

Uso del análisis comparativo para mejorar la movilidad urbana: una nueva herramienta para construir ciudades inteligentes en países emergentes

Fábio Verruck, Roberto Birch Gonçalves
e Isadora Conte Poletto

Recibido: 02/10/2023
Aceptado: 24/06/2024

Resumen

Las mediciones y clasificaciones de las ciudades inteligentes suelen pasar por alto factores clave como el tamaño, la población y la tradición económica, lo que lleva al establecimiento de objetivos poco realistas al comparar ciudades con historias diferentes con puntos de referencia inalcanzables. En este artículo se argumenta que considerar estos factores puede ayudar a los urbanistas a lograr mejoras graduales más eficientes. Para ello, se compara una ciudad de tamaño medio del sur del Brasil con Aarhus (Dinamarca), de tamaño y tradición económica similares, y se desarrolla una herramienta de diagnóstico para evaluar los puntos fuertes y débiles de la movilidad urbana de la ciudad brasileña mediante un análisis comparativo. Los resultados indican que la movilidad urbana de la ciudad podría mejorarse aplicando soluciones sencillas: i) aumentar el atractivo del sistema de transporte público; ii) promover el uso de la bicicleta, y iii) mejorar el acceso a la información en tiempo real.

Palabras clave

Ciudades, zonas urbanas, infraestructura física, transporte urbano, bicicletas, planificación urbana, desarrollo urbano, calidad de la vida, desarrollo sostenible, estudios de caso, Brasil, Dinamarca

Clasificación JEL

P25, O18, R58

Autores

Fábio Verruck es Profesor Adjunto del Departamento de Ciencias Sociales de la Universidad de Caxias do Sul (Brasil). Correo electrónico: fverruck@ucs.br.

Roberto Birch Gonçalves es Profesor Adjunto del Departamento de Ciencias Sociales de la Universidad de Caxias do Sul (Brasil). Correo electrónico: rbgoncal@ucs.br.

Isadora Conte Poletto es Licenciada en Negocios Internacionales por la Universidad de Caxias do Sul y Directora del Departamento Comercial de Poletto Seguros (Brasil). Correo electrónico: isadora@polettoseguros.com.br.

I. Introducción

El concepto de ciudades inteligentes ha surgido en la literatura académica para describir la manera en que las ciudades integran las tecnologías de la información con la gestión de los servicios públicos a fin de automatizar procesos y aumentar el bienestar de los ciudadanos (Lombardi y otros, 2012). Algunas definiciones citadas con frecuencia (por ejemplo, Neirotti y otros, 2014; Jin y otros, 2014; Zanella y otros, 2014; y Arneodo, Castelli y Botta, 2017) hacen hincapié en las características técnicas y operativas, a menudo a expensas de un enfoque sistémico y de gestión. Este enfoque puede llevar a los administradores municipales a priorizar la adquisición de tecnología, independientemente de los beneficios reales que esta pueda aportar (Greenfield, 2013). De acuerdo con Batty y otros (2012), lo que hace que las ciudades sean inteligentes no es solo la automatización de funciones de rutina, sino el uso de los datos generados para supervisar, analizar y planificar con el fin de mejorar la eficiencia, la equidad y la calidad de vida en tiempo real. Por lo tanto, las ciudades con más sistemas de tecnologías de la información y las comunicaciones no son necesariamente más eficientes (Neirotti y otros, 2014).

La dificultad de vincular el esfuerzo a los resultados en los proyectos de ciudades inteligentes a menudo traslada el debate a la arena política, donde pueden predominar cuestiones subjetivas. Esto se ve agravado por la falta de un modelo de negocios claro y ampliamente aceptado para impulsar las inversiones necesarias (Laya, Markendahl y Andersson, 2013; Zanella y otros, 2014). Una gobernanza eficaz es esencial para transformar soluciones aisladas en un sistema coherente e integrado (Gardner y Hespanhol, 2018; Praharaj y Han, 2019; Ruhlandt y otros, 2020). Un supuesto fundamental de este proyecto es que las ciudades inteligentes deben tomar decisiones inteligentes e implementar soluciones alineadas con las necesidades de los ciudadanos y los recursos disponibles. Tener en cuenta tanto las prioridades como los recursos optimiza la toma de decisiones y evita los escollos habituales asociados a los conceptos de moda. La creación y aplicación de un modelo de información unificado proporciona una visión global de la actividad urbana (Naphade y otros, 2011). En virtud de este principio de gobernanza, la “inteligencia” de una ciudad se cuantifica por su capacidad de alcanzar sus objetivos de manera cohesiva (JTC 1, 2015).

La aplicación holística del concepto de ciudad inteligente no tiene por qué ser inmediata, dado que las ciudades a menudo tienen iniciativas que, aunque aisladas, están sujetas a algún tipo de gobernanza. En consecuencia, los proyectos de ciudades inteligentes pueden progresar gradualmente, con mejoras específicas —por ejemplo, de la movilidad urbana— que aumenten la inteligencia general de la ciudad y beneficien a los ciudadanos. El análisis comparativo puede facilitar esta transformación. El principal objetivo de este artículo es proponer parámetros que puedan orientar a las ciudades para que se comparen con estándares realistas, que tengan en cuenta la población, el tamaño, la ubicación, la tradición económica y la cultura, antes de implementar proyectos. El análisis comparativo urbano incluye la comparación de los indicadores de una ciudad con los de unidades similares (Rok y Szmajda, 2014) y la formulación de un diagnóstico claro del desarrollo en relación con un grupo de referencia. Se propone un método para seleccionar puntos de referencia adecuados y establecer parámetros para mejorar la movilidad urbana en las ciudades emergentes. Se eligió la dimensión de movilidad urbana por su impacto directo en la calidad de vida (Mylonakou y otros, 2023; Chen y otros, 2017), su efecto desproporcionado en las poblaciones más pobres (Guzmán y otros, 2023) y su importante contribución a la contaminación urbana (Ghaffarpasand y otros, 2024).

El estudio se organiza en seis secciones, incluida esta introducción. En la segunda sección se examinan los antecedentes teóricos del concepto de ciudades inteligentes y el reto de desarrollar marcos normativos adecuados. En la tercera sección se describe la metodología empleada, de carácter exploratorio y descriptivo. En la cuarta sección se presentan los resultados, en la quinta se abordan el análisis de datos y el diagnóstico, y en la sexta se exponen las conclusiones.

II. Antecedentes teóricos

Las ciudades son áreas geográficas limitadas con alta densidad de población, donde los bienes y servicios fluyen multilateralmente. Debido a la concentración de personas y servicios, suelen atraer nuevos habitantes (Polèse, 2010). Esta concentración crea demandas específicas y consume parte de la riqueza de la ciudad (Newman, 1999). Sin embargo, abordar estos problemas autogenerados puede impulsar la innovación, estimular la actividad económica y generar más riqueza (Schaffers y otros, 2011; Mora, Deakin y Reid, 2019). Por el contrario, los problemas no resueltos conducen a la ineficiencia, a problemas ambientales y a una menor satisfacción de los ciudadanos (Hollands, 2015; Kumar, 2017; Ghaffarpasand y otros, 2024).

Los expertos abogan por un enfoque sistémico para gestionar y comprender las ciudades inteligentes (Fu y Peng, 2014; Hollands, 2015). Al considerar la ciudad como un metasistema, se pone de relieve la complejidad a la que se enfrentan los administradores municipales y la interconexión necesaria para la optimización de los recursos (Naphade y otros, 2011). Caragliu, Del Bo y Nijkamp (2011) describen una ciudad inteligente como aquella en la que las inversiones en capital humano y social, junto con la infraestructura de comunicación tradicional y moderna, impulsan un crecimiento económico sostenible y una elevada calidad de vida a través de la gobernanza participativa. El rasgo definitorio de una ciudad inteligente no es su infraestructura, sino la manera en que los ciudadanos interactúan con estos sistemas y entre sí (Walravens y Ballon, 2013). La inteligencia supone integrar diversos ámbitos urbanos en un sistema de gobernanza unificado para optimizar la asignación de recursos en aras del bienestar de los ciudadanos (Angelidou, 2017).

Las ciudades inteligentes, como sistemas sofisticados, incurren en elevados costos debido a la redundancia. Es posible aumentar la eficiencia mediante la búsqueda y la reducción de las capacidades duplicadas (Maier, 1998). Esto significa identificar todos los sistemas de la ciudad y establecer un acuerdo de gobernanza para entrelazarlos. El reto de construir una ciudad inteligente supone identificar e integrar los sistemas existentes (Zhuhadar y otros, 2017). Esta integración proporciona a los administradores municipales datos de calidad para una toma de decisiones informada (Neirotti y otros, 2014). Un objetivo central en la planificación de una ciudad inteligente es agregar información en tiempo real para hacer frente a los desafíos y gestionar los recursos de manera eficaz (Fu y Peng, 2014; Ardito y otros, 2019).

Las ciudades inteligentes se definen mediante tres enfoques principales: tecnológico, humanístico y de gestión. El enfoque tecnológico se centra en el uso de tecnologías informáticas inteligentes para interconectar las actividades de la ciudad (Washburn y Sindhu, 2010). Esta interconectividad integra datos complejos en una plataforma que sirve de base para las decisiones operativas (Harrison y otros, 2010). El enfoque humanístico considera las ciudades inteligentes como aquellas que satisfacen las necesidades de la comunidad, con la creatividad como aspecto clave (Albino, Berardi y Dangelico, 2015). El enfoque de gestión define las ciudades inteligentes como aquellas que sobresalen en términos de economía, población, gobernanza, movilidad, ambiente y calidad de vida mediante el aprovechamiento de los recursos y las actividades de los ciudadanos informados (Nam y Pardo, 2011).

En Berrone y Ricart (2018) se presenta el índice de ciudades en movimiento, que analiza nueve dimensiones de la ciudad para determinar fortalezas y debilidades, a fin de contribuir a la planificación del desarrollo y mejorar la calidad de vida. Las normas de la Organización Internacional de Normalización (ISO) 37122:2019 proporcionan indicadores para analizar las ciudades inteligentes en diversas áreas, haciendo hincapié en las funciones coordinadas de la ciudad y las interacciones de las partes interesadas dentro de un macrosistema inteligente (Fu y Peng, 2014; Kumar, 2017). La gestión de las ciudades inteligentes es compleja debido a la diversidad de las fuentes de datos y requiere una gobernanza activa y orientada a la solución de problemas que valore la colaboración (Goldsmith y Crawford, 2014; Barns, 2018). Los modelos de gobernanza colaborativos y basados en datos abren

los procesos gubernamentales a los ciudadanos, fomentando soluciones coproducidas. Los datos pueden contribuir a racionalizar los servicios públicos y sustituir las estructuras burocráticas (Clarke y Margetts, 2014; Davies y Bawa, 2012).

El reto consiste en desarrollar marcos normativos que faciliten las inversiones en servicios basados en datos alineados con las prioridades de la ciudad. Cada ciudad inteligente es única y requiere modelos a medida (Kumar, 2015). La necesidad de equilibrar el desarrollo social y el crecimiento económico en un contexto sumamente urbanizado impulsa el interés por las ciudades inteligentes, lo que requiere estrategias que integren múltiples sectores en una visión sistémica. Sin embargo, algunos estudiosos ven la ciudad como una entidad colectiva, que se comporta como un cuerpo homogéneo con una sola voz (Vanolo, 2014). La movilidad urbana, una dimensión crítica de las ciudades inteligentes, incide directamente en la calidad de vida (Mylonakou y otros, 2023; Chen y otros, 2017). Las soluciones de movilidad urbana eficientes pueden reducir la congestión vehicular, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la accesibilidad (Guzmán y otros, 2023; Ghaffarpasand y otros, 2024). Los recientes avances en materia de vehículos autónomos, servicios de movilidad compartida y sistemas de gestión del tránsito en tiempo real ponen de relieve el potencial de las tecnologías inteligentes para revolucionar el transporte urbano (Cohen y Shaheen, 2016; Acheampong y otros, 2020).

III. Método

La metodología empleada en el presente trabajo es un estudio de caso. Para la recopilación y el análisis de datos se adoptó un enfoque heterodoxo, que incorpora datos cualitativos y cuantitativos procedentes de fuentes primarias y secundarias. Este enfoque se consideró apropiado dada la naturaleza del problema de investigación, la falta de una fuente unificada que comprenda toda la información pertinente y la necesidad de incorporar diversas perspectivas para lograr la triangulación de los datos y un diagnóstico imparcial (Yin, 2018; Baxter y Jack, 2008; Flyvbjerg, 2011; Matyas y Kamargianni, 2021).

Se trata de un estudio exploratorio y descriptivo, cuyo objetivo es mejorar la comprensión del fenómeno de la movilidad, describir las características del tema en ciudades específicas y establecer conexiones entre variables. El enfoque de los estudios de caso es especialmente adecuado para la investigación exploratoria y descriptiva, porque es el tipo de diseño de investigación más completo. Abarca tanto “datos de personas” como “datos en papel” y utiliza una amplia gama de fuentes de información, incluidas entrevistas personales y análisis de sitios web (Gil, 2002; Stake, 1995; Crowe y otros, 2011). Al emplear una metodología de estudios de caso, es posible realizar un examen flexible y en profundidad del tema, que permite una comprensión matizada de cuestiones complejas en contextos reales (Flyvbjerg, 2011).

1. Contexto de investigación

En el marco del Programa de Aceleração do Crescimento (PAC 2), destinado a fomentar la movilidad urbana del Brasil, se han asignado aproximadamente 40 millones de reales desde junio de 2018 a la implementación de carriles de autobuses, la reparación del asfalto en las rutas de autobús y el desarrollo de estaciones de cercanías en la ciudad de Caxias do Sul (Ministerio de Planificación, Desarrollo y Gestión del Brasil, 2016). Este programa apunta a reducir las desigualdades sociales mediante la priorización del transporte público, transformando así las ciudades en ambientes más humanos. Para alcanzar dicho objetivo, el estado de Rio Grande do Sul apoya proyectos que promuevan la integración física y tarifaria del transporte público, así como proyectos de gran y mediana capacidad como metros, autobuses de tránsito rápido, corredores de autobuses, vehículos ferroviarios ligeros y vehículos aéreos, entre otros (Ministerio de las Ciudades del Brasil, 2015).

Dado que la ciudad de Caxias do Sul está llevando a cabo activamente iniciativas relativas a las ciudades inteligentes y realizando las inversiones correspondientes, se necesita una evaluación exhaustiva de las necesidades de la ciudad en diversos sectores. En este estudio se explora específicamente la movilidad urbana como un área crítica para la mejora, al considerarla un paso fundamental hacia el logro de los ambiciosos objetivos de la ciudad.

2. Recopilación de datos

Con el fin de determinar proyectos adecuados para la ciudad de Caxias do Sul con miras a mejorar su infraestructura de movilidad, el proceso de recopilación de datos para este estudio se dividió en dos segmentos distintos: i) recopilación de datos de movilidad específicos de Caxias do Sul, y ii) recopilación de datos de movilidad de una ciudad de referencia en la materia. Para el primer segmento, se utilizó una herramienta de diagnóstico a fin de evaluar el estado actual de la movilidad urbana en Caxias do Sul de acuerdo con estándares reconocidos internacionalmente. Esta herramienta se describe más adelante en la subsección 3. Tras la aplicación de la herramienta, los resultados se compararon con los de la ciudad de referencia, seleccionada sobre la base de los criterios esbozados más adelante en el punto 2. b). En el cuadro 1 se detallan las fuentes primarias de información utilizadas para recopilar los datos necesarios para este estudio.

Cuadro 1
Fuentes de datos utilizadas en el estudio

Fuente	Tipo de información	Método de recopilación
Ministerio de Planificación y Presupuesto [en línea] https://www.gov.br/planejamento/pt-br	Inversiones en la ciudad	En línea
Unión de Ciclistas de Caxias do Sul (UNICCA)	Proyectos de infraestructura para el ciclismo	Teléfono
MobiCaxias ^a	Proyectos de movilidad urbana	Teléfono
Viação Santa Tereza (VISATE) (empresa de transporte público)	Calidad, cobertura y uso de los autobuses y nivel de satisfacción de los usuarios	Correo electrónico
Municipio de Caxias do Sul [en línea] https://caxias.rs.gov.br/	Información demográfica de la ciudad	En línea
Rádio Caxias (estación de radio) [en línea] https://radiocaxias.com.br/portal/noticias/prefeitura-estuda-criacao-de-ciclofaixa-que-ligue-as-zonas-leste-e-oeste-de-caxias-do-sul-111274	Opinión de los ciclistas sobre las condiciones para circular por la ciudad	En línea
<i>Pioneiro</i> (periódico local) [en línea] http://pioneiro.clicrbs.com.br/rs/politica/noticia/2019/06/gestao-de-mobilidade-urbana-em-caxias-vai-na-contramao-do-que-e-adequado-dizem-especialistas-10942793.html	Aumento del número de propietarios de automóviles a lo largo de los años	En línea
Viação Santa Tereza (VISATE) (empresa de transporte público) [en línea] https://www.visate.com.br/site/	Frecuencia de los servicios de autobús	En línea
Aarhus Kommune	Calidad, cobertura y uso del transporte público, nivel de satisfacción de los usuarios y número de automóviles privados	Correo electrónico
Embajada del Ciclismo de Dinamarca y plataforma de arquitectura del paisaje de Aarhus	Infraestructura para el ciclismo, número de ciclistas, aumento del uso de la bicicleta	Correo electrónico
Municipio de Aarhus [en línea] https://aarhus.dk/	Inversiones en el proyecto de movilidad inteligente de Aarhus	En línea
VisitAarhus [en línea] https://www.visitaarhus.com/corporate/about-organisation-visitaarhus	Medios de transporte	En línea
State of Green, <i>Sustainable Urban Transportation</i> , 2016 [en línea] https://cyclingsolutions.info/wp-content/uploads/2020/12/Sustainable-Urban-Transportation.pdf	Planes de movilidad sostenible en Aarhus	En línea
Centro Internacional, "Buses in Aarhus", Universidad de Aarhus, 2016 [en línea] https://www.au.dk/fileadmin/www.au.dk/Internationalt_Center/Housing/Practical_social/BUSES_in_Aarhus.pdf	Tarifas del autobús	En línea
M. S. Nicolaisen, "Mobility and Urban Development in Aarhus", s. f. [en línea] https://bransch.trafikverket.se/contentassets/b9cca53e177349d39d98584b597f3674/mobility-and-urban-development-in-aarhus-morten-skou-nicolaisen.pdf	Estadísticas demográficas de Aarhus y descripción de la ciudad	En línea

Fuente	Tipo de información	Método de recopilación
Recursos académicos internacionales	Medios de transporte	En línea
LetsGo - Lev simpelt (servicio de uso temporal de vehículos) [en línea] https://letsgo.dk/om-letsgo	Uso temporal de vehículos	En línea
Smart Aarhus [en línea] https://aarhus.dk/	Programa de movilidad como servicio	En línea
Donkey Republic (servicio de uso temporal de bicicletas) [en línea] https://www.donkey.bike/	Programa de uso temporal de bicicletas	En línea
Minimum-Wage.org [en línea] https://www.minimum-wage.org/	Salario mínimo	En línea
IQAir [en línea] https://www.iqair.com/	Calidad del aire	En línea

Fuente: Elaboración propia.

^a La asociación civil Mobilização por Caxias do Sul (MobiCaxias) se basa en principios y marcos conceptuales alineados con la literatura académica sobre innovación y ecosistemas innovadores en el Brasil. Se estructura en torno a los modelos de triple y, más recientemente, cuádruple hélice, que incluyen la participación activa de representantes y líderes de cuatro sectores clave: el sector público (autoridades ejecutivas y legislativas), el sector privado (entidades empresariales), el sector académico (universidades y facultades) y la sociedad civil organizada. Esta última incluye sindicatos, asociaciones y otras instituciones y organizaciones comunitarias, culturales y sociales, así como personas unidas en su compromiso de imaginar y construir un futuro próspero para Caxias do Sul.

a) Herramienta de diagnóstico de la movilidad en Caxias do Sul

Para la fase inicial de recopilación de datos de este estudio, se realizó un análisis de la movilidad en Caxias do Sul. Para evaluar la eficacia y funcionalidad de las opciones de movilidad de la ciudad, se emplearon los indicadores detallados en el cuadro 2, de conformidad con la investigación realizada por Tischer y Polette (2019) sobre la evaluación de la movilidad urbana. Esta metodología se seleccionó por su capacidad para evidenciar factores que afectan significativamente la calidad de vida y el transporte de los residentes de la ciudad, incluidos la infraestructura para el ciclismo, el diseño urbano, los espacios públicos, el transporte público, la duración de los desplazamientos diarios y el uso de vehículos privados. Tischer y Polette (2019) subrayan que estos indicadores son reconocidos y utilizados ampliamente en todo el mundo, y que sus resultados sirven no solo para evaluar la actuación de una ciudad, sino también para proponer mejoras de sus procesos urbanos.

Cuadro 2
Indicadores de la calidad de la movilidad

Indicador	Aspectos medidos
Índice de innovación en movilidad urbana (Asociación Internacional de Transporte Público)	Tamaño y densidad de la población; uso del transporte público; frecuencia del transporte público; atractivo financiero del transporte público; nivel de satisfacción pública con el sistema de transporte público; área de la ciudad que tiene acceso al sistema de transporte público; fomento del transporte público por parte del sector público; vehículos matriculados; habitantes por automóvil; uso temporal de vehículos
Índice Copenhagense	Apoyo público y cultura del uso de la bicicleta; instalaciones especiales para bicicletas; infraestructura de carriles o sendas para bicicletas; programas de uso temporal de bicicletas; uso de la bicicleta por género; uso de la bicicleta como medio de transporte; aumento del uso de la bicicleta; percepción de seguridad; políticas públicas y planificación urbana; aceptación social; bicicletas de carga y logística
Premio Capital Verde Europea	Naturaleza y biodiversidad; movilidad sostenible; calidad del aire y residuos
Clasificación de la calidad de vida (Mercer)	Espacios naturales; opciones de transporte proporcionadas por la ciudad
Puntuación de transitabilidad peatonal (<i>walk score</i>)	Distancia entre los hogares y el sistema de transporte público

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de V. Tischer y M. Polette, "Sistema de avaliação de cidades de referência em transportes e mobilidade urbana sustentável", *Cadernos MetrÓpole*, vol. 21, N° 45, mayo-agosto de 2019.

b) Movilidad en la ciudad de referencia

En la fase siguiente de este estudio, se examinaron los datos de Aarhus (Dinamarca). Aarhus fue seleccionada como la ciudad de referencia con la que se compararía Caxias do Sul debido a su reconocimiento como la segunda ciudad inteligente a nivel mundial y la tercera en términos de movilidad (Universidad Tecnológica de Viena, 2014), y dada su considerable comparabilidad con Caxias do Sul en

varias dimensiones. Aarhus es la segunda ciudad más poblada de Dinamarca, con aproximadamente 350.000 habitantes, mientras Caxias do Sul es la segunda ciudad más grande del estado de Rio Grande do Sul, una región similar a Dinamarca tanto en tamaño como en población. Aarhus ha experimentado un notable crecimiento demográfico y es sede de una destacada universidad con más de 40.000 estudiantes. Además, el puerto de la ciudad es predominantemente industrial. Su puerto de contenedores es el mayor de Dinamarca y se dedica principalmente a la exportación de cereales (UrbanAct, 2020).

Caxias do Sul también alberga una importante universidad y depende principalmente de los sectores industriales para su sustento económico. Dada la posición de Aarhus como tercera ciudad inteligente en materia de movilidad urbana y su sustancial comparabilidad con Caxias do Sul en términos de tamaño y perfil económico, se consideró un punto de referencia apropiado. El proceso de recopilación de datos para Aarhus se dividió en dos componentes: i) recopilación de datos obtenidos mediante la herramienta de diagnóstico desarrollada para evaluar la movilidad en Caxias do Sul (indicadores detallados en el cuadro 2), y ii) descripción exhaustiva de las principales iniciativas de movilidad emprendidas por la ciudad. A continuación, estos datos amalgamados se analizaron para definir medidas aplicables a Caxias do Sul y dilucidar posibles adaptaciones o conceptos análogos.

c) Análisis de datos

El alcance de los factores necesarios para que una ciudad se convierta en una ciudad inteligente es muy amplio, por lo que resulta poco práctico analizar exhaustivamente todas las facetas dentro de los límites de este estudio. Sin embargo, como plantean Naphade y otros (2011), un enfoque prudente consiste en definir una sola área de mejora como punto de partida para el progreso. En consecuencia, el presente estudio se centra en el aspecto de la movilidad de las ciudades inteligentes. Para alcanzar los objetivos del estudio, el análisis de datos se llevó a cabo mediante el método de triangulación de datos. Este método se eligió por su capacidad para sintetizar datos de múltiples fuentes, puesto que la dependencia de una única fuente de datos probablemente arrojaría información insuficiente. Por lo tanto, se consideró imperativa la utilización de fuentes cualitativas y cuantitativas en tándem, ya que ofrecen perspectivas complementarias que pueden enriquecer el proceso de análisis general (Creswell y Clark, 2011). La incorporación de datos mixtos en el marco de la triangulación sirve para mitigar posibles sesgos en las metodologías de investigación unidimensionales, en particular en los enfoques cualitativos, lo que facilita la obtención de resultados más precisos y veraces (Holland, 2009).

IV. Resultados

Los resultados se dividieron en tres secciones principales: i) calidad de la movilidad urbana en Caxias do Sul, según los resultados de los indicadores del cuadro 2; ii) calidad de la movilidad urbana en Aarhus, según los resultados de los indicadores del cuadro 2, y iii) planes de movilidad de Aarhus.

1. Calidad de la movilidad urbana en Caxias do Sul

Para obtener los resultados que se presentan a continuación, se entrevistó al director ejecutivo de MobiCaxias y a los dirigentes de la Unión de Ciclistas de Caxias do Sul y de Viação Santa Tereza (VISATE), la empresa que gestiona el sistema de transporte público de la ciudad. También se consultaron los sitios web del municipio de la ciudad, la estación de radio local y el periódico *Pioneiro*, el servicio de transporte Murbi, el servicio de noticias en línea *Diário do Transporte*, PwC y la Asociación de Taxis de Caxias do Sul (ACTL), así como un estudio sobre movilidad y turismo de Simon, Gastal y Dos Santos (2014) y una investigación sobre la sostenibilidad de la eliminación de residuos urbanos (Caxias do Sul, 2024).

a) Índice de movilidad urbana

El análisis del índice de movilidad urbana de Caxias do Sul revela varios aspectos clave del sistema de transporte público de la ciudad. Gestionado por una empresa privada, el sistema atiende a unos 90.000 pasajeros al mes, con un índice de satisfacción del 75,9%. Cada autobús realiza una media de 5,8 viajes por día en 82 rutas, lo que garantiza una amplia cobertura de las zonas urbanas de la ciudad. Sin embargo, a pesar de su amplio alcance, el atractivo financiero del sistema de transporte público se considera relativamente bajo, como demuestra el precio del pasaje de ida, de 4,80 reales. Teniendo en cuenta que el salario mínimo de la ciudad es de aproximadamente 5,80 reales por hora, adquirir un pasaje de ida y vuelta para ir de casa al trabajo requiere más de una hora de trabajo.

Con una población de aproximadamente 500.000 habitantes y una densidad poblacional de 280,52 habitantes por kilómetro cuadrado (IBGE, 2022), Caxias do Sul también debe hacer frente a una alta densidad vehicular, dado que cuenta con aproximadamente 306.000 vehículos matriculados, lo que equivale a 1,6 habitantes por vehículo. En respuesta a estos desafíos, la ciudad ha esbozado planes para introducir plazas de estacionamiento especiales destinadas a automóviles compartidos en 2024 como un medio para promover iniciativas de uso compartido de vehículos.

Además del sistema de autobuses convencional, Caxias do Sul ofrece dos modos adicionales de transporte público: el sistema Murbi y los servicios de autobús de transbordo. El sistema Murbi funciona a la carta, principalmente para estudiantes y profesores de la Universidad de Caxias do Sul. Los usuarios pueden acceder al servicio a través de una aplicación móvil específica, seleccionar entre rutas predeterminadas y optar por Murbi Pop, con un precio de 2,00 reales por trayecto, o Murby Easy, cuyo precio es de 5,20 reales por trayecto y ofrece servicios de transporte puerta a puerta.

El servicio de autobús de transbordo funciona como un autobús estándar, pero a una escala más limitada, ya que solo ofrece cuatro rutas dentro de Caxias do Sul. Se ha posicionado como una opción de transporte de calidad superior entre los autobuses y los servicios de taxi o uso compartido de vehículos, y tiene capacidad para un máximo de 20 pasajeros por viaje, con una tarifa de 3,60 reales por trayecto. En la actualidad, este servicio se enfrenta a dificultades operativas, pues aproximadamente 20 vehículos funcionan en condiciones subóptimas.

Para optimizar la movilidad urbana y abordar las disparidades de transporte, Caxias do Sul debe dar prioridad a las intervenciones estratégicas dirigidas a mejorar la accesibilidad, la asequibilidad y la eficiencia del transporte público. La puesta en marcha de iniciativas específicas, como estacionamientos compartidos y la mejora de los servicios de autobús de transbordo, podría facilitar la transición de la ciudad hacia un ecosistema de movilidad urbana más sostenible y equitativo.

b) Índice Copenhagense

El análisis del índice de movilidad urbana reveló una evidente falta de apoyo público al uso de la bicicleta como modo de transporte viable en Caxias do Sul. En la ciudad, el ciclismo se considera predominantemente una actividad recreativa o deportiva y se ve eclipsado por una "cultura del automóvil" predominante que trata la bicicleta como una opción subordinada para los desplazamientos al trabajo. A pesar de algunos eventos promocionales esporádicos dirigidos a fomentar el uso de la bicicleta, centrados principalmente en actividades recreativas, su empleo como modo de transporte continúa siendo marginal.

La infraestructura para el ciclismo de la ciudad presenta importantes deficiencias, en particular la escasez de sendas y carriles designados para bicicletas, de los que solo existen dos en la actualidad. Además, dicha infraestructura está mal planificada, porque no está diseñada para incluir puntos de interés ni para ofrecer una conectividad óptima en toda la ciudad. Los servicios esenciales, como los

estacionamientos para bicicletas, están disponibles solo de forma esporádica, principalmente en una selección de establecimientos como centros comerciales, universidades y restaurantes, lo que limita aún más la accesibilidad y la comodidad para los ciclistas.

Si bien las demandas comunitarias para mejorar la infraestructura para el ciclismo han impulsado algunas iniciativas municipales desde julio de 2018, incluidas las propuestas de sendas para bicicletas que abarquen toda la ciudad y un carril para bicicletas de 1,7 kilómetros en el distrito Ana Rech, el progreso sigue siendo lento. Refrenada por una infraestructura inadecuada y preocupaciones relativas a la seguridad, la adopción del ciclismo como un modo de transporte viable avanza a un ritmo letárgico. Los requisitos indispensables para fomentar un ambiente favorable al uso de la bicicleta incluyen la creación de extensos sistemas de sendas para bicicletas y de estacionamientos seguros para salvaguardar el bienestar de los ciclistas y promover un cambio modal. Además, generar un cambio cultural en las percepciones de la sociedad sobre el uso de la bicicleta, más allá de sus connotaciones recreativas, es primordial para fomentar una mayor aceptación y adopción social.

En el ámbito del transporte de carga, el surgimiento de aplicaciones de reparto ha puesto de relieve la potencial utilidad de las bicicletas para fines logísticos. Sin embargo, la falta de una infraestructura formal de bicicletas de carga, junto con la ausencia de un marco normativo, impide la adopción generalizada de iniciativas de ciclismo de carga en la ciudad. A pesar del creciente interés, la perspectiva de integrar las bicicletas de carga en el ecosistema de transporte de Caxias do Sul continúa siendo vaga debido a la falta de esfuerzos municipales concertados para formalizar tales iniciativas.

c) Premio Capital Verde Europea

El paisaje urbano de Caxias do Sul está a punto de transformarse, gracias a la puesta en marcha de distintos planes para desarrollar y equipar espacios públicos urbanizados en toda la ciudad. Para 2024, se prevé que el 50% de los espacios públicos de Caxias do Sul se habrá inventariado exhaustivamente y que se habrán establecido planes de utilización y estrategias de mantenimiento específicos para cada barrio. El plan inicial consistía en convertir la Avenida Júlio de Castilhos en un parque lineal en 2022, incorporando instalaciones comerciales y de servicios para mejorar la accesibilidad pública y las oportunidades recreativas. Debido a la opinión pública y a problemas operativos, esta transformación no se llevó a cabo. No obstante, el proyecto sigue formando parte de los objetivos de la ciudad, se ha incluido en el nuevo plan de movilidad y su finalización se prevé ahora para 2030.

En consonancia con la meta 11.2 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), Caxias do Sul procura desarrollar un marco de movilidad urbana más sostenible, inclusivo y equitativo para 2030. Al mismo tiempo, los esfuerzos para lograr la meta 11.6 de los ODS suponen la aplicación de protocolos integrales de calidad del aire y gestión de residuos, a fin de mitigar los efectos ambientales adversos. Caxias do Sul es la quinta ciudad más sostenible del Brasil en materia de saneamiento urbano, lo que demuestra su cumplimiento de las prescripciones legales que rigen la gestión de residuos sólidos, desde la recolección hasta la eliminación.

En la actualidad, Caxias do Sul goza de una calidad del aire encomiable, con una puntuación del índice de calidad del aire de los Estados Unidos de 47, basada en los datos de la semana del 9 de noviembre al 15 de noviembre de 2020. Sin embargo, aunque esta puntuación está dentro del rango de calidad del aire “buena”, un aumento relativamente pequeño a 51 en el índice de calidad del aire lo llevaría a la categoría inferior de calidad del aire “moderada”. Por lo tanto, el seguimiento continuo y las medidas proactivas son esenciales para gestionar de forma sostenible los niveles de calidad del aire y preservar la integridad ambiental en el medio urbano.

d) Clasificación de la calidad de vida de Mercer

El análisis de esta clasificación revela que Caxias do Sul está avanzando hacia la consecución de la meta 11.7 de los ODS, que consiste en proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles para 2030, en particular para los grupos vulnerables como las mujeres y los niños, las personas de edad y las personas con discapacidad. Esto subraya el compromiso de la ciudad de fomentar entornos urbanos equitativos y accesibles que favorezcan la inclusión social y el bienestar.

Abrantes (2016) llevó a cabo una evaluación exhaustiva de las ciudades brasileñas, que abarca diversas dimensiones como el bienestar, la seguridad, la educación, la salud y los indicadores económicos. Caxias do Sul se clasificó en la decimoctava posición según estos criterios, lo que refleja su buen desempeño general en múltiples ámbitos. Este reconocimiento subraya la continua labor de la ciudad para mejorar la habitabilidad, promover el desarrollo socioeconómico y fomentar un entorno propicio para sus residentes.

e) Puntuación de transitabilidad peatonal

Lamentablemente, no fue posible acceder a datos sobre la transitabilidad peatonal en Caxias do Sul. Esto pone de relieve el déficit de datos que presentan muchos países en desarrollo, en particular sobre sus centros urbanos. Es probable que estas lagunas se deban a la asignación prioritaria de recursos para atender necesidades sociales fundamentales como la sanidad y la educación, lo que limita la disponibilidad de datos completos sobre índices de habitabilidad e infraestructura urbana.

2. Calidad de la movilidad urbana en Aarhus

Para obtener la información que se presenta a continuación, se mantuvo correspondencia por correo electrónico con las principales partes interesadas, incluidos el Jefe de Planificación del Transporte de Aarhus, la Embajada del Ciclismo de Dinamarca y una plataforma de arquitectura del paisaje afiliada a Aarhus. Además, se extrajo información de varios sitios web, como los del municipio de Aarhus, el Ministerio de Medio Ambiente de Dinamarca, Visit Aarhus, recursos académicos internacionales, LetsGo - Lev Simpelt, Smart Aarhus, Donkey Republic y Minimum-Wage.org. También se consultaron materiales de investigación pertinentes, como "Buses in Aarhus" (Centro Internacional, 2016), y *Sustainable Urban Transportation* (State of Green, 2016).

a) Índice de movilidad urbana

El análisis de este índice muestra que el transporte público de Aarhus tiene un elevado número de usuarios, que varía entre 40 millones y 45 millones de pasajeros al año. Los vehículos ferroviarios ligeros y las principales líneas de autobús funcionan con una frecuencia de 6 a 12 salidas por hora en hora punta y una impresionante proporción de los usuarios del transporte público (70%) valora el servicio entre 7 y 10 en una escala de 0 a 10. Además, toda la ciudad se encuentra bien comunicada por transporte público, el cual está supervisado por cinco empresas de autobuses públicas regionales. Existen varias opciones de pasajes, entre los que predomina el abono de 30 días, que costaba 365 coronas en 2020 (unos 308 reales) y permite viajes ilimitados durante el período designado. En términos de asequibilidad, con un salario mínimo de 18 coronas por hora (unos 15,20 reales), el costo de un pasaje de ida y vuelta equivale a menos de una hora de trabajo.

Aarhus tiene casi 350.000 habitantes, una densidad de población de 2.874 personas por kilómetro cuadrado y 119.825 vehículos privados matriculados, lo que equivale a casi tres habitantes

por automóvil. La ciudad alberga varias iniciativas de uso temporal de vehículos, entre las que destaca LetsGo - Lev Simpelt. La inscripción en esta organización da acceso a una flota de vehículos de uso temporal que pueden reservarse según las necesidades. Los miembros suelen pagar una cuota mensual y los costos asociados al combustible y al kilometraje acumulados durante el uso. La cuota de alquiler exacta de cada reserva puede variar en función del plan de suscripción seleccionado.

b) Índice Copenhagense

Este índice pone de manifiesto que Aarhus fomenta una sólida cultura ciclista, en la que la bicicleta es un modo de transporte muy importante. En 2007, la ciudad se embarcó en la aplicación de su Plan de Acción para el Ciclismo, que dio lugar al establecimiento de diversas iniciativas, como la creación de nuevas rutas y sendas para bicicletas, así como de más de 3.000 estacionamientos para bicicletas, la instalación de señalización de tránsito adicional, bombas de aire y barómetros para bicicletas, y la mejora de la limpieza de la nieve durante el invierno. Aarhus dispone de una amplia infraestructura para el ciclismo, que comprende 675 kilómetros de carriles para bicicletas. Además, la ciudad cuenta con un programa de uso temporal de bicicletas operado por Donkey Republic, que permite a los usuarios alquilar bicicletas por períodos flexibles a través de una aplicación móvil.

El perfil demográfico de los ciclistas de Aarhus es notablemente diverso, con una distribución equitativa entre hombres y mujeres ciclistas. Más del 50% de los ciclistas tiene un empleo, mientras que el 26% corresponde a estudiantes y el 22% pertenece a las categorías de no empleados u otros. Cabe destacar que el 85% de la población tiene acceso a una bicicleta y el 58% practica el ciclismo con regularidad. Se observa una tendencia creciente a la adopción de bicicletas de carga, que constituyen el 3% del parque total de bicicletas y se utilizan principalmente para el transporte de niños y mercancías.

Como reflejo del espíritu ciclista más amplio de Dinamarca, Aarhus ha sido testigo de un considerable aumento del uso de la bicicleta en la última década, del 20%. Los planes futuros, esbozados en 2019, abarcan la construcción de dos nuevas autopistas para bicicletas, la creación de un estacionamiento para bicicletas en la estación de trenes principal con capacidad para 2.000 bicicletas y la introducción de tres torres de estacionamiento de bicicletas totalmente automatizadas inspiradas en estructuras similares del Japón.

c) Premio Capital Verde Europea

En el ámbito de la movilidad sostenible, Aarhus ha puesto en marcha importantes iniciativas desde 2016, forjando alianzas con más de 40 asociados en materia de acción climática para abordar la congestión vehicular y promover prácticas de movilidad sostenibles. Haciendo hincapié en la colaboración público-privada, estas iniciativas apuntan a incentivar la inversión en ambas áreas con miras a crear un modelo de transporte más respetuoso con el medio ambiente. Dentro del distrito empresarial de Aarhus, cabe destacar la inauguración de un sistema de vehículos ferroviarios ligeros en 2017, complementado con planes para establecer una extensa red de sendas para bicicletas integrada con paradas de autobús y estaciones de vehículos ferroviarios ligeros. Además, el parque empresarial tiene la intención de proporcionar a los empleados acceso a una variedad de bicicletas y servicios de bicicletas de carga para entregas a pequeña escala, a fin de fomentar aún más las prácticas de desplazamiento ecológicas. Un objetivo clave de la ciudad es lograr la neutralidad en carbono en un futuro próximo.

Con respecto a la calidad del aire, Aarhus goza actualmente de condiciones favorables: su puntuación del índice de calidad del aire fue de 28 en la semana del 9 al 15 de noviembre de 2020. La ciudad da prioridad al mantenimiento de niveles mínimos de este índice, indicativos de una elevada calidad del aire. En particular, Aarhus ha sido aclamada por sus innovadoras estrategias de gestión de residuos desde 2012. La instalación de más de 800 contenedores de residuos subterráneos ha

mejorado significativamente la eficiencia de la recolección de residuos, reducido la contaminación acústica asociada a los métodos de eliminación de residuos tradicionales y mitigado los problemas relacionados con los olores. Además, esta iniciativa ha obtenido la aprobación generalizada de los ciudadanos, pues más del 90% de los residentes ha expresado satisfacción con la mejora de la infraestructura de gestión de residuos.

d) Clasificación de la calidad de vida de Mercer

Aarhus ofrece una plétora de espacios verdes y accesibles, ya que dispone de más de 20 parques donde se pueden realizar diversas actividades recreativas como deportes, paseos y excursiones familiares. Estos parques sirven como vibrantes centros comunitarios donde los residentes pueden sumergirse en la naturaleza, realizar actividades físicas o simplemente relajarse en un entorno verde y con serenas masas de agua. En cuanto al transporte, Aarhus ofrece una amplia gama de opciones que incluyen autobuses, el sistema de vehículos ferroviarios ligeros (Aarhus Letbane), bicicletas, vehículos personales y taxis. Nomad List, un destacado sitio web especializado en clasificaciones de ciudades, realizó una evaluación de las mejores ciudades para vivir en Dinamarca, teniendo en cuenta diversos factores como la transitabilidad peatonal, las condiciones climáticas, el costo de vida, las oportunidades educativas y los niveles de seguridad. Aarhus quedó en tercer lugar en esta evaluación, lo que confirma su atractivo como destino urbano caracterizado por condiciones de vida y servicios favorables.

e) Puntuación de transitabilidad peatonal

Alrededor del 99% de los usuarios del transporte público vive a menos de 800 metros de su parada de autobús más cercana.

3. Planes de movilidad de Aarhus

En 2007, el municipio de Aarhus puso en marcha el Plan de Acción para el Ciclismo, dirigido a mejorar la calidad de la infraestructura para el ciclismo a fin de promover el uso de la bicicleta como principal modo de transporte. El objetivo del plan era aumentar el número de personas que optaban por la bicicleta, lo que tendría repercusiones positivas en materia de salud pública, clima y mitigación de la congestión vehicular en la ciudad. Esta estrategia se basaba en el reconocimiento de que el uso de la bicicleta ofrece beneficios para la salud, produce cero emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y reduce sustancialmente la congestión vehicular y los embotellamientos (Municipalidad de Aarhus, 2024).

Además, en 2017, Aarhus introdujo el concepto de movilidad como servicio, que prioriza soluciones como el uso compartido de vehículos y la reducción del tránsito. Simultáneamente, la ciudad lanzó la aplicación móvil GoTur, diseñada para integrar varias modalidades de transporte, incluidos autobuses, trenes, vehículos ferroviarios ligeros, sistemas de uso temporal de bicicletas y monopatines eléctricos. GoTur está disponible para su descarga en las plataformas Android e iOS, y permite a los usuarios introducir su ubicación actual y el destino deseado para ofrecerles sugerencias de rutas optimizadas que incluyen medios de transporte público, opciones para ciclistas, monopatines eléctricos o servicios de transporte compartido ofrecidos por conductores particulares.

4. Resultados generales

Los datos de los indicadores recopilados tanto para Caxias do Sul como para Aarhus se presentan en el cuadro 3. Cabe señalar que Aarhus ha puesto en marcha una iniciativa de datos abiertos cuyo

objetivo es proporcionar acceso a los ciudadanos a una serie de conjuntos de datos que abarcan diversos ámbitos, incluida la movilidad urbana. Si bien Caxias do Sul ha puesto en marcha un proyecto similar de datos abiertos recientemente, este todavía se encuentra en fase de desarrollo. El uso de datos abiertos es de vital importancia para alcanzar el estatus de ciudad inteligente. Esta iniciativa ayuda a los investigadores y a las empresas a perfeccionar su oferta aprovechando la información procedente de diferentes conjuntos de datos. También brinda a los desarrolladores la oportunidad de crear aplicaciones basadas en datos en tiempo real, en ámbitos como el transporte y la atención sanitaria. De este modo, ambos municipios están en condiciones de emprender una trayectoria de mayor disponibilidad de datos en la que fuentes de datos dispares se integren eficazmente para facilitar mejores prácticas de gestión urbana.

Cuadro 3
Indicadores y resultados

Indicador	Aspecto medido	Resultados de Caxias do Sul	Resultados de Aarhus
Índice de innovación en movilidad urbana	Tamaño de la población	Alrededor de 500.000 habitantes	Alrededor de 350.000 habitantes
	Densidad de población	280,52 habitantes por km ²	2.900,00 habitantes por km ²
	Uso del transporte público	1,08 millones de pasajeros por año	40 millones de pasajeros por año
	Frecuencia del transporte público	2,5 veces por hora	6 veces por hora
	Atractivo financiero del transporte público	Bajo	Alto
	Nivel de satisfacción de los usuarios con el sistema de transporte público	75,9%	70%
	Área de la ciudad que tiene acceso al sistema de transporte público	100%	100%
	Fomento del transporte público por parte del sector público	El sistema está gestionado por dos empresas privadas	El sistema está gestionado por cinco empresas de autobuses públicas regionales
	Vehículos matriculados	306.029	119.825
	Habitantes por automóvil	1,6	2,8
Uso temporal de vehículos	El plan para crear estacionamientos especiales para los vehículos de uso temporal en 2024 no fue implementado	Aarhus cuenta con varias asociaciones de uso temporal de vehículos, como LetsGo - Lev Simpelt	
Apoyo público y cultura del uso de la bicicleta	La ciudad tiene una "cultura del automóvil" y casi no hay apoyo público al uso de la bicicleta	Aarhus tiene cultura de uso de la bicicleta y, en los últimos años, se han invertido más de 150 millones de coronas en la promoción del ciclismo	
Instalaciones especiales para bicicletas	Solo unos pocos establecimientos, como centros comerciales, universidades y algunos restaurantes, ofrecen estacionamiento para bicicletas	El Plan de Acción para el Ciclismo (2007) de la ciudad incluyó: i) la creación de nuevas rutas para bicicletas; ii) la creación de nuevas sendas para bicicletas; iii) la creación de más de 3.000 estacionamientos para bicicletas; iv) la instalación de nuevas señales de tránsito, bombas de aire y barómetros para bicicletas, y v) la mejora de la limpieza de la nieve en invierno	
Índice Copenhagense	Infraestructura de carriles y sendas para bicicletas	Solo dos carriles para bicicletas aislados	675 km de carriles para bicicletas
Programas de uso temporal de bicicletas	Ninguno	Programa de uso temporal de bicicletas de Donkey Republic	
Uso de la bicicleta por género	No hay información sobre el uso de la bicicleta como medio de transporte, pero la mayoría de quienes la utilizan para el deporte son hombres	Los usuarios se dividen en un 50% de hombres y un 50% de mujeres	
Uso de la bicicleta como medio de transporte	Todavía se considera principalmente como una actividad recreativa	El 85% de la población tiene acceso a una bicicleta y el 58% la utiliza con regularidad	
Aumento del uso de la bicicleta	Aumento lento	Aumento del 20% en los últimos diez años	
Percepción de seguridad	El uso de la bicicleta se considera inseguro, lo que impide el aumento del número de usuarios	No disponible	

Indicador	Aspecto medido	Resultados de Caxias do Sul	Resultados de Aarhus
	Políticas públicas y planificación urbana	Faltan, aunque la Unión de Ciclistas de Caxias do Sul (UNICCA) aboga por ellas	Los planes para el futuro incluyen la construcción de dos nuevas autopistas para bicicletas, un estacionamiento con capacidad para 2.000 bicicletas en la principal estación de trenes y tres torres de estacionamiento para bicicletas totalmente automatizadas
	Aceptación social	Escasa, con poca visibilidad y pocos incentivos	Como toda Dinamarca, Aarhus tiene una cultura de la bicicleta muy arraigada y esta constituye un medio de transporte muy aceptado
	Bicicletas de carga y logística	Solo se utilizan para entregas solicitadas mediante aplicaciones	El 3% de las bicicletas son de carga y se utilizan principalmente para transportar niños y mercancías
Premio Capital Verde Europea	Naturaleza y biodiversidad	El plan para el desarrollo y la oferta de espacios públicos urbanizados en toda la ciudad para 2024 y para la transformación de la Avenida Júlio de Castilhos en un parque lineal con comercio y servicios para 2022 no se ha implementado	No disponible
	Movilidad sostenible	De conformidad con la meta 11.2 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), se planea contar con un sistema de movilidad urbana más sostenible, inclusivo, eficaz y justo para 2030	Desde 2016, Aarhus se ha aliado con más de 40 asociados en materia de acción climática para buscar formas de reducir la congestión vehicular, aumentar la sostenibilidad de la movilidad e incentivar a las empresas públicas y privadas a invertir en estas ideas, apuntando a la vez a la neutralidad en carbono en un futuro próximo
	Calidad del aire y residuos	El plan prevé que todas las ciudades con más de 500.000 habitantes hayan implementado métodos de seguimiento de la calidad del aire y los residuos para 2030, con el fin de reducir los impactos negativos; en la actualidad, Caxias do Sul tiene un índice de calidad del aire de 47, que es bueno, pero casi roza el nivel moderado	En la actualidad, Aarhus tiene un índice de calidad del aire de 28 (buena calidad del aire) y goza de reconocimiento por la gestión de los residuos y las estrategias de recolección de residuos que aplica desde 2012
Clasificación de la calidad de vida (Mercer)	Espacios naturales	El plan es que Caxias do Sul ofrezca acceso universal a espacios públicos y verdes seguros, inclusivos y accesibles para 2030, en particular a las personas con discapacidad y otros grupos vulnerables	Aarhus tiene muchos lugares verdes y accesibles, con más de 20 parques a los que las personas pueden llevar a los niños y en los que pueden practicar deportes y relajarse mientras disfrutan de los espacios verdes y el agua
Clasificación de la calidad de vida (Mercer)	Opciones de transporte ofrecidas por la ciudad	Autobuses (gestionados por una empresa privada), servicio de autobuses de transbordo, el sistema a la carta Murbi, vehículos personales, taxis y la aplicación Uber	Autobuses (gestionados por cinco empresas públicas regionales), el sistema de vehículos ferroviarios ligeros Letbane, bicicletas (numerosos carriles para bicicletas y un sistema de uso temporal de bicicletas), vehículos personales y taxis
Puntuación de transitabilidad peatonal	Distancia entre los hogares y el sistema de transporte público	No disponible	El 99% de los usuarios del transporte público tiene una parada de autobús a menos de 800 metros de su hogar

Fuente: Elaboración propia.

V. Análisis de los datos y diagnóstico

El análisis de los datos presentados en este documento reveló numerosas áreas y vías posibles de mejora en Caxias do Sul. Entre las principales recomendaciones se incluyen las siguientes: i) aumentar el uso de la bicicleta y cambiar la percepción pública del ciclismo, ii) aumentar el atractivo del transporte público y iii) desarrollar una aplicación completa que integre la información sobre el tránsito y las opciones de transporte. Otra recomendación es que el municipio mejore su sistema de gestión de datos y demuestre un mayor compromiso con la implementación del proyecto (Flyvbjerg, 2011; Zhang, Gao y Mei, 2018; Matyas y Kamargianni, 2021).

Caxias do Sul puede beneficiarse de un enfoque mejorado de la infraestructura para el ciclismo y las relaciones con los ciclistas, extrayendo ideas del sustancial impacto positivo observado en la movilidad urbana de Aarhus. Se justifica un esfuerzo concertado para mejorar la infraestructura para el ciclismo, incluidos carriles exclusivos y estacionamientos especiales. También se recomienda promover iniciativas para mejorar la percepción de la seguridad de los ciclistas, junto con esfuerzos educativos en las escuelas y los departamentos de tránsito, para promover el uso de la bicicleta como modo de transporte viable. La importancia de la accesibilidad se ve subrayada por la eficacia del sistema de uso temporal de bicicletas de Aarhus, y se sugiere la introducción de un programa asequible de este tipo, que podría incorporar bicicletas eléctricas adaptadas a la topografía de la ciudad.

Las aspiraciones de Caxias do Sul de desarrollar espacios verdes naturales también requieren mayores esfuerzos, en línea con las recomendaciones de la ISO sobre ciudades inteligentes. Mientras que Aarhus cuenta con una plétora de parques verdes y accesibles, los planes de Caxias do Sul para tales espacios siguen siendo incipientes. Además, el imperativo de garantizar una buena calidad del aire, sello distintivo de las ciudades inteligentes, refuerza la necesidad de poner en marcha iniciativas de movilidad sostenible. Sería muy recomendable alcanzar la neutralidad en carbono, reducir la congestión vehicular e incentivar el transporte público y el uso de la bicicleta.

La disparidad entre las preferencias de transporte en Caxias do Sul y Aarhus subraya la necesidad de aumentar el atractivo del transporte público en la primera. Se han propuesto estrategias para hacer más asequibles las tarifas de autobús y desarrollar aplicaciones de movilidad en tiempo real, en línea con el ejemplo de Aarhus. También es vital subsanar las deficiencias en la gestión de datos y la ejecución de proyectos. Se sugiere mejorar la recopilación, el almacenamiento y la accesibilidad de los datos, así como asegurar un compromiso más firme con la ejecución de los proyectos.

Aunque los avances en la mejora de la movilidad urbana en Caxias do Sul representan un gran paso hacia el logro del estatus de ciudad inteligente, se reconoce que persisten retos más amplios. Se recomienda adoptar un enfoque matizado, anclado en puntos de referencia viables y avances graduales. Además, resulta imperativo abordar las disparidades que se observan entre Caxias do Sul y Aarhus en cuanto a disponibilidad de datos y eficacia en la implementación, que apuntan a la existencia de desafíos más amplios en materia de gobernanza e infraestructura. El Plano Diretor de Transportes e Mobilidade Urbana (Planmob) constituye una iniciativa fundamental, pero su aplicación efectiva requerirá voluntad política, recursos financieros y la participación de la comunidad.

En conclusión, aunque las recomendaciones aquí esbozadas, de aplicarse, representarían pasos importantes hacia la mejora de la movilidad urbana, solo constituyen una fracción del esfuerzo polifacético necesario para la transformación de Caxias do Sul en una ciudad inteligente. No obstante, la realización de un esfuerzo concertado respaldado por estrategias viables y marcos de gobernanza sólidos probablemente permitiría mejorar el panorama de la movilidad urbana y lograr un progreso gradual hacia el estatus de ciudad inteligente.

VI. Conclusiones

El análisis de las investigaciones y los estudios existentes llevado a cabo para la elaboración de este documento ha puesto de manifiesto que son muchos los elementos polifacéticos que contribuyen a crear una ciudad inteligente. Este concepto holístico abarca la inclusión, programas sólidos de salud y seguridad, la cohesión comunitaria, la armonía ambiental, las oportunidades de emprendimiento, el enriquecimiento cultural, el reconocimiento del talento, los avances tecnológicos, soluciones de movilidad eficientes y adaptadas a los peatones, la inversión en educación, el fomento de la creatividad, la conectividad, abundantes espacios verdes y medidas proactivas de mitigación y adaptación en materia de cambio climático (Caragliu, Del Bo y Nijkamp, 2011; Nam y Pardo, 2011; Hollands, 2008; Acuto, Parnell y Seto, 2018).

Por otra parte, convertir las ciudades convencionales en ciudades inteligentes no solo es factible, sino imprescindible, independientemente de su antigüedad o fase de desarrollo (Ahvenniemi y otros, 2017). Este viaje transformador requiere un enfoque metódico en el que se aborde sistemáticamente cada aspecto que requiera mejoras. En el caso de Caxias do Sul, la movilidad urbana surge como un punto central para la intervención inicial. Para evaluar la calidad de la movilidad urbana en Caxias do Sul, se diseñó una herramienta analítica a medida, aprovechando los conocimientos de ciudades comparables como Aarhus, conocida por sus iniciativas en el ámbito de las ciudades inteligentes (Giffinger y otros, 2007). Un meticuloso proceso de evaluación comparativa urbana y análisis comparativo puso de manifiesto que Caxias do Sul tenía deficiencias sustanciales en su infraestructura de movilidad urbana (Albino, Berardi y Dangelico, 2015).

Para subsanar estas deficiencias se requieren intervenciones en múltiples dimensiones, que abarquen no solo la mejora de la gestión de datos y la ejecución de proyectos, sino también inversiones estratégicas en infraestructura para el ciclismo, el establecimiento de un programa de uso temporal de bicicletas y medidas para aumentar el atractivo del transporte público (Deakin, Waer y Higgins, 2012). Una parte integral de este esfuerzo es el desarrollo de una aplicación de movilidad en tiempo real que empodere a los ciudadanos mediante el acceso a información fundamental sobre el transporte (Zhang, Gao y Mei, 2018). Al aumentar el atractivo del transporte público y la bicicleta y desalentar la dependencia de los vehículos personales, Caxias do Sul puede mitigar la congestión vehicular, mejorar la calidad del aire, aumentar la inclusión de la comunidad y mejorar la calidad de vida en general (Ergen y Gungor, 2014).

También es necesario integrar medidas proactivas de mitigación del cambio climático en la agenda de desarrollo urbano de Caxias do Sul. Esto supone reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a través de cambios modales hacia formas sostenibles de transporte, como el ciclismo y el transporte público, y promover el diseño urbano energéticamente eficiente y la expansión de las energías renovables (Acuto, Parnell y Seto, 2018). La adopción de soluciones basadas en la naturaleza, como el aumento de los espacios verdes urbanos y la mejora de la biodiversidad urbana, puede reforzar la resiliencia climática y mitigar el efecto de islote térmico urbano (Wamsler, Pauleit y Kaltenborn, 2020). Además, fomentar la resiliencia y la adaptación de las comunidades mediante mecanismos sólidos de preparación y respuesta en caso de desastres es esencial para hacer frente a los crecientes riesgos que plantean los fenómenos meteorológicos extremos provocados por el cambio climático (Pelling, O'Brien y Matyas, 2015).

Sin embargo, este estudio no está exento de limitaciones. El desafío de la accesibilidad de los datos, exacerbado por la pandemia de enfermedad por coronavirus (COVID-19), subraya la necesidad de contar con mayores niveles de flexibilidad metodológica y resiliencia en las iniciativas de investigación (Cervero y Kockelman, 1997). La pandemia también generó incertidumbre con respecto a su impacto duradero en la dinámica urbana, un tema que debería explorarse en otros estudios. Entre las posibles vías de investigación futura se incluyen las repercusiones de la pandemia en la salud pública, la preparación del transporte y aspectos más amplios relativos a la resiliencia y la sostenibilidad urbanas (Matyas y Kamargianni, 2021).

En conclusión, aunque el camino hacia el estatus de ciudad inteligente está plagado de retos, la búsqueda concertada de avances graduales promete resultados transformadores para Caxias do Sul. Adoptando un enfoque multifacético del desarrollo urbano, respaldado por sólidos marcos de gobernanza, la participación de la comunidad y medidas proactivas de mitigación y adaptación en materia de cambio climático, Caxias do Sul puede sortear las dificultades que plantean las complejidades de la vida urbana moderna y emerger como un ejemplo de innovación, sostenibilidad y resiliencia en el ámbito de las ciudades inteligentes.

Bibliografía

- Abrantes, T. (2016), "As 50 cidades mais inteligentes do Brasil em 2016", Exame, 8 de junio [en línea] <https://exame.com/brasil/as-50-cidades-mais-inteligentes-do-brasil-em-2016/>.
- Acheampong, R. A. y otros (2020), "Mobility-on-demand: an empirical study of internet-based ride-hailing adoption factors, travel characteristics and mode substitution effects", *Transportation Research. Part C: Emerging Technologies*, vol. 115, junio.
- Acuto, M., S. Parnell y K. C. Seto (2018), "Building a global urban science", *Nature Sustainability*, vol. 1, N° 1, enero.
- Ahvenniemi, H. y otros (2017), "What are the differences between sustainable and smart cities?", *Cities*, vol. 60, parte A, febrero.
- Albino, V., U. Berardi y R. M. Dangelico (2015), "Smart cities: definitions, dimensions, performance, and initiatives", *Journal of Urban Technology*, vol. 22, N° 1, abril.
- Angelidou, M. (2017), "The role of smart city characteristics in the plans of fifteen cities", *Journal of Urban Technology*, vol. 24, N° 4, octubre.
- Ardito, L. y otros (2019), "The role of universities in the knowledge management of smart city projects", *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 142, mayo.
- Arneodo, F., R. Castelli y D. Botta (2017), "Towards a "smart region" paradigm: beyond smart cities borders: Piedmont region experience", *2017 International Conference of Electrical and Electronic Technologies for Automotive*, Asociación Italiana de Electrotécnica, Electrónica, Automatización y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (AEIT).
- Barns, S. (2018), "Smart cities and urban data platforms: designing interfaces for smart governance", *City, Culture and Society*, vol. 12, marzo.
- Batty, M. y otros (2012), "Smart cities of the future", *The European Physical Journal Special Topics*, vol. 214, diciembre.
- Baxter, P. y S. Jack (2008), "Qualitative case study methodology: study design and implementation for novice researchers", *The Qualitative Report*, vol. 13, N° 4, diciembre.
- Berrone, P. y J. E. Ricart (2018), *IESE Cities in Motion Index 2018*, IESE Business School, Universidad de Navarra.
- Caragliu, A., C. Del Bo y P. Nijkamp (2011), "Smart cities in Europe", *Journal of Urban Technology*, vol. 18, N° 2, agosto.
- Caxias do Sul (2024), "Resíduos sólidos urbanos" [en línea] <https://caxias.rs.gov.br/servicos/parcerias-estrategicas/carteira-de-projetos/residuos-solidos>.
- Centro Internacional (2016), "Buses in Aarhus", Universidad de Aarhus [en línea] https://www.au.dk/fileadmin/www.au.dk/Internationalt_Center/Housing/Practical_social/BUSES_in_Aarhus.pdf.
- Cervero, R. y K. Kockelman (1997), "Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and design", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 2, N° 3, septiembre.
- Chen, F. y otros (2017), "An evaluation of the low-carbon effects of urban rail based on mode shifts", *Sustainability*, vol. 9, N° 3, marzo.
- Clarke, A. y H. Margetts (2014), "Governments and citizens getting to know each other? Open, closed, and big data in public management reform", *Policy & Internet*, vol. 6, N° 4, diciembre.
- Cohen, A. y S. Shaheen (2016), "Planning for shared mobility", *PAS Report*, N° 583, American Planning Association.
- Creswell, J. W. y V. L. P. Clark (2011), *Designing and Conducting Mixed Methods Research*, SAGE.
- Crowe, S. y otros (2011), "The case study approach", *BMC Medical Research Methodology*, vol. 11, N° 100.
- Davies, T. G. y Z. A. Bawa (2012), "The promises and perils of open government data (OGD)", *The Journal of Community Informatics*, vol. 8, N° 2, abril.
- Deakin, M., H. Al Waer y C. Higgins (2012), "Smart cities: the state of the art and ongoing research", *International Journal of Planning and Development*, vol. 1, N° 1.
- Ergen, E. y V. C. Gungor (2014), "Internet of things for smart cities", *Journal of Computer Networks and Communications*.
- Flyvbjerg, B. (2011), "Case study", *The Sage Handbook of Qualitative Research*, Thousand Oaks.
- Fu, W. y P. Peng (2014), "A discussion on smart city management based on meta-synthesis method", *Management Science and Engineering*, vol. 8, N° 1.

- Gardner, N. y L. Hespanhol (2018), "SMLXL: Scaling the smart city, from metropolis to individual", *City, Culture and Society*, vol. 12, marzo.
- Ghaffarparasand, O. y otros (2024), "The impact of urban mobility on air pollution in Kampala, an exemplar sub-Saharan African city", *Atmospheric Pollution Research*, vol. 15, N° 4, abril.
- Giffinger, R. y otros (2007), "Europeansmartcities", Centre of Regional Science, Vienna University of Technology [en línea] <https://smart-cities.eu/ranking.html>.
- Gil, A. C. (2002), *Como elaborar projetos de pesquisa*, São Paulo, Atlas.
- Goldsmith, S. y S. Crawford (2014), *The Responsive City: Engaging Communities Through Data-Smart Governance*, John Wiley & Sons.
- Greenfield, A. (2013) *Against the Smart City*, Nueva York, Do Projects.
- Guzmán, L. A. y otros (2023), "Lifting urban mobility for the poor: cable-cars, travel satisfaction and subjective well-being", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 119, junio.
- Harrison, C. y otros (2010), "Foundations for smarter cities", *IBM Journal of Research and Development*, vol. 54, N° 4, julio-agosto.
- Holland, J. (2009), "Practical triangulation – Learn right now!", 8 de agosto [en línea] <http://johnnyholland.org/2009/08/practical-triangulation/>.
- Hollands, R. G. (2015), "Critical interventions into the corporate smart city", *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, vol. 8, N° 1, marzo.
- (2008), "Will the real smart city please stand up?", *City*, vol. 12, N° 3, diciembre.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística) (2022), "Caxias do Sul" [en línea] <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/caxias-do-sul/panorama>.
- Jin, J. y otros (2014), "An information framework for creating a smart city through internet of things", *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, N° 2, abril.
- JTC 1 (Comité Técnico Conjunto) (2015), *Smart Cities: Preliminary Report 2014*, Gienbra, ISO/Comisión Electrotécnica Internacional (ISO/CEI).
- Kumar, T. M. V. (ed.) (2017), *Smart Economy in Smart Cities*, Springer.
- (2015), "Smart city e-governance: issues and future", *E-Governance for Smart Cities: Advances in 21st Century Human Settlements*, T. M. Vinod Kumar (ed.), Singapur, Springer.
- Laya, A., J. Markendahl y P. Andersson (2013), "Business challenges for services based on new technology: analysis of IoT service and mobile payment cases", *Effective, Agile and Trusted eServices Co-Creation*, H. Li y J. Järveläinen (eds.), TUCS Lecture Notes, N° 19, Turku Centre for Computer Science.
- Lombardi, P. y otros (2012), "Modelling the smart city performance", *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, vol. 25, N° 2.
- Maier, M. W. (1998), "Architecting principles for systems-of-systems", *Systems Engineering*, vol. 1, N° 4.
- Matyas, M. y M. Kamargianni (2021), "Investigating heterogeneity in preferences for Mobility-as-a-Service plans through a latent class choice model", *Travel Behaviour and Society*, vol. 23, abril.
- Ministerio de las Ciudades del Brasil (2015), "Cidades", *Caderno de Referência para a Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana*, Brasília, SEMOB [en línea] <http://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/planmob.pdf>.
- Ministerio de Planificación, Desarrollo y Gestión del Brasil (2016), "Portaria N° 348, de 14 de novembro de 2016. Dispõe sobre diretrizes para a retomada e execução dos empreendimentos constantes do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC", *Diário Oficial da União*, N° 219, 16 de noviembre.
- Mora, L., M. Deakin y A. Reid (2019), "Strategic principles for smart city development: a multiple case study analysis of European best practices", *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 142, mayo.
- Municipalidad de Aarhus (2024), "Aftale om grøn mobilitetsplan" [en línea] https://aarhus.dk/media/4wmlyexi/aftale-om-groen-mobilitetsplan_070824.pdf.
- Mylonakou, M. y otros (2023), "System dynamics analysis of the relationship between urban transportation and overall citizen satisfaction: a case study of Patras City, Greece", *Systems*, vol. 11, N° 3.
- Nam, T. y T. A. Pardo (2011), "Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions", *Proceedings of the 12th Annual International Digital Government Research Conference: Digital Government Innovation in Challenging Times*, Nueva York, Asociación de Maquinaria Computacional (ACM).
- Naphade, M. y otros (2011), "Smarter cities and their innovation challenges", *Computer*, vol. 44, N° 6, junio.
- Neirotti, P. y otros (2014), "Current trends in smart city initiatives: some stylised facts", *Cities*, vol. 38, junio.
- Newman, P. W. G. (1999), "Sustainability and cities: extending the metabolism model", *Landscape and Urban Planning*, vol. 44, N° 1, septiembre.

- Nicolaisen, M. S. (s.f.) "Mobility and Urban Development in Aarhus" [en línea] <https://bransch.trafikverket.se/contentassets/b9cca53e177349d39d98584b597f3674/mobility-and-urban-development-in-aarhus-morten-skou-nicolaisen.pdf>.
- Pelling, M., K. O'Brien y D. Matyas (2015), "Adaptation and transformation", *Climatic Change*, vol. 133.
- Polèse, M. (2010), *The Wealth and Poverty of Regions: Why Cities Matter*, University of Chicago Press.
- Praharaj, S. y H. Han (2019), "Building a typology of the 100 smart cities in India", *Smart and Sustainable Built Environment*, vol. 8, N° 5, septiembre.
- Rok, J. y D. Szmajda (2014), *Urban Benchmarking as a tool for complex assessment of development potential*, Unión Europea.
- Ruhlandt, R. W. S. y otros (2020), "Drivers of data and analytics utilization within (smart) cities: a multimethod approach", *Journal of Management in Engineering*, vol. 36, N° 2, marzo.
- Schaffers, H. y otros (2011), "Smart cities and the future internet: towards cooperation frameworks for open innovation", *The Future Internet. Future Internet Assembly 2011: Achievements and Technological Promises*, Lecture Notes in Computer Science, N° 6656, J. Domingue y otros (eds.), Springer.
- Simon, S., S. Gastal y M. M. C. dos Santos (2014), "Mobilidade e turismo: hospitalidade no transporte coletivo em Caxias do Sul/RS", *Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo*, vol. 8, N° 3, septiembre-diciembre.
- Stake, R. E. (1995), *The Art of Case Study Research*, Londres, Sage Publications.
- State of Green (2016), *Sustainable Urban Transportation* [en línea] <https://cyclingsolutions.info/wp-content/uploads/2020/12/Sustainable-Urban-Transportation.pdf>.
- Tischer, V. y M. Polette (2019), "Sistema de avaliação de cidades de referência em transportes e mobilidade urbana sustentável", *Cadernos Metrópole*, vol. 21, N° 45, mayo-agosto.
- Universidad Tecnológica de Viena (2014), "Europeansmartcities 3.0 (2014)" [en línea] <https://www.smart-cities.eu/?cid=3&ver=3> [fecha de consulta: 12 de noviembre de 2024].
- UrbanAct (2020), *Color in Hospitals*, MPBP.
- Vanolo, A. (2014), "Smartmentality: the smart city as disciplinary strategy", *Urban Studies*, vol. 51, N° 5, abril.
- Walravens, N. y P. Ballon (2013), "Platform business models for smart cities: from control and value to governance and public value", *IEEE Communications Magazine*, vol. 51, N° 6, junio.
- Wamsler, C., S. Pauleit y B. P. Kaltenborn (2020), "Place attachment and urban resilience: a framework for understanding and strengthening the relationship between people and places", *Sustainability*, vol. 12, N° 1.
- Washburn, D. y U. Sindhu (2010), *Helping CIOs understand "smart city" initiatives: defining the smart city, its drivers, and the role of the CIO*, Cambridge, Forrester Research.
- Yin, R. K. (2018), *Case Study Research and Applications*, Sage Publications.
- Zanella, A. y otros (2014), "Internet of things for smart cities", *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, N° 1, febrero.
- Zhang, H., J. Gao y L. Mei (2018), "Big data analytics for smart cities", *Big Data Analytics*, vol. 3, N° 1.
- Zhuhadar, L. y otros (2017), "The next wave of innovation—Review of smart cities intelligent operation systems", *Computers in Human Behavior*, vol. 66, enero.