

Cidades circulares inteligentes: mapa de oportunidades com interface aos objetivos do desenvolvimento sustentável

Smart circular cities: opportunities map connecting to the Sustainable development goals

Ciudades circulares inteligentes: mapa de oportunidades conectado a los Objetivos de desarrollo sostenible

DOI: 10.55905/ijsmtv10n3-034

Originals received: 04/15/2024

Acceptance for publication: 05/20/2024

Enido Fabiano Ramos

Doutorando em Administração de Empresas

Instituição: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Endereço: Rua Pedro Zaccaria, 1300, Bloco Verde, 2A, sala 95, Limeira - São Paulo

E-mail: e225451@dac.unicamp.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6920-7737>

Ieda Kanashiro Makiya

Pós-doutora em Engenharia

Instituição: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Endereço: Rua Pedro Zaccaria, 1300, Bloco Verde, 2A, sala 95, Limeira - São Paulo

E-mail: iedakm@unicamp.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7607-6939>

RESUMO

As cidades inteligentes (CI), cujo termo em inglês é *smart cities*, conectam os principais sistemas de infraestrutura das cidades para que se tornem facilmente interoperáveis, eficientes, sustentáveis e mais acessíveis aos seus habitantes. Elas podem melhorar o nível da qualidade de vida da população e reduzir o tempo para as tomadas de decisão dos agentes locais, a partir da interconectividade estabelecida e convergência das informações, até que elas estejam disponíveis às partes interessadas e aos cidadãos. Já realidade em alguns continentes e países cujos produtos internos brutos (PIBs) lideram os *rankings* mundiais, como Europa, Estados Unidos e China, o número de cidades inteligentes no Brasil, apesar de incipiente, tem ganhado notoriedade à medida que mais empresas e governos investem nos setores envolvidos. Neste estudo, conectamos CIs aos conceitos da economia circular (EC) como possibilidade de integrar e potencializar seus objetivos-fim, em especial por sua proposta de execução, que envolve o compartilhamento, o aluguel, a reutilização, a reparação, a renovação e a reciclagem de materiais e produtos, efetivando a ampliação do ciclo de vida útil dos produtos sempre que possível, resultando em qualidade de vida superior e sustentável da população. Este estudo exploratório contribui na viabilização de práticas sustentáveis e *smarts* ao Brasil,

apresentando aos gestores um *framework* prático para implantação e avaliação das cidades *circulares inteligentes*, resultado da revisão bibliométrica e constructos de renomados centros de fomento do tema pelo mundo.

Palavras-chave: cidades inteligentes, economia circular, sustentabilidade, objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS).

ABSTRACT

Smart cities (SC) connect cities' main infrastructure systems so that they become easily interoperable, efficient, sustainable, and more accessible to their inhabitants. They can improve the population's quality of life and reduce the time taken for local agents to make decisions, based on the established interconnectivity and convergence of information, until it is available to interested parties and citizens. Already a reality in some continents and countries whose gross domestic products (GDPs) lead the world rankings, such as Europe, the United States and China, the number of smart cities in Brazil, despite being incipient, has gained notoriety as more companies and governments invest in the sectors involved. In this study, we connect CIs to the concepts of the circular economy (CE) as a possibility to integrate and enhance their ultimate objectives, especially due to their implementation proposal, which involves sharing, renting, reuse, repair, renewal and recycling of materials and products, extending the useful life cycle of products whenever possible, resulting in a superior and sustainable quality of life for the population. This exploratory study contributes to the feasibility of sustainable and smart practices in Brazil, presenting managers with a practical framework for implementing and evaluating smart circular cities, the result of a bibliometric review and constructs from renowned centers promoting the topic around the world.

Keywords: smart cities, circular economy, sustainability, sustainable development goals (SDGs).

RESUMEN

Las ciudades inteligentes (CI), cuyo término en inglés es *smart cities*, conectan los principales sistemas de infraestructura de las ciudades para que sean fácilmente interoperables, eficientes, sostenibles y más accesibles para sus habitantes. Pueden mejorar la calidad de vida de la población y reducir el tiempo que tardan los agentes locales en tomar decisiones, basándose en la interconectividad y convergencia de información establecida, hasta que esté disponible para los interesados y los ciudadanos. Ya una realidad en algunos continentes y países cuyo producto interno bruto (PIB) lidera el ranking mundial, como Europa, Estados Unidos y China, el número de ciudades inteligentes en Brasil, apesar de ser incipiente, ha ganado notoriedad a medida que más empresas y gobiernos invertir en los sectores involucrados. En este estudio conectamos las CIs con los conceptos de economía circular (EC) como una posibilidad para integrar y potenciar sus objetivos finales, especialmente por su propuesta de implementación, que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales. y productos, ampliando el ciclo de vida útil de los productos siempre que sea posible, resultando en una calidad de vida superior y sostenible para la población. Este estudio exploratorio contribuye a habilitar prácticas sostenibles e inteligentes en Brasil, presentando a los gestores un marco práctico

para implementar y evaluar ciudades circulares inteligentes, resultado de una revisión bibliométrica y constructos de reconocidos centros que promueven el tema en todo el mundo.

Palabras clave: ciudades inteligentes, economía circular, sostenibilidad, objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

1 INTRODUÇÃO

As cidades inteligentes (CI), cujo termo em inglês é *smart cities*, conectam os principais sistemas de infraestrutura das cidades para que se tornem facilmente interoperáveis, eficientes, sustentáveis e mais acessíveis aos seus habitantes.

Isso pode melhorar o nível da qualidade de vida da população e reduzir o tempo para as tomadas de decisão dos agentes locais, tudo isso a partir da interconectividade estabelecida e convergência das informações, até que elas literalmente estejam “na palma das mãos” das partes interessadas e cidadãos.

Já realidade em alguns continentes e países cujas economias (PIB) lideram os rankings mundiais, como Europa, Estados Unidos e China, o número de cidades inteligentes no Brasil, apesar de incipiente, tem ganhado notoriedade à medida que mais empresas e governos investem nos setores envolvidos.

Neste estudo, conectamos cidades inteligentes (CI) aos conceitos da economia circular (EC) como uma possibilidade de integrar e potencializar seus objetivos-fim, em especial, por sua proposta de execução que envolve o compartilhamento, aluguel, a reutilização, reparação, renovação e reciclagem de materiais e produtos, efetivando a ampliação do ciclo de vida útil dos produtos sempre que possível, tendo como resultante uma qualidade de vida superior e sustentável.

Este estudo exploratório contribui na viabilização de práticas sustentáveis e “smarts” ao país, apresentando um framework prático para implantação e avaliação aos gestores das cidades circulares inteligentes, resultado da revisão bibliométrica e constructos de renomados centros de fomento dos temas pelo mundo.

2 VISÃO GERAL DAS CIDADES INTELIGENTES E DA ECONOMIA CIRCULAR

2.1 A EVOLUÇÃO DAS CIDADES INTELIGENTES

A parcela da população nas cidades continua a crescer, e é provável que chegue a mais de 80% até 2050 (United Nations, 2022) gerando amplos desafios em relação à poluição do ar, congestionamentos, gestão de resíduos e saúde humana (United Nations, 2023).

As áreas urbanas também estão promovendo transformação inovadora, incubadoras de novos conceitos e ideias, direcionando ambos: economia global e local e, além disso, criando oportunidade de trabalho e bem-estar. As cidades são lugares dinâmicos onde a mudança pode acontecer em uma escala maior e em um ritmo mais rápido, e são lugares privilegiados (Cappellaro *et al.*, 2019).

Entretanto, apesar de ser um tema importante para o futuro, tem uma trajetória já percorrida por pelo menos 30 anos, segundo Marsal-Llacuna, Colomer-Llinàs e Meléndez-Frigola (2015), o monitoramento urbano começou na década de 1990, quando a Agenda Local 21 da ONU - Organização das Nações Unidas em 1992 (CGdd, 2009) estabeleceu indicadores para monitorar a sustentabilidade das áreas urbanas. Pensando nessa lógica, este artigo investiga as formas como os conceitos de cidades inteligentes e economia circular podem convergir para uma gestão sustentável de recursos e estratégias.

De acordo com EMF (2021), a economia circular (EC) nas cidades deve basear-se em três princípios:

- a) regenerar o sistema natural, preservando e aprimorando o capital natural;
- b) manter produtos e materiais em uso e reduzir utilização de materiais virgens;
- c) projetar resíduos e poluição.

Com isso, em nível urbano, a EC pode atuar como um processo restaurador e regenerativo.

O primeiro princípio prevê condições de regeneração, tanto do solo como pela utilização de recursos renováveis. O segundo princípio consiste em manter materiais e produtos circulando pelo seu uso eficiente, pela reutilização, reparação e pelo

compartilhamento de mercadorias, sempre objetivando o prolongamento de sua vida útil (McDonough; Braungart, 2009; Geissdoerfer; Savaget; Evans, 2017; Korhonen; Honkasalo; Seppälä, 2018; EMF, 2021). Por fim, o terceiro princípio visa eliminar o Resíduo e reduzir as emissões poluentes. Este princípio ocupa uma posição prioritária na hierarquia nas legislações e políticas europeias (European Union, 2018).

De acordo com Ahvenniemi *et al.* (2017), o objetivo geral das cidades inteligentes é melhorar a sustentabilidade com a ajuda da tecnologia. Assim, os autores recomendam o uso de um termo mais diretivo “cidades inteligentes e sustentáveis” em vez de cidades inteligentes. No entanto, a grande lacuna atual entre as cidades inteligentes e as estruturas de cidades sustentáveis sugere que há a necessidade de desenvolver estruturas de mais cidades inteligentes ou redefinir o conceito de cidade inteligente. Recomendamos que a avaliação do desempenho de cidades inteligentes não deve apenas utilizar indicadores de produção que medem a eficiência da implantação de soluções inteligentes, mas também indicadores de impacto que meçam a contribuição para os objetivos finais, como a sustentabilidade ambiental, econômica ou social.

Para contribuir neste constructo, incluímos a economia circular neste estudo, logo, fomos buscar o artigo mais citado sobre a temática (Korhonen; Honkasalo; Seppälä, 2018).

ESS (2021) aponta a economia circular (EC) como atualmente um importante conceito popular promovido pela União Europeia, por vários governos nacionais e por muitas empresas ao redor do mundo. A EC é importante pelo seu poder de atrair tanto a comunidade empresarial quanto a comunidade formuladora de políticas para o trabalho de sustentabilidade.

Segundo Granelli (2012), uma *smart city* representa “um novo tipo de bem comum, uma grande infraestrutura tecnológica e imaterial que faz com que pessoas e objetos se conectem entre si, de forma que integre informações e gere inteligência, fomenta a inclusão e melhora o cotidiano”. Em uma cidade inteligente, a sustentabilidade social, econômica e ambiental está intimamente relacionada.

Uma compreensão mais ampla das cidades inteligentes também destaca o uso de tecnologias modernas, mas as vê principalmente como um facilitador para uma melhor qualidade de vida e para a redução dos impactos ambientais (IEEE, 2020).

As cidades têm papel fundamental na luta contra as mudanças climáticas, e a implantação de novas tecnologias inteligentes é vista como fator-chave para diminuir as emissões de gases de efeito estufa e melhorar a eficiência energética de si mesmas. Essas tecnologias precisam ser inteligentes, enxutas, integradas, econômicas e eficientes em recursos, e devem ter um impacto não apenas nas metas de sustentabilidade ambiental, mas também no bem-estar dos cidadãos e na sustentabilidade financeira (Ahvenniemi *et al.*, 2017).

2.2 A ECONOMIA CIRCULAR NAS CIDADES

A cidade circular está emergindo como novo conceito e forma de prática no desenvolvimento urbano sustentável, em resposta aos desafios complexos e urgentes da urbanização, aos quais se incluem mudanças climáticas, aumento das desigualdades e implantação de capital natural (Gravagnuolo; Angrisano; Girard, 2019).

Estratégias circulares da cidade podem contribuir para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, em especial o ODS11 (em cidades seguras, inclusivas, resilientes e sustentáveis) e ODS12 (sobre produção e consumo sustentáveis).

De acordo com Cappellaro *et al.* (2019) a aplicação dos princípios da EC nas cidades permitirá fomentar o desafio de transformá-las em agregados circulares, a adoção destes princípios pode ser apoiada no diagrama de sistemas de economia circular introduzido pela EMF (2019) e que consiste nas seguintes seis estratégias: regeneração, compartilhamento, otimização, *loops*, virtualização e troca. Em particular, a regeneração diz respeito a um amplo conjunto de ações que mantêm e melhoram a biocapacidade da Terra. A estratégia de compartilhamento visa obter um total de nós de mercadorias, eliminando Resíduos e duplicações. A otimização está relacionada à remoção de resíduos e ineficiências nas fases do ciclo de vida das mercadorias, como fabricação, distribuição, uso etc. A estratégia de *loop* visa processar recursos para fechar o ciclo e recolocá-los na economia, ao invés de perdê-los em um aterro sanitário. A virtualização promove a desmaterialização de bens e produtos. Finalmente, a troca é o processo de troca de novas

tecnologias, atualização ou substituição de formas mais antigas de fazer as coisas (Gravagnuolo; Angrisano; Girard, 2019).

Como apresentado por Korhonen, Honkasalo, Seppälä (2018), o modelo de economia circular foi definido como um modelo econômico conhecido por ser regenerativo por design, com o objetivo de manter o máximo de valor possível de produtos, peças e materiais, com foco no ciclo de vida dos materiais para fechar o ciclo recuperando todos os resíduos como recurso para novos ciclos produtivos, previsto desde seu design.

Esse princípio também tem sido apresentado como a abordagem berço-a-berço, na qual todos os materiais e produtos são recuperados e regenerados em seu fim de vida útil. Espera-se um aumento relevante da produtividade global do sistema econômico aplicando um modelo de economia circular aos padrões atuais de produção linear-consumo, desacoplando o crescimento do consumo de recursos por meio do reaproveitamento e, assim, a prolongamento do ciclo de vida de materiais e produtos projetando resíduos (McDonough; Braungart, 2009).

Isso permite a obtenção de mais produção com menos entrada, alcançando o modelo Fator 10, com a intenção de reduzir criticamente a quantidade de insumo e aumentar a produtividade em 10 vezes em relação aos modelos de produção atuais, aplicando tecnologias inovadoras e avançadas capazes de reduzir a necessidade de matérias-primas, água doce, solos férteis e fontes de energia não renováveis para fins de produção (Ahvenniemi *et al.*, 2017).

Uma das principais referências sobre economia circular na prática encontramos no Sistema Estatístico Europeu (ESS, 2021), que conta com o Eurostat produzindo índices europeus em parceria com os institutos nacionais de estatística e outras autoridades nacionais dos Estados-Membros da EU, incluindo autoridades estatísticas dos países do Espaço Econômico Europeu (EEE) e da Suíça.

Tabela 1. Principais indicadores de economia circular

Produção e consumo	Autossuficiência da UE para matérias-primas	ODS 12 Consumo e Produção Responsáveis
	Geração de resíduos municipais per capita	
	Geração de resíduos, excluindo os principais resíduos minerais por unidade de PIB	
	Geração de resíduos, excluindo os principais resíduos minerais por consumo de material doméstico	
Gerenciamento de resíduos	Taxa de reciclagem de lixo municipal	ODS 06 Água Limpa e Saneamento
	Taxa de reciclagem de todos os resíduos, excluindo os principais resíduos minerais	
	Taxa de reciclagem de resíduos de embalagens por tipo de embalagem	
	Taxa de reciclagem de lixo eletrônico	
	Reciclagem de biorresíduos	
Matérias-primas secundárias	Taxa de recuperação de resíduos de construção e demolição	ODS 11 Cidades e Comunidades Sustentáveis
	Contribuição de materiais reciclados para a demanda de matérias-primas - taxas de entrada de reciclagem de fim de vida	
	Taxa de uso de material circular	
	Comércio de matérias-primas recicláveis	
Competitividade e inovação	Investimentos privados, empregos e valor adicionado bruto relacionados aos setores da economia circular	ODS 09 – Inovação infraestrutura
	Patentes relacionadas à reciclagem e matérias-primas secundárias	

Fonte: Adaptado de ESS (2021) e United Nations (2023)

3 UNINDO OS CONCEITOS: CIDADES CIRCULARES E INTELIGENTES

O estudo de Ramaprasad, Sánches-Ortiz e Syn (2017) apresenta critérios de cidades inteligentes de notórias instituições exclusivamente voltadas ao conceito: Smart City Council, órgão agregador de redes de empresas assessoradas por universidades, laboratórios e órgãos de padronização, que apresenta três clusters classificatórios de uma cidade considerada inteligente: habitabilidade (*livability*), empregabilidade (*workability*) e sustentabilidade (*sustainability*),

Outra classificação notória é apresentada pelo *Connected Smart Cities*, o ranking que analisa 70 indicadores em todas as cidades com mais de 50 mil habitantes, em 11 eixos temáticos, identificando as cidades mais inteligentes em setores como: mobilidade, urbanismo, saúde, educação, economia etc.

Tabela 2. Eixos temáticos Connected Smart Cities – CSC (2020)

1. Mobilidade e acessibilidade
2. Urbanismo
3. Meio ambiente
4. Energia
5. Tecnologia e inovação
6. Educação
7. Saúde
8. Segurança
9. Empreendedorismo
10. Economia
11. Governança

Fonte: Adaptado do Ranking (2020)

Convergingo aos Eixos e Indicadores das agências de EC e CI, esta pesquisa aprofunda análise em 36 artigos selecionados na Web of Science, ensaiamos uma classificação por tema: EC, CI e sustentabilidade, incluindo análise e destaque ao conceito central de cada estudo, conforme exposto a seguir.

Tabela 3. Conceitos relevantes discutidos em cidades circulares inteligentes

TEMA	CON- CEITO	DIMENSÕES	TÍTULO DO AR- TIGO	AUTORES	ANO
ECONO- MIA CIRCUL- LAR	Indústria da constru- ção	Estoques de materiais de construção; análise de fluxo de material; edifícios residenciais; construção; metabolismo; modelo; tempo; gás	Desenvolvimento de um cadastro de recursos urbanos para economia circular: um caso de Odense, Dinamarca.	Lanau; Liu	2020
	Ecossis- tema	Responsabilidade social corporativa da arte; <i>Big Data</i> ; cadeia de suprimentos; eficiência energética; cuidados de saúde; estrutura; inteligente; internet	Indústria 4.0 e desenvolvimento sustentável: um mapeamento sistemático do resultado triplo, economia circular e perspectivas de modelos de negócios sustentáveis.	Khan; Ahmad; Majava	2021
		Criação de valor; cidades inteligentes; modelo; sustentabilidade; plataformas; economia	Inovação do ecossistema circular: um conjunto inicial de princípios.	Konietzko; Bocken; Hultink	2020
	Índices	Ecoeficiência; desafios; história; china; modelo	Caminhos para a economia circular regional avaliada por análise de fluxo de material e	Gao <i>et al.</i>	2020



TEMA	CON- CEITO	DIMENSÕES	TÍTULO DO AR- TIGO	AUTORES	ANO
			dinâmica do sis- tema.		
		Tomada de decisão; regeneração ur- bana; patrimônio industrial; reutiliza- ção sustentável; estratégias; ativos; valores; modelo	Valorização do pa- trimônio cultural através do reaproveitamento adapta- tivo: uma aborda- gem multicriterial para avaliar o Cas- tello Visconteo, em Cusago (Itá- lia).	Dell'Ovo <i>et al.</i>	2021
Mobilidade	Gestão		Mobiletrust: inte- gração segurança da informação.	Hatzivasilis <i>et al.</i>	2020
Pobreza	Soluções do lado da demanda; susten- tabilidade; mobilidade; design; poder		Covid, cidades e clima: precedentes históricos e possí- veis transições para a nova econo- mia.	Newman Ao	2020
Ciclo de Vida do Produtos	Percepção do toque; materiais inteli- gentes; design; consumo; produto; oti- mização; eficiência; emissões; atitu- des; fricção		Fechando o loop sobre o lixo eletrô- nico: uma perspec- tiva multidiscipli- nar	Bridgens <i>et al.</i>	2017
Turismo	Prestação de serviços; cidade inteli- gente; concorrência; veículo autô- nomo.		Inovações no transporte público local: significado para a comunidade local.	Trippner- Hrabi; Pod- górnjak- Krzykacz	2018
	Turismo inteligente; cocriação; tecno- logia; informações; fundações; gestão; experiências; conhecimento; pro- gresso; mídia		A revolução digi- tal na indústria de viagens e turismo.	Pencarelli	2020
Resíduo	Comportamento planejado; comporta- mento de reciclagem; serviços de ges- tão; comportamento dos consumido- res.		Hábitos e atitudes de resíduos plásti- cos domésticos: um estudo piloto na cidade de Va- lência.	Cerasi <i>et al.</i>	2021
	Resíduos sólidos; economia circular; lixo doméstico; coleta seletiva; resí- duos municipais; Resíduo zero; ges- tão; geração; desempenho; energia		Estudo de caso do sistema de coleta de lixo porta a porta: uma pes- quisa sobre sua sustentabilidade e eficácia.	Laurieri <i>et al.</i>	2020
CIDADE INTELI- GENTE	Indústria da constru- ção	Estoques de materiais de construção; análise de fluxo de material; edifícios	Agência em ecos- sistemas urbanos circulares:	Hirvensalo <i>et al.</i>	2021

TEMA	CON- CEITO	DIMENSÕES	TÍTULO DO AR- TIGO	AUTORES	ANO
		residenciais; construção; metabo- lismo; modelo; hora	perspectiva de ra- cionalidades.		
	Ecossis- tema	Cidade compacta; crescimento; pre- feitos; iniciativas; liderança; encolhi- mento; transporte	Percepções de áreas prioritárias de políticas e in- tervenções para a sustentabilidade urbana nos muni- cípios poloneses: as cidades polone- sas podem se tor- nar inteligentes, inclusivas e ver- des?	Przywojska; Podgórnjak- Krzyszczak; Wiktorowicz	2019
	Índices	Indústrias criativas; economia circu- lar; cidades inteligentes; cidade; ino- vação; índice; informações; estraté- gias; política; sistemas	Indicadores para medir o desempe- nho do empreen- dimento urbano sustentável: um estudo de caso em- pírico aplicado a cidades portuque- sas.	Franco; Ro- drigues	2022
		Cidades inteligentes; desenvolvi- mento sustentável; resiliência urbana; construção; paisagem; dimensões; gestão; inovação; design; sistema	Estratégias de eco- nomia circular em oito cidades portu- árias históricas: critérios e indica- dores para um quadro de avalia- ção de cidades cir- culares.	Gravagnuolo; Angrisano; Girard	2019
	Mobilidade	Reflexões sobre as matrizes vigente	Desenvolvimento da economia circu- lar em cidades in- teligentes baseadas em FPGA e senso- res sem fio.	Li <i>et al.</i>	2021
	Comparti- lhamento economia	Teoria da prática social; consumo de energia; consumo colaborativo; siste- mas de informação; práticas de aque- cimento; construção física; mudança de comportamento; codestruição; re- des inteligentes; procura	O advento das teo- rias da prática em pesquisas sobre consumo sustentá- vel: direções pas- sadas, atuais e fu- turas do campo.	Corsini <i>et al.</i>	2019
	Turismo	Sistemas de gestão; economia verde; desempenho; integração; recurso; tu- rismo; energia; água	Sobre a evolução da produção mais limpa como um conceito e uma prática.	Hens <i>et al.</i>	2018



TEMA	CON- CEITO	DIMENSÕES	TÍTULO DO AR- TIGO	AUTORES	ANO
Resíduo	Pneus de sucata		Desenvolvimento sustentável de cidades inteligentes no contexto da implementação do programa de reciclagem de pneus.	Khudyakova; Shmidt; Shmidt	2020
		Resíduos sólidos; educação; barreiras	A gestão dos resíduos municipais através da economia circular no contexto do desenvolvimento de cidades inteligentes.	Aceleanu <i>et al.</i>	2019
		Avaliação do ciclo de vida; Resíduo de alimentos; sustentabilidade ambiental; sistema de gestão; áreas urbanas; impacto; ilha	Comparação baseada em LCA de dois sistemas de coleta de resíduos sólidos urbanos de fração orgânica em centros históricos na Espanha.	Laso <i>et al.</i>	2019
	Resíduo	Smes; política de resíduos; reciclagem; cidades circulares	Gestão de Resíduos em Pequenas e Médias Empresas (Smes) - Uma Barreira ao Desenvolvimento de Cidades Circulares.	Woodard	2020
		Gestão de resíduos sólidos; água potável; sustentabilidade; consumo; cidades	Investigando práticas urbanas de economia circular em Centocelle, Distrito de Roma.	Cappellaro <i>et al.</i>	2019
		Mudanças climáticas; indicadores de desempenho; gestão; água da chuva; cidades; confiabilidade; água cinza; economia; economias; opção	Para bairros circulares de água: suporte de decisão baseado em simulação para sistemas integrados de água urbana descentralizada.	Bouziotas <i>et al.</i>	2019
		Gestão; cidades; internet; coisas; China	A interação da economia circular com a indústria 4.0 possibilitou motoristas de cidades inteligentes de descarte de resíduos em saúde.	Chauhan; Jakhar; Chauhan	2020



TEMA	CON- CEITO	DIMENSÕES	TÍTULO DO AR- TIGO	AUTORES	ANO
SUSTEN- TABILI- DADE	Conectivi- dade	Metabolismo urbano, sustentabili- dade, resiliência	Transição para lu- gares urbanos inte- ligentes e regene- rativos (Srup): Contribuições para uma nova estrutura conceitual.	Peponi; Mor- gado	2020
		Sistemas de informação; sustentabili- dade; livro distribuído; ambiente construído	Habilitando uma economia circular no setor de ambi- ente construído através da tecnolo- gia blockchain.	Shojaei <i>et al.</i>	2021
		Inteligência artificial AI; inovação do modelo de negócio; urbanismo inteli- gente impulsionado; avaliação do ci- clo de vida; análise de Big Data; de- senvolvimento sustentável; apoiar a sustentabilidade; veículos autônomos; sistema de gestão; gestão de energia	Tecnologias digi- tais para eficiência do metabolismo urbano: lições da parceria agenda urbana sobre eco- nomia circular.	D'Amico <i>et al.</i>	2021
	Energia	Aquecimento distrital; economia de energia; inteligente	Um novo modelo colaborativo para um planejamento metropolitano ho- lístico e sustentá- vel.	Valpreda <i>et al.</i>	2018
		Negócios; modelo	O uso da tecnolo- gia led e da bio- massa para impul- sionar a ilumina- ção pública em um contexto local: o caso de Baeza (Es- panha).	Molina-Mo- reno <i>et al.</i>	2018
		Ambiente Smes; eficiência energética; abordagem holística	Soluções inteli- gentes e oportuni- dades para aqueci- mento distrital: o caso de Budapeste.	Horkai, Ne- methi, Tala- mon	2019
	Resíduo	Emissões de gases de efeito estufa; demanda de energia cumulativa; im- pactos ambientais; sistemas de gestão; opções de descarte; lama de esgoto; municipal; recuperação; cenários	Avaliação do Ci- clo de Vida (LCA) do tratamento de resíduos alimenta- res em Hong Kong: metodolo- gia de fermentação no local.	Yeo <i>et al.</i>	2019
		Resíduos sólidos	Indústria 4.0, abor- dagem de econo- mia circular sus- tentável baseada	Fatimah <i>et al.</i>	2020

TEMA	CON- CEITO	DIMENSÕES	TÍTULO DO AR- TIGO	AUTORES	ANO
			em indústria para sistema inteligente de gestão de resíduos para alcançar objetivos de desenvolvimento sustentável: um estudo de caso da Indonésia.		

Fonte: Elaborado pelos Autores.

A fim de sistematizar e priorizar constructos deste estudo, nos orientamos pela análise de similaridades e discrepâncias entre os conceitos observados/classificados na categorização dos 36 artigos. Nossa classificação foi por simples convergência observada entre estudos classificados pelas variáveis dominantes relacionadas à EC ou CI, incluindo aqueles com viés de estudo mais purista, direcionado à sustentabilidade em seu objeto de análise.

Entre os conceitos encontrados, 5 marcaram presença em pelo menos dois artigos, e direcionaram nossa priorização e aprofundamento, são eles: (1) Ecossistemas, (2) Índices e indicadores, (3) Mobilidades, (4) Turismo e (5) Resíduos.

Tabela 4. Similaridade de constructos

ECONOMIA CIRCULAR	SUSTENTABILIDADE	CIDADE INTELIGENTE
Ind. de construção.		
Ecossistema	<-1->	Ecossistema
		Governo
Índices	<-2->	Índices
Mobilidade	<-3->	Mobilidade
Pobreza		
		Economia compartilhada
Vida útil do produto		
Turismo	<-4->	Turismo
Resíduos	<-5->	Resíduos
	Carbono Conectividade Energia Resíduos	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Entre os cinco conceitos convergentes encontrados, estratificamos suas principais definições, contribuições dos estudos e autores pela perspectiva acadêmica e prática, demonstradas a seguir:

3.1 ECOSSISTEMA

O conceito de cidade circular ou cidade-região circular deriva do modelo de economia circular aplicado na dimensão territorial espacial (Gravagnuolo; Angrisano; Girard, 2019), o ambiente construído (incluindo patrimônio cultural), energia e mobilidade, gestão de resíduos, gestão de água, produção industrial (incluindo plásticos, têxteis, indústria 4.0 e projeto circular), agroalimentação, e cidadãos e comunidades.

Konietzko, Bocken, Hultink (2020) apontam áreas estratégicas de implementação do modelo circular em cidades, destacando a falta de indicadores em alguns setores e identificando um possível quadro para avaliação do metabolismo urbano fechado a partir de uma perspectiva de ciclo de vida.

Este estudo demonstra critérios de avaliação e indicadores no ambiente construído por meio de um conjunto de princípios para a “inovação do ecossistema circular” e foram categorizados em três grupos: (1) colaboração - forma de interação das empresas com outras organizações em seu ecossistema para inovar em direção à circularidade, (2) experimentação - formas que as empresas podem organizar um processo estruturado de tentativa e erro para implementar maior circularidade e (3) de plataformas - maneiras pelas quais as empresas podem organizar interações sociais e econômicas através de plataformas online para alcançar maior circularidade (Konietzko; Bocken; Hultink, 2020).

A transição para o desenvolvimento urbano sustentável exige tanto uma gestão municipal adequada quanto ciência das autoridades locais quanto às implicações dos novos desafios de sustentabilidade urbana (Przywojska; Podgórnica-Krzykacz; Wiktorowicz, 2019).

No entanto, áreas e intervenções prioritárias da política/prática não respondem bem a alguns dos desafios contemporâneos de sustentabilidade. O enfrentamento dos problemas ambientais, econômicos e sociais urbanos exigiria a implementação de novas

abordagens relacionadas às cidades inteligentes, à economia circular e/ou à diversidade cultural. No entanto, essas áreas e intervenções menos tradicionais de política/prática são bastante renegadas na lista de prioridades de inúmeros prefeitos e suas equipes executivas.

3.2 INDICADORES

Vários sistemas de indicadores também foram desenvolvidos por organizações de pesquisa e projetos de pesquisa. De acordo com Tanguay *et al.*, (2010), os indicadores de desenvolvimento sustentável são cada vez mais utilizados pela administração pública para confirmar as estratégias de desenvolvimento sustentável das cidades, possibilitando especialmente atividades de avaliação e monitoramento (Ahvenniemi *et al.*, 2017)

O estudo de Franco e Rodrigues (2022) identifica indicadores que contribuem para o equilíbrio sustentável tripartite das cidades, assumindo o empreendedorismo urbano sustentável como premissa crucial, mensurando o empreendedorismo urbano sustentável por meio de um composto de indicadores existentes na literatura das cidades.

Ambos os artigos classificados como “Indicadores” enfatizam o empreendedorismo urbano sustentável e seu constructo essencial para as cidades, permitindo uma solução para muitos de seus problemas urbanos por sua associação com a economia criativa e sua influência na revitalização dos espaços urbanos pela regeneração urbana e pela importância nessas redes, sendo esta última outra construção fundamental.

3.3 MOBILIDADE

Hatzivasilis *et al.* (2020) apresentam soluções para fornecer segurança, privacidade e confiança em um cenário de transporte inteligente e consciente de energia, aproximando a visão de economia circular sustentável. Devido ao surgimento da Internet das Coisas e aplicativos de inteligência ambiental, se estabelece a funcionalidade de compartilhamento de recursos seguros incorporando esquemas de confiança. Essa confiança se amplia com a utilização de *blockchain* (Shojaei *et al.*, 2021), possibilitando

efetuar rastreamento, tornando o planejamento proativo para sua reutilização e realidade tangível.

O *blockchain* é mostrado como uma abordagem viável e nova para empregar conceitos EC no domínio do ambiente construído. Além disso, a estrutura aqui apresentada pode ser benéfica para cidades inteligentes e comunidades onde um estilo *blockchain* de fluxo de informações pode produzir sinergia com outros aspectos de uma comunidade inteligente e conectada.

Um *blockchain* permite uma rede de informações rápida, segura e acessível, fornecendo um livro razão descentralizado, no qual materiais e produtos podem ser rastreados até suas fontes (Trippner-Hrabi; Podgórnaiak-Krzykacz, 2018). Dessa maneira, se nota a prática da economia circular englobando uma abordagem abrangente para o *design* consciente e a escolha dos materiais, além de manter a utilidade máxima dos produtos durante os ciclos de produção, operação e reutilização pela implementação de *loops* fechados.

Shojaei *et al.* (2021) tratam das inovações implementadas no transporte público, com resgate teórico baseado nos mais recentes conceitos de desenvolvimento territorial: a teoria do desenvolvimento sustentável, da economia circular e da cidade inteligente. Inovações neste contexto podem ser analisadas por seu impacto sobre: a comunidade local, o meio ambiente, a saúde, a segurança e os aspectos econômicos e sociais. A principal conclusão da análise é que as inovações técnicas no transporte público contribuem para a melhoria da mobilidade, do conforto e da segurança do deslocamento e, ao mesmo tempo, têm impacto positivo no meio ambiente.

3.4 TURISMO

Clear Production (CP), em português Produção Limpa, foi a resposta da indústria ao apelo ao desenvolvimento sustentável, lançado pela World Commission on Environment and Development – WCED (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento) da ONU em 1987 e elaborado na Agenda 21 do Rio de Janeiro em 1999 (Hens *et al.*, 2018).

Durante todos esses anos, o conceito foi colocado em prática ajustando e lapidando seu escopo, métodos e área de aplicação, proporcionando um impacto socioeconômico mais profundo do que a ideia originalmente lançada, para despertar a indústria sobre suas responsabilidades ambientais (Trippner-Hrabi; Podgórnjak-Krzykacz, 2018).

O estudo de Pencarelli (2020) utiliza o conceito de produção limpa aplicado ao turismo sustentável, discutido com mais detalhes atualmente, essa ampliação disponibiliza métodos cada vez mais adaptados que suportam a medição por indicadores das estratégias de avaliação e contabilidade verde, aplicados ao turismo sustentável. Essa evolução é discutida em um contexto de diluição das metas ambientais originais em um escopo mais amplo, mais social e a transição para uma gestão mais responsável, proativa e confiável dos setores que aplicam CP.

Convergingo às lapidadas técnicas da produção limpa, temos as tecnologias do turismo 4.0 (também ancorados nos desdobramentos tecnológicos da indústria 4.0) voltadas para a melhoria da qualidade das práticas turísticas, assumindo a expertise e a sustentabilidade como paradigma certo para melhorar a qualidade de vida e o valor social tanto dos hóspedes quanto dos moradores locais (Pencarelli, 2020).

Complementando o contexto turístico, o estudo de Trippner-Hrabi e Podgórnjak-Krzykacz (2018) trata das questões das inovações implementadas no transporte público, com composição teórica definida na forma dos mais recentes conceitos de desenvolvimento territorial: a teoria do desenvolvimento sustentável, da economia circular e da cidade inteligente. As inovações foram analisadas em seu impacto sobre a comunidade local, o meio ambiente, a saúde, a segurança e os aspectos econômicos e sociais. A principal conclusão da análise é que as inovações técnicas no transporte público contribuem para a melhoria da mobilidade, do conforto e da segurança do deslocamento e, ao mesmo tempo, têm um impacto positivo no meio ambiente.

As mudanças de escopo são exemplificadas com a crescente importância da responsabilidade social corporativa. Isso inclui que as empresas pós-modernas não só têm responsabilidades sobre seu desempenho econômico e meio ambiente, como também devem atuar em questões como direitos humanos e recursos, ética empresarial e

envolvimento da comunidade. Os elos entre CP e economia verde circular são indicados. A abordagem CP é cada vez mais aplicada fora da indústria (Hens *et al.*, 2018).

Pencarelli (2020) destaca que em breve não será possível que os ecossistemas e territórios turísticos levem em conta apenas as inovações digitais, mas terão que incluir perspectivas inteligentes de turismo, como sustentabilidade, economia circular, qualidade de vida e valor social; eles também deverão buscar melhorar as experiências turísticas e aumentar a vantagem competitiva dos destinos turísticos inteligentes.

Sensores em casas inteligentes são capazes de interconectar dispositivos como termostatos, máquinas de lavar, televisores, *laptops*, *tablets* e outros objetos às plataformas de Internet das Coisas. Novas tecnologias digitais introduziram importantes inovações em fábricas, hospitais, hotéis, cidades e territórios. A indústria 4.0 está sinalizando o fim de padrões bem estabelecidos e pede a estudiosos, gestores e cidadãos dispostos a sobreviver neste ambiente em constante mudança e cada vez mais complexo para observá-lo através de diferentes lentes e novos paradigmas (Pencarelli, 2020).

O setor turístico também está muito envolvido em transformações digitais, qualificando-as cada vez mais com expressões como Turismo 4.0 ou Turismo Inteligente (Trippner-Hrabi; Podgórnaiak-Krzykacz, 2018).

3.5 RESÍDUOS

Cerasi *et al.* (2021) avaliam a reciclagem plástica com o objetivo de fomentar a reciclagem de embalagens, melhorar todas as etapas da coleta de resíduos e promover o consumo responsável, que converge com os estudos de Laurieri *et al.* (2020), que avaliaram um sistema de coleta de resíduos porta a porta, uma pesquisa sobre sua sustentabilidade e efetividade.

A gestão de resíduos municipais é um tema relevante nos dias de hoje, em sua relação com preocupações sustentáveis e ambientais. O impacto ambiental causado tanto pela coleta quanto pelo transporte de resíduos, juntamente com a qualidade dos resíduos, deve ser cuidadosamente estudado para avaliar a sustentabilidade desse sistema de coleta. Laurieri *et al.* (2020), os cidadãos estão mais motivados a coletar adequadamente frações de resíduos ordenados ao receber informações sobre os benefícios ambientais

subsequentes e os resultados das frações coletadas (Cerasi *et al.*, 2021), porém uma alta porcentagem de pessoas ainda usam itens descartáveis em sua vida diária.

De acordo com Aceleanu *et al.* (2019), uma economia circular é um fator importante para desenvolver as cidades inteligentes, que podem ser entendidas como cidades sustentáveis, com bom desempenho em economia e governança, também em meio ambiente e qualidade de vida.

Destacam-se algumas das barreiras econômicas e institucionais que podem ser enfrentadas em todos os níveis econômicos. As recomendações da UE associam-se às tendências de aumento dos preços de matérias-primas e à necessidade de reduzir a dependência de importações, como meios de garantir a segurança energética e a sustentabilidade, respeitando os imperativos da proteção do meio ambiente e requerem um foco nos esforços para essas direções (Cappellaro *et al.*, 2019).

A combinação de experiência comunitária inteligente e aplicação de princípios de economia circular resultou em várias vantagens mútuas. Em particular, as práticas circulares identificadas, como hortas comunitárias, *coworkings*, sistemas de produção locais, centros de reciclagem e outras experiências de gestão de resíduos, alcançaram uma transformação urbana em termos de regeneração, compartilhamento de experiências econômicas, otimização de recursos.

Segundo as pesquisas de Aceleanu *et al.* (2019) e Cappellaro *et al.* (2019), os avanços obtidos na última década apontam que tomadores de decisão sobre gestão urbana reconhecem a importância da economia circular e tomaram algumas medidas específicas dedicadas ao foco nessa direção. Embora alguns dos indicadores referentes à reciclagem mostrem melhora, ainda há muito a ser feito para um bom desempenho neste campo. Os estudos demonstram que um dos principais desafios para o futuro, em termos de economia circular, refere-se ao desenvolvimento dos setores associados à circularidade dos recursos e ao surgimento de oportunidades de emprego, tanto no envolvimento ativo dos setores público quanto privado.

4 METODOLOGIA

4.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Para definir nosso problema de pesquisa partimos dos termos-chaves: economia circular, considerando a expressão em inglês circular economy/economies e cidade inteligente smart city/cities como estratégia de cobertura ampla e significativa no domínio das variáveis para explorar nossa pergunta norteadora: Como melhorar a gerenciamento das cidades conectando Cidades Inteligentes e Economia Circular?

4.2 OBJETIVOS DE PESQUISA

Criação de roteiro prático de indicadores para gerenciamento de Cidades Circulares Inteligentes, partindo de revisão bibliométrica transacionada à construtos de instituições referências nos temas (variáveis da pesquisa).

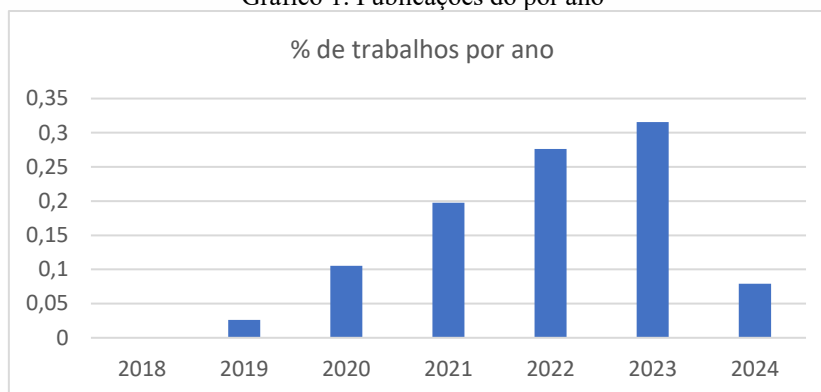
- a) discutir caminhos e dificuldades do tema;
- b) avaliação de convergência e complementariedade dos temas.

4.3 MÉTODO

Segundo Zupic e Cater (2015) usar palavra-chave para compilar os dados bibliométricos, define limite e um escopo dos artigos sendo o mais inclusivos possível, de modo que todos os potenciais e possíveis derivados dos termos sejam incluídos nos resultados da pesquisa.

Esta etapa consistiu em pesquisar no banco de dados Web of Science (WoS) selecionando palavras-chave específicas. Foram encontrados 78 trabalhos, quando filtrado exclusivamente por artigos de acesso aberto se obteve 54, refinando pela análise do título e do resumo, foram selecionados 36 artigos considerados pertinentes ao objetivo da pesquisa, a pesquisa se apresenta relevante e atual, dado que publicações se iniciam apenas no ano de 2019 – ver gráfico 1.

Gráfico 1. Publicações do por ano



Fonte: Elaborado pelos Autores

Os dados foram coletados da Clarivate Analytics Web of Science Core Collection, que é considerada uma das bases de dados mais abrangentes para estudos de bibliometria. Além disso, entre outras bases de dados, Balstad e Berg (2020) descobriram que a Web of Science fornece dados abrangentes e comparáveis no domínio de gerenciamento em comparação com o Scopus e o Google Scholar. Portanto, após a seleção do banco de dados, foram seguidos os passos proeminentes dos estudiosos em levantamentos bibliométricos (Chabowski *et al.*, 2013). As palavras selecionadas foram pesquisadas dentro do título, palavras-chave e identificadores específicos de artigos de todos os resumos disponíveis em todas as revistas.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Apesar do tema sustentabilidade, base da economia circular, estar em evidência desde 1992 – na Agenda 21 das Nações Unidas, e haver indicadores estabelecidos para monitorar a sustentabilidade das áreas urbanas, notamos que a convergência de pesquisas e publicações conectando essa prática aos arquétipos e constructos de cidades inteligentes, é incipiente, inicia-se em 2019, o que impacta tanto para as cidades já estabelecidas quanto para o fenômeno de urbanização social crescente, segundo estudos projetivos apresentados pelo Banco Mundial e pela ONU.

Um grande fomento a temática podemos destacar as Diretivas Europeias, planos de ação da UE para a economia circular que estabelece um programa de ação concreto e

ambicioso, com medidas que abrangem todo o ciclo de vida dos produtos: da produção ao consumo, deliberando gestão dos resíduos e mercado das matérias-primas secundárias.

Foi observada ausência de um padrão ou consenso estabelecido sobre os temas, com barreiras e fronteiras nos assuntos, e mesmos órgãos internacionais e agências patrocinando estudos relacionados, é notório o fracionamento e parcialidade das análises, além de se apresentarem como iniciativas isoladas, concentradas em locais bem-marcados do planeta: Europa, Ásia e Estados Unidos.

Propõe-se uma abordagem integrada a partir de uma perspectiva teórica aplicada para alinhar os problemas e soluções existentes às práticas da área de planejamento e desenvolvimento urbano sustentável inteligente, corroborando com diversos estudos, mas bastante alinhado ao proposto por (Bibri e Krogstie, 2017).

Observa-se que direcionamentos de estudos mais recentes relacionados a resíduos na região europeia parecem estar relacionados com o terceiro princípio apresentado por EMF (2021), que visa eliminar o Resíduo e reduzir as emissões poluidoras, bem como conectados à posição prioritária na hierarquia nas legislações e políticas europeias (European Union, 2018).

Destaca-se em tais políticas algumas barreiras econômicas e institucionais que podem ser enfrentadas em todos os níveis econômicos, associado às tendências de aumento dos preços das matérias-primas e à necessidade de reduzir a dependência das importações como forma de sustentabilidade e de preservação da segurança energética, respeitando os imperativos da proteção do meio ambiente. Isso nos leva a considerar que os estudos requerem um foco nos esforços para essas direções.

Mudanças climáticas, aumento das desigualdades sociais e implantação de capital natural, reforçam que as estratégias circulares de cidade inteligentes podem despontar como fortes contribuintes no alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 das Nações Unidas, em especial o ODS11 (sobre cidades seguras, inclusivas, resilientes e sustentáveis) e ODS12 (sobre produção e consumo sustentável). Todavia, os estudos demonstram que um dos principais desafios para o futuro da economia circular refere-se ao desenvolvimento dos setores associados à circularidade dos recursos e ao surgimento de oportunidades de emprego, tanto no envolvimento ativo

dos setores público quanto privado, o que essencialmente pode ocorrer e ser administrado no nível municipal.

Comparando os estudos de EC + CI aos eixos temáticos do Connected Smart Cities – CSC (2020), não foram observadas pesquisas em diversos deles, por exemplo: educação, segurança, empreendedorismo. Além disso, não houve evidências de estudos efetuados no Brasil.

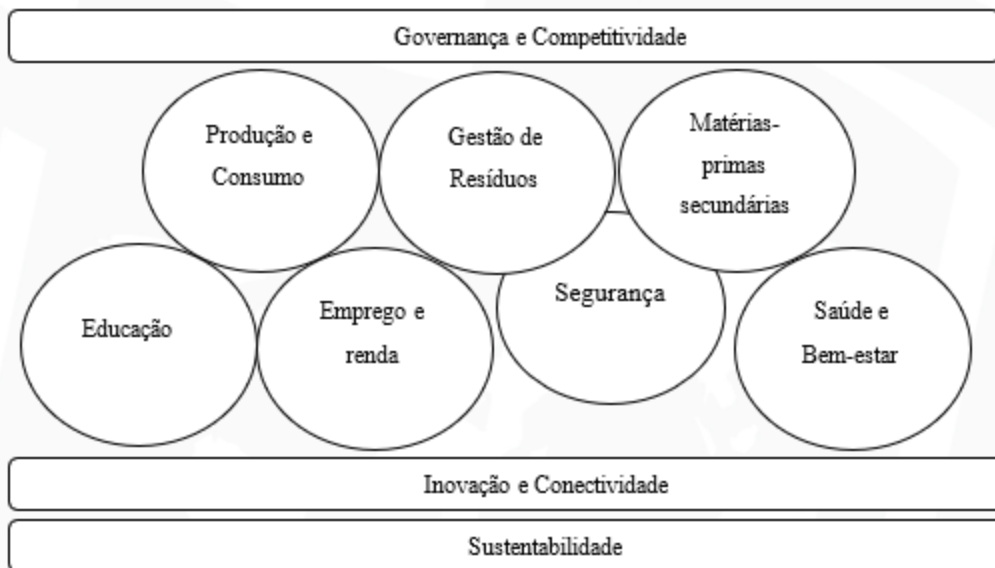
Prefeituras e equipes executivas que preferem abordagens de gestão mais participativas e solidárias são mais propensas a priorizar áreas e intervenções menos tradicionais de política/prática para resolver desafios de sustentabilidade urbana em seus municípios. (Przywojska *et al.*, 2019)

As práticas de economia circular influenciam positiva e ativamente a comunidade urbana apoiando uma transição para modelos de economia circular nos estudos analisados.

As principais tecnologias que suportam a interatividade de informações e integração, com amplo aspecto de desenvolvimento e disseminação apresentados: Internet of Things (Internet das Coisas, IoT), blockchain, e conexão 5G.

O estudo aponta um caminho para avaliar ou implantar uma Cidade Circular Inteligente sendo possível se guiar e priorizar 10 constructos: Governança e Competitividade, Educação, Produção e Consumo, Gerenciamento de Resíduos, Matérias-primas secundárias, Emprego e Renda, Segurança, Saúde e bem-estar, Inovação e Conectividade, Sustentabilidade, convergindo com os estudos e instituições de fomento e prática das variáveis, com excelência, vida melhor e sustentabilidade ambiental, demonstrado nos esquemas: 1 - A Cidade Circular Inteligente e 2 - Diretrizes Básicas para a Cidade Circular Inteligente, a seguir.

Esquema 1 – A Cidade Circular Inteligente



Fonte: Elaborado pelos Autores

Esquema 2 - Diretrizes Básicas para a Cidade Circular Inteligente

Governança e Competitividade

- Quantidade de aplicativos ou web serviços municipais acessíveis à população
- Áreas e órgãos municipais desburocratizadas com índices de tracking dos serviços incluindo SLA e prazos
- Disponibilidade de acesso a populações de baixa renda de saneamento básico, bem com os GAPs explícitos à toda a comunidade de maneira digital, simples, em tempo real, incluindo possibilidade de avaliação dos usuários.
- Convênios com municípios da região ou estados para trocas diversas no tema ou alianças competitivas.
- Demonstrações mensais dos resultados e efetivos planos de ação de recuperação das metas estabelecidas para cada Fator da Cidade Circular Inteligente, com devidos responsáveis, prazos e uso de orçamento pré-estabelecido
- Sessões públicas digitais (modelo Live) periódicas, com os responsáveis dos Fatores da Cidade Digital Inteligente, incluindo mediação e resposta ao vivo de ao menos 10 perguntas da sociedade civil conectada ao tema
- Royalties pagos ou recebidos inerentes ao tema sustentabilidade circular
- Taxa de digitalização do monitoramento e gestão digital que suportam as decisões estratégicas, táticas e operativas

Educação

- Taxa de crianças com acesso à escola
- Índice de jovens cursando ensino médio
- Número de cursos técnicos e matriculados
- Taxa de aprovação e sucesso escolar
- Taxa de evasão e levantamento de causas
- Garantia das temáticas da Economia Circular nas grades curriculares (fund., médio, técnico e superiores)
- Formação de professores nas temáticas e incentivo da formação em seus planos de carreira
- Número de projetos transversais conectando às temáticas
- Prêmios de reconhecimento de projetos e práticas circulares
- Hackathons, concursos, palestras e práticas de engajamento (físicos e virtuais)

Saúde e Bem-Estar

- a. Dispositivos digitais acessíveis sobre disponibilidades de serviços de saúde online em tempo real confiáveis
- b. Informações sobre taxas de sucesso de pacientes, por patologias, faixas etárias e outros
- c. Informações sobre vagas à profissionais da saúde e mecanismos de preenchimento imediato
- d. Taxa de cumprimento dos índices de saúde e bem-estar da OMS, ONU e outros órgãos respeitadores da área
- e. Contribuições com informações do sistema de saúde local à estudos de melhoria da área
- f. Canais de transparência sobre investimentos e aplicação dos recursos online em tempo real
- g. Avaliação das unidades de saúde on-line de maneira 360 (agentes de saúde, população, órgãos responsáveis poder público e iniciativa privada)
- h. Disponibilidade de informações dos pacientes à sua rede de apoio em tempo real quando sob responsabilidade de agentes de saúde (cumprindo regras éticas e sigilos)

Segurança

- a. Monitoramento inteligente e operante da segurança pública
- b. Desburocratização de mecanismos de acesso ao pedido de socorro, ajuda e amparo em situações de vulnerabilidade de segurança
- c. Ações preventivas, viável pelo uso de sistemas de inteligência artificial e análises preditivas.
- d. Garantia de infraestrutura para os serviços de segurança
- e. Apoio e incentivo ao capital humano do setor
- f. Uso de melhores práticas e técnicas

Emprego e Renda

- a. Indicadores de emprego e renda originados ne práticas circulares inteligentes
- b. Taxa de renda per capita
- c. Índice de pessoas economicamente ativas com renda
- d. Maximização de pessoas com renda com implantação de ações circular e ou inteligentes
- e. Fomento ao empreendedorismo
- f. Novas formas de renda originados das novas demandas sociais, sustentabilidade e tecnológica
- g. Hackathons, concursos, palestras e práticas de engajamento (físicos e virtuais) ao empreendedorismo

Sustentabilidade

- a. Monitoramento inteligente e operante da sustentabilidade circular local
- b. Taxa de uso da conectividade e novas tecnologias para maximização de práticas sustentáveis circulares
- c. Iniciativas para apoio e fomento com melhores taxas e impostos às práticas circulares de sustentabilidade
- d. Iniciativas para apoio e fomento com melhores taxas e impostos às práticas de conectividade e inteligência pública

Produção e consumo

- a. Autossuficiência do município para matérias-primas
- b. Geração de resíduos municipais per capita
- c. Geração de resíduos, setorizando principais resíduos minerais por setores econômicos municipais, base PIB
- d. Geração de resíduos, setorizando principais resíduos minerais por consumo de material doméstico
- e. Taxa de reuso de resíduos locais de qualquer natureza como matéria da indústria (looping de circularidade local)
- f. Acompanhamento sistemático das reduções de uso de matéria-prima virgem

Gestão de resíduos

- a. Taxa de reciclagem de lixo municipal
- b. Taxa de reciclagem de todos os resíduos, excluindo os principais resíduos minerais
- c. Taxa de reciclagem de resíduos de embalagens por tipo de embalagem
- d. Taxa de reciclagem de lixo eletrônico

- e. Reciclagem de biorresíduos
- f. Modelo de coleta e tratamento dos diversos tipos de resíduos municipais
- g. Taxa de recuperação de resíduos de construção e demolição

Matérias-primas secundárias

- a. Contribuição de materiais reciclados para a demanda de matérias-primas - taxas de entrada de reciclagem de fim de vida
- b. Taxa de uso de material circular
- c. Comércio de matérias-primas recicláveis
- d. Cadeia da reciclagem local (Capital humano, índice de oficialização das organizações envolvidas, incentivos governamentais)
- e. Plano de maximização do uso de matérias-primas secundárias, nas atividades econômicas atuais
- f. Plano do uso de matérias-primas secundárias, nas em novas atividades econômicas (desenvolvimento econômico e social)

Inovação e Conectividade

- a. Investimentos privados, empregos e valor adicionado bruto relacionados aos setores da economia circular
- b. Patentes relacionadas à reciclagem e matérias-primas secundárias
- c. Número de convênios com instituições de ensino e pesquisa para novos produtos e serviços circulares municipais
- d. Taxa de inclusão sistêmica da temática Cidade Circular Inteligente nas ONGs e organizações civis setoriais dos municípios (ex. Associações: Comerciais, da Indústria, Sindicatos, Instituições Religiosas e não religiosas (Rotary, SABA etc.)).
- e. Taxa de replicação de inovações de outras regiões e exportação de tecnologias circulares e inteligentes.
- f. Taxa de habitantes com acesso à internet mínima 4G
- g. Dispositivo digital online integrador de todos os Fatores da Cidade Circular Inteligente
- h. Índice de conexão rápida e segura (ex.: fibra ótica)

Fonte: Elaborado pelos Autores

6 CONCLUSÃO

O presente artigo cumpre com seus objetivos de organizar os principais estudos relativos ao tema de maneira sistemática e suportar futuros pesquisas empíricas envolvendo CI e CE. Os cinco principais conceitos aprofundados na análise bibliométrica neste trabalho (Ecossistemas, Índices/indicadores, Mobilidades, Turismo e Resíduos) se conectam com as diversas escalas de avaliação e Tabela 1. Eixos temáticos Connected Smart Cities de cidades inteligentes, entretanto de maneira dispersa e parcial isso ocorre quando observado com princípios da CE.

Observa-se que as questões críticas permanecem incipientes, ainda pouco exploradas, substancialmente ignoradas e teoricamente subdesenvolvidas quanto à sua contribuição à sustentabilidade e para fins aplicados em relação aos modelos existentes de cidades inteligentes e economia circular.

A maioria das pesquisas aqui apresentadas são experimentos de fomento público com foco em parte dos construtos da CI e CE, cujas motivações se originaram de legislações de níveis: mundial, blocos continentais ou países.

As soluções atuais adotam tecnologias que podem cobrir áreas operacionais. No entanto, esses sistemas não conseguem capturar algumas propriedades inerentes ao que se propõe como interação rápida e efêmera, tornando desafiadora a avaliação robusta da confiança e principalmente permitindo o enquadramento como cidade inteligente, apesar de os rankings existentes definirem classificações e reforços positivos durante as jornadas.

Outro aspecto citado pelos estudos se refere a questão diplomática e interesses de prefeitos e equipes executivas que atribuem maior prioridade às áreas de política/prática e intervenções relacionadas a domínios econômicos e sociais, e ligeiramente menor prioridade às ambientais.

As lacunas na pesquisa no campo das cidades inteligentes e sustentáveis são identificadas de acordo com e além da pesquisa que está sendo proposta. Como resultado, propõe-se uma abordagem integrada, alinhada aos problemas e soluções existentes para as práticas futuras na área de planejamento e desenvolvimento urbano sustentável inteligente.

Os estudos demonstram que um dos principais desafios para o futuro, em termos de economia circular, refere-se ao desenvolvimento dos setores associados à circularidade dos recursos e ao surgimento de oportunidades de emprego, tanto no envolvimento ativo dos setores público quanto do privado.

Destaca-se, entretanto, inúmeras oportunidades neste campo para cumprimentos dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com maior representatividade:

ODS 12 - Consumo e Produção Sustentáveis: este ODS é central para a promoção da economia circular, pois visa a garantir padrões sustentáveis de produção e consumo, incluindo a redução do desperdício, o uso eficiente de recursos e a gestão sustentável de produtos químicos e resíduos.

ODS 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis: ODS fundamental para a promoção de cidades circulares inteligentes, que buscam integrar soluções inovadoras, tecnologias limpas e práticas de planejamento urbano sustentável. A promoção de

infraestruturas resilientes, o acesso a transporte público eficiente, a gestão sustentável de resíduos e a criação de espaços verdes são aspectos-chave para alcançar cidades mais inteligentes e circulares.

ODS 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura: este ODS também desempenha um papel importante na economia circular, incentivando a inovação tecnológica e a adoção de práticas sustentáveis na indústria e infraestrutura, contribuindo para a eficiência no uso de recursos e a redução do impacto ambiental.

ODS 7 - Energia Limpa e Acessível: A transição para fontes de energia limpa e renovável é essencial para a economia circular, pois reduz a dependência de recursos não renováveis e contribui para a sustentabilidade energética a longo prazo e transição para um modelo de desenvolvimento mais sustentável e resiliente.

Estes ODSs são essenciais para o desenvolvimento de cidades inteligentes, sustentáveis e resilientes, que buscam integrar princípios de circularidade em suas práticas e políticas de planejamento urbano.

A integração da circularidade e cidades inteligentes pode desempenhar um papel fundamental na redução da pobreza e na melhoria da empregabilidade das comunidades, ODS 01 – Erradicação da pobreza, ODS10 – Redução das desigualdades e ODS 08 – Trabalho decente e crescimento econômico, das seguintes maneiras:

Geração de Empregos Verdes: A transição para práticas circulares e cidades inteligentes cria oportunidades de emprego em setores como reciclagem, energia renovável, eficiência energética, tecnologias limpas e infraestrutura sustentável. Esses empregos verdes não apenas contribuem para a preservação do meio ambiente, mas também geram oportunidades de trabalho estáveis e bem remuneradas.

Inclusão Social e Digital: A implementação de soluções inteligentes nas cidades, como infraestrutura de transporte eficiente, sistemas de gestão de resíduos inteligentes e acesso à tecnologia digital, pode melhorar a qualidade de vida das comunidades carentes, proporcionando acesso a serviços essenciais e oportunidades de desenvolvimento pessoal e profissional, capacitando-os economicamente e promovendo a inclusão social.

Acesso a Produtos e Serviços Acessíveis: A reutilização e reciclagem de produtos podem reduzir os custos de produção e consumo, tornando produtos e serviços mais acessíveis para comunidades de baixa renda.

Redução de Custos e Aumento da Eficiência: A circularidade e as cidades inteligentes visam otimizar o uso de recursos, reduzir desperdícios e aumentar a eficiência dos processos produtivos e urbanos. Isso pode resultar em economias de escala, redução de custos de produção e operação, o que, por sua vez, pode levar a preços mais acessíveis para os consumidores e a criação de novas oportunidades de negócios e empregos.

Capacitação e Educação: A promoção da circularidade e cidades inteligentes requer investimentos em capacitação e educação da força de trabalho para se adaptar às novas tecnologias e práticas sustentáveis. Isso pode melhorar a empregabilidade das pessoas, capacitando-as com habilidades relevantes para o mercado de trabalho do futuro.

Desta forma os stakeholders envolvidos no desenvolvimento de cidades inteligentes e circulares devem priorizar as seguintes ações para garantir o sucesso e a sustentabilidade dessas iniciativas:

Colaboração e Engajamento: Os processos de colaboração e o engajamento de todos os atores relevantes, incluindo governos locais, empresas, academia, organizações da sociedade civil e comunidades locais. A participação ativa de todos os envolvidos é essencial para garantir a implementação eficaz de soluções inteligentes e circulares.

Planejamento Integrado: É fundamental estabelecer um planejamento integrado que leve em consideração as interconexões entre os diferentes aspectos das cidades inteligentes e circulares, como transporte, energia, resíduos, infraestrutura e inclusão social. Um planejamento holístico e sustentável é essencial para garantir a eficácia e a viabilidade das iniciativas.

Inovação e Tecnologia: A inovação e a adoção de tecnologias inteligentes que possam impulsionar a transformação das cidades em direção à sustentabilidade e eficiência. Isso inclui a implementação de soluções baseadas em dados, IoT, energia renovável, mobilidade urbana sustentável e gestão inteligente de recursos.

Capacitação e Educação: A capacitação e a educação da população local são essenciais para garantir a adoção e a sustentabilidade das práticas circulares e inteligentes. Isso inclui programas de formação profissional, conscientização pública, educação ambiental e inclusão digital para garantir que todos os cidadãos possam se beneficiar das transformações em curso.

Monitoramento e Avaliação: Os stakeholders devem estabelecer sistemas eficazes de monitoramento e avaliação para acompanhar o progresso das iniciativas de cidades inteligentes e circulares. A coleta de dados e indicadores relevantes é fundamental para avaliar o impacto das ações implementadas e identificar áreas que requerem ajustes ou melhorias.

Ao priorizar essas ações, os stakeholders podem contribuir para o desenvolvimento de cidades mais sustentáveis, inclusivas e resilientes, que promovam a qualidade de vida e o bem-estar de seus habitantes.

A promoção da circularidade pode contribuir significativamente para a redução da pobreza de várias maneiras:

Portanto, a adoção de práticas circulares não apenas contribui para a sustentabilidade ambiental, mas também pode desempenhar um papel crucial na redução da pobreza e na promoção do desenvolvimento sustentável.

Este estudo atendeu aos objetivos iniciais e entrega um roteiro para gestores de municípios que visam implementação ou aperfeiçoamento circular sustentável e digital inteligente à sua cidade. Os métodos conjugados da revisão bibliométrica sobre os conceitos da Economia Circular e Cidades Inteligentes, e da avaliação de construtos práticos orientativos propostos e disseminados por respeitadas instituições referência nos temas, convergiram para sua contribuição científica e gerencial.

Como futuros estudos recomenda-se análise de casos múltiplos com cidades consideradas inteligentes no Brasil e Europa (por demonstrar maior maturidade de estudos científicos na área), analisando evidências e oportunidades de práticas da CE.

Garantir a mobilização significativa de recursos de uma variedade de fontes, através da conexão tecnológica e cooperação para o desenvolvimento sustentável, a fim de fornecer meios adequados e previsíveis para os municípios, em particular direcionar ações rumo ao desenvolvimento de cidades circulares inteligentes, para implementar programas e políticas para erradicar a escassez de recursos naturais e a pobreza humana em todas suas dimensões é um caminho que requer união de forças de acadêmicos para aumentar coletivamente a capacidade, assim atendendo às necessidades sociais melhor e mais sustentável.

REFERÊNCIAS

- ACELEANU, M. I. *et al.* The management of urban waste through the circular economy in the context of the development of smart cities. **IEEE Access**, v. 7, jul. 2019, p. 133602-133614. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2928999>. Acesso em: 30 abr. 2024.
- AHVENNIEMI, H. *et al.* What are the differences between sustainable and smart cities? **Cities**, v. 60, part A, p. 234-245, fev. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.009>. Acesso em: 30 abr. 2024.
- BALSTAD, M. T.; BERG, T. A long-term bibliometric analysis of journals influencing management accounting and control research. **J Manag Control**, v. 30, p. 357-380, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00187-019-00287-8>. Acesso em: 1 maio 2024.
- BIBRI, S. E.; KROGSTIE, J. The core enabling technologies of big data analytics and context-aware computing for smart sustainable cities: a review and synthesis. **J Big Data**, v. 4, n. 38, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40537-017-0091-6>. Acesso em: 30 abr. 2024.
- BOUZIOTAS, D. *et al.* Towards circular water neighborhoods: simulation-based decision support for integrated and decentralized urban water systems. **Water**, v. 11, n. 6, article 1227, jun. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w11061227>. Acesso em: 30 abr. 2024.
- BRIDGENS, B. *et al.* Closing the loop on e-waste: a multidisciplinary perspective. **Journal of Industrial Ecology**, v. 23, n. 1, ago. 2017, p. 169-181. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jiec.12645>. Acesso em: 30 abr. 2024.
- CAPPELLARO, F. *et al.* Investigating circular economy urban practices in Centocelle, Rome District. **Journal of Engineering and Environmental Management**, v. 18, n. 10, out. 2019, p. 2145-2153. Disponível em: <http://www.eemj.icpm.tuiasi.ro/>; <http://www.eemj.eu>. Acesso em: 1 maio 2024.
- CERASI, I. R. *et al.* Household plastic waste habits and attitudes: a pilot study in the city of Valencia. **Waste Management & Research**, v. 39, n. 5, mar. 2021, p. 679-689. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0734242X21996415>. Acesso em: 30 abr. 2024.
- CGdd – Commissariat Général au développement durable. **Une expertise de l’empreinte écologique – version provisoire. études et documents**, Paris, n.4, May 2009. Disponível em: Les publications du CGDD - Portail Web SIE (developpement-durable.gouv.fr) Acesso em: 23 dez. 2023

CHABOWSKI, B. R.; SAMIEE, S.; HULT, G. T. M. A bibliometric analysis of global literature on branding and a research agenda. **Journal of International Business Studies**, v. 44, n. 6, maio 2013, p. 622-634. Disponível em: <https://doi.org/10.1057/jibs.2013.20>. Acesso em: 1 maio 2024.

CHAUHAN, A.; JAKHAR, S. K.; CHAUHAN, C. The interplay of circular economy with industry 4.0 enabled smart city drivers of healthcare waste disposal. **Journal of Cleaner Production**, v. 279, jan. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123854>. Acesso em: 30 abr. 2024.

CORSINI, F. *et al.* The advent of practice theories in research on sustainable consumption: past, current and future directions of the field. **Sustainability**, v. 11, n. 2, article 341, jan. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su11020341>. Acesso em: 30 abr. 2024.

D'AMICO G. *et al.* Digital Technologies for Urban Metabolism Efficiency: Lessons from Urban Agenda Partnership on Circular Economy. **Sustainability**, 2021; 13(11):6043. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13116043> Acesso em: 02 abr. 2024.

DELL'OVO, M. *et al.* Enhancing the cultural heritage through adaptive reuse: a multicriteria approach to evaluate the Castello Visconteo in Cusago (Italy). **Sustainability**, v. 13, n. 8, article 4440, abr. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13084440>. Acesso em: 30 abr. 2024.

EMF – Ellen MacArthur Foundation. Delivering the circular economy: a toolkit for policymakers. **Ellen MacArthur Foundation**, 2015. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/a-toolkit-for-policymakers>. Acesso em: 30 abr. 2024.

EMF – Ellen MacArthur Foundation. The circular economy in detail. **Ellen MacArthur Foundation**, 2021. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/explore/the-circular-economy-in-detail>. Acesso em: 30 abr. 2024.

ESS – European Statistical System. **Circular Economy Indicators**. 2021. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/indicators/main-tables>. Acesso em: 30 abr. 2024.

EUROPEAN UNION. The EU in the world — 2018 edition. Luxembourg: **Publications Office of the European Union**, 2018. Disponível em: 64b85130-5de2-4c9b-aa5a-8881bf6ca59b (europa.eu) Acesso em: 18 out. 2023

FATIMAH, Y. A. *et al.* Industry 4.0-based sustainable circular economy approach for smart waste management system to achieve sustainable development goals: a case study of Indonesia. **Journal of Cleaner Production**, v. 269, out. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122263>. Acesso em: 30 abr. 2024.

FRANCO, M.; RODRIGUES, M. Indicators to measure the performance of sustainable urban entrepreneurship: an empirical case study applied to Portuguese cities and towns. **Smart and Sustainable Built Environment**, v.11(1), p. 19-38, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/SASBE-03-2020-0017/full/html>. Acesso em: 30 jan. 2024.

GAO, C. *et al.* Pathways towards regional circular economy evaluated using material flow analysis and system dynamics. **Conservation and Recycling of Resources**, v. 154, mar. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104527>. Acesso em: 30 abr. 2024.

GEISSDOERFER, M.; SAVAGET, P.; EVANS, S. The Cambridge business model innovation process. **Procedia Manufacturing**, v. 8, p. 262-269, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.033>. Acesso em: 30 abr. 2024.

GRANELLI, A. **Città intelligenti?** Per una via italiana alle Smart Cities. Roma: Luca Sossella Editore, 2012. Disponível em: http://www.agranelli.net/DIR_rassegna/libro_CittaIntelligenti.html. Acesso em: 30 abr. 2024.

GRAVAGNUOLO, A.; ANGRISANO, M.; GIRARD, L. F. Circular economy strategies in eight historic port cities: criteria and indicators towards a circular city assessment framework. **Sustainability**, v. 11, n. 13, jun. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su11133512>. Acesso em: 30 abr. 2024.

HATZIVASILIS, G. *et al.* Mobile trust: secure integration in VANETs. **ACM Transactions in Cyber-Physical Systems**, v. 4, n. 3, mar. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3364181>. Acesso em: 30 abr. 2024.

HENS, L. *et al.* On the evolution of “cleaner production” as a concept and a practice. **Journal of Cleaner Production**, n. 172, 20 jan. 2018, p. 3323-3333. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.082>. Acesso em: 30 abr. 2024.

HIRVENSALO, A. *et al.* Agency in circular city ecosystems – a rationalities perspective. **Sustainability**, v. 13, n. 5, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13052544>. Acesso em: 30 abr. 2024.

HORKAI, A., NÉMETHI, B. I TALAMON, A. Smart Solutions and Opportunities for District Heating: The Case of Budapest. **Interdisciplinary Description of Complex Systems**, 17 (1-A) 2019, 78-84. Disponível em: <https://doi.org/10.7906/indcs.17.1.10>. Acesso em: 01 fev. 2024.

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers. **Relatório Anual Final IEEE 2020**. 2020. Disponível em: <https://www.ieee.org/content/dam/ieee-org/ieee/web/org/corporate-communications/annual-report/2020-annual-report/2020-ieee-annual-report-final.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2024.

KHAN, I. S., AHMAD, M. O., & MAJAVA, J. Industry 4.0 and sustainable development: A systematic mapping of triple bottom line, Circular Economy and Sustainable Business Models perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 297, 126655. **Journal of Cleaner Production**, Volume 297, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126655>. Acesso em: 24 abr. 2024.

KHUDYAKOVA, T.; SHMIDT, A.; SHMIDT, S. Sustainable development of smart cities in the context of the implementation of the tire recycling program. **Entrepreneurship and Sustainability Issues**, v. 8, n. 2, dez. 2020, p. 698-715. Disponível em: [https://doi.org/10.9770/jesi.2020.8.2\(42\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2020.8.2(42)). Acesso em: 30 abr. 2024.

KONIETZKO, J.; BOCKEN, N.; HULTINK, E. J. Circular ecosystem innovation: an initial set of principles. **Journal of Cleaner Production**, v. 253, abr. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119942>. Acesso em: 30 abr. 2024.

KORHONEN, J.; HONKASALO, A.; SEPPÄLÄ, J. Circular economy: the concept and its limitations. **Ecological Economics**, v. 143, jan. 2018, p. 37-46. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>. Acesso em: 30 abr. 2024.

LANAU, M.; LIU, G. Developing an urban resource cadaster for circular economy: a case of Odense, Denmark. **Environ. Sci. Technol**, v. 54, n. 7, 7 abr. 2020, p. 4675-4685. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b07749>. Acesso em: 30 abr. 2024.

LASO, J. *et al.* LCA-Based comparison of two organic fraction municipal solid waste collection systems in historical centres in Spain. **Energies**, v. 12, n. 7, abr. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en12071407>. Acesso em: 30 abr. 2024.

LAURIERI, N. *et al.* A door-to-door waste collection system case study: a survey on its sustainability and effectiveness. **Sustainability**, v. 12, n. 14, jul. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12145520>. Acesso em: 30 abr. 2024.

LI, X. *et al.* Development of circular economy in smart cities based on FPGA and wireless sensors. **Microprocessors and Microsystems**, v. 80, fev. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103600>. Acesso em: 30 abr. 2024.

MARSAL-LLACUNA, M. L.; COLOMER-LLINÀS, J.; MELÉNDEZ-FRIGOLA, J. Lessons in urban monitoring taken from sustainable and livable cities to better address the Smart Cities initiative. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 90, parte B, jan. 2015, p. 611-622. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2014.01.012>. Acesso em: 30 abr. 2024.

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **Cradle to cradle**: remaking the way we make things. Londres: Vintage Books, 2009.

MOLINA-MORENO, V. *et al.* The use of led technology and biomass to power public lighting in a local context: the case of Baeza (Spain). **Energies**, v. 11, n. 7, jul. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en11071783>. Acesso em: 30 abr. 2024.

NEWMAN AO, P. Covid, cities and climate: historical precedents and potential transitions to the new economy. **Urban Sciences**, v. 4, n. 3, ed. 32, set. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/urbansci4030032>. Acesso em: 30 abr. 2024.

PENCARELLI, T. The digital revolution in the travel and tourism industry. **Inf Technol Tourism**, v. 22, set. 2020, p. 455-476. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40558-019-00160-3>. Acesso em: 30 abr. 2024.

PEPONI, A.; MORGADO, P. Transition to smart and regenerative urban sites (SRUP): contributions to a new conceptual framework. **Land**, v. 10, n. 1, dez. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/land10010002>. Acesso em: 30 abr. 2024.

PRZYWOJSKA, J.; PODGÓRNIAK-KRZYKACZ, A.; WIKTOROWICZ, J. Perception of priority policy areas and interventions for urban sustainability in Polish municipalities: can polish cities become smart, inclusive and green? **Sustainability**, v. 11, n. 14, jul. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su11143962>. Acesso em: 30 abr. 2024.

RAMAPRASAD, A.; SÁNCHEZ-ORTIZ, A. D.; SYN, T. Ontological review of research in Smart City Research. **AMCIS 2017 Proceedings**. 4. 2017. Disponível em: <https://aisel.aisnet.org/amcis2017/eGovernment/Presentations/4>. Acesso em: 1 maio 2024.

RANKING **Connected Smart Cities**. 2020. Disponível em: <https://web.nectainova.com.br/ranking-csc-20>. Acesso em: 30 abr. 2024.

SHOJAEI, A. *et al.* Enabling a circular economy in the built environment sector through blockchain technology. **Journal of Cleaner Production**, v. 294, abr. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126352>. Acesso em: 30 abr. 2024.

TANGUAY, G. A. *et al.* Measuring the sustainability of cities: an analysis of the use of local indicators. **Ecological Indicators**, v. 10, n. 2, mar. 2010, p. 407-418. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.07.013>. Acesso em: 30 abr. 2024.

TRIPPNER-HRABI, J.; PODGÓRNIAK-KRZYKACZ, A. Innovations in local public transport – significance for the local community. **European Spatial Research and Policy**, v. 25, n. 2, dez. 2018, p. 117-135. Disponível em: <https://doi.org/10.18778/1231-1952.25.2.07>. Acesso em: 30 abr. 2024.

UNITED NATIONS. **World Cities Report** 2022. Disponível em: https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/07/chapter_2_wcr_2022.pdf Acesso em: 01 mai. 2024.

UNITED NATIONS. **The Sustainable Development Goals Report** 2023. Disponível em: [The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023.pdf](https://un.org/sites/default/files/2023/09/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023.pdf) (un.org) Acesso em: 01 mai. 2024.

VALPREDA, E. *et al.* A new collaborative model for holistic and sustainable metropolitan planning. *Techne: TECHNE – Journal of Technology for Architecture and the Environment*, n. 1, abr. 2018, p. 115-120. Disponível em: <https://doi.org/10.13128/Techne-22785>. Acesso em: 30 abr. 2024.

WOODARD, R. Waste management in small and medium-sized enterprises (SMEs): a barrier to developing circular cities. **Waste Management**, v. 118, dez. 2020, p. 369-379. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.08.042>. Acesso em: 30 abr. 2024.

YEO, J. *et al.* Life cycle assessment (LCA) of food waste treatment in Hong Kong: on-site fermentation methodology. **Journal of Environmental Management**, v. 240, jun. 2019, p. 343-351. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.119>. Acesso em: 30 abr. 2024.

ZUPIC, I.; ČATER, T. Bibliometric methods in management and organization. **Organizational Research Methods**, v. 18, n. 3, p. 429-472, dez. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>. Acesso em 1 maio 2024.