 48, n. 3, p. 401–416, 2017.

DIAZ-SARACHAGA, Jose Manuel e JATO-ESPINO, Daniel. **Development and application of a new Resilient, Sustainable, Safe and Inclusive Community Rating System (RESSICOM).** *Journal of Cleaner Production*, v. 207, p. 971–979, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.061>>.

ESCOLAR, Soledad e colab. **A Multiple-Attribute Decision Making-based approach for smart city rankings design.** *Technological Forecasting and Social Change*, v. 142, n. July 2018, p. 42–55, 2019.

FOX, Mark S. **The role of ontologies in publishing and analyzing city indicators.** *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 54, p. 266–279, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2015.09.009>>.

GARRIDO-PIÑERO, Julia e MERCADER-MOYANO, Pilar. **EIAMUO methodology for environmental assessment of the post-war housing estates renovation: Practical application in Seville (Spain).** *Environmental Impact Assessment Review*, v. 67, n. August 2016, p. 124–133, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ear.2017.09.004>>.

GIBBERD, Jeremy. **Strengthening Sustainability Planning: The City Capability Framework.** *Procedia Engineering*, v. 198, n. September 2016, p. 200–211, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.084>>.

GILES-CORTI, Billie e LOWE, Melanie e ARUNDEL, Jonathan. **Achieving the SDGs: Evaluating indicators to be used to benchmark and monitor progress towards creating healthy and sustainable cities.** *Health Policy*, p. 1–10, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2019.03.001>>.

GIRARDI, Pierpaolo e TEMPORELLI, Andrea. **Smartainability: A Methodology for Assessing the Sustainability of the Smart City.** *Energy Procedia*, v. 111, n. September 2016, p. 810–816, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.243>>.

GONZÁLEZ-GARCÍA, Sara e colab. **Embedding environmental, economic and social indicators in the evaluation of the sustainability of the municipalities of Galicia (northwest of Spain).** *Journal of Cleaner Production*, v. 234, p. 27–42, 2019.

HUOVILA, Aapo e BOSCH, Peter e AIRAKSINEN, Miimu. **Comparative analysis of standardized indicators for Smart sustainable cities: What indicators and standards to use and when?** *Cities*, v. 89, n. January, p. 141–153, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.01.029>>.

ISO. **ISO 37120 briefing note: the first ISO International Standard on city indicators.** 2014. Disponível em: <[https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/37120\\_briefing\\_note.pdf](https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/37120_briefing_note.pdf)>. Acesso em: 11/10/2019.



KELEMENIS, Alecos e GALIATSATOU, Panagiota. **A methodological approach to identify policy priorities of municipalities in Greece.** Energy Procedia, v. 153, p. 376–382, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.10.051>>.

MAPAR, Mahsa e colab. **Sustainability indicators for municipalities of megacities: Integrating health, safety and environmental performance.** Ecological Indicators, v. 83, n. October 2016, p. 271–291, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.012>>.

MARCHETTI, Dalmo e OLIVEIRA, Renan e FIGUEIRA, Ariane Roder. **Are global north smart city models capable to assess Latin American cities? A model and indicators for a new context.** Cities, v. 92, n. April 2018, p. 197–207, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.04.001>>.

MARQUEZ-BALLESTEROS, Maria Jose e colab. **Measuring urban energy sustainability and its application to two Spanish cities: Malaga and Barcelona.** Sustainable Cities and Society, v. 45, n. November 2018, p. 335–347, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.10.044>>.

MAZZI, Anna e colab. **The combination of an Environmental Management System and Life Cycle Assessment at the territorial level.** Environmental Impact Assessment Review, v. 63, p. 59–71, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2016.11.004>>.

MOSCARELLI, Fernanda e KLEIMAN, Mauro. **Os desafios do planejamento e gestão urbana integrada no Brasil: análise da experiência do Ministério das Cidades.** Urbe, v. 9, n. 2, p. 157–171, 2017.

MOSCHEN, Suane A. e colab. **Sustainable development of communities: ISO 37120 and UN goals.** International Journal of Sustainability in Higher Education, v. 20, n. 5, p. 887–900, 2019.

ONU. **Revision of World Urbanization Prospects.** Organização da Nações Unidas, 2018. Disponível em <<https://population.un.org/wup/>>. Acesso em 12/05/2019.

PRAHARAJ, Sarbeswar e HAN, Hoon. **Building a typology of the 100 smart cities in India.** Smart and Sustainable Built Environment, v. 8, n. 5, p. 400–414, 2019.

PRZYBYŁOWSKI, A. **Global Trends Shaping Life Quality in Agglomerations with Particular Emphasis on Mobility in Seaport Agglomerations.** Transnav-International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, v. 13, n. 3, p. 615–620, 2019.

SHMELEV, Stanislav E. e SHMELEVA, Irina A. **Multidimensional sustainability benchmarking for smart megacities.** Cities, v. 92, n. April, p. 134–163, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.03.015>>.

STRZELECKA, Anna e colab. **Integrating Water, Waste, Energy, Transport and ICT Aspects into the Smart City Concept.** Procedia Engineering, v. 186, p. 609–616, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.277>>.

WARNECKE, Danielle e WITTSTOCK, Rikka e TEUTEBERG, Frank. **Benchmarking of European smart cities – a maturity model and web-based self-assessment tool.** Sustainability Accounting, Management and Policy Journal, v. 10, n. 4, p. 654–684, 2019.

WCCD. **Open Data Portal.** Disponível em: <<http://open.dataforcities.org/>>. Acesso em: 10/05/2019.

ZAMAN, Atiq Uz e SWAPAN, Mohammad Shahidul Hasan. **Performance evaluation and benchmarking of global waste management systems.** Resources, Conservation and Recycling, v. 114, p. 32–41, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.06.020>>.

ZHANG, Xiuyuan e DU, Shihong e ZHANG, Jixian. **How do people understand convenience-of-living in cities? A multiscale geographic investigation in Beijing.** ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v. 148, n. December 2018, p. 87–102, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.12.016>>.