

CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E O FUTURO DE SÃO CARLOS

SECRETARIA MUNICIPAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS



**SECRETARIA MUNICIPAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS**

CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E O FUTURO DE SÃO CARLOS

**FPMSC
São Carlos - SP
2023**

Copyright de texto 2023 AUTORES
Copyright de edição 2023 Fundação Pró-Memória de São Carlos-SP
É permitida a reprodução parcial desta obra, desde que citada a fonte.
Os textos dos capítulos refletem exclusivamente a opinião de seus autores.
FUNDAÇÃO PRÓ-MEMÓRIA DE SÃO CARLOS – FPMSC Praça Antônio Prado, s/nº –
CEP: 13560-046 – São Carlos/SP | Brasil <https://www.promemoria.saocarlos.sp.gov.br/>

EDITORES

Adriano D. Andricopulo
Tito José Bonagamba

EDITORES COLABORADORES

Leonardo Luiz Gomes Ferreira
Thamiris Cristina Costa Basilio
Vanessa Soriano Barbuto

COORDENADORES DOS CAPÍTULOS

Adriano D. Andricopulo
Alexandre Berndt
André Carlos Ponce de Leon Ferreira de Carvalho
Edson C. Wendland
Fernando Catalano
Glaucius Oliva
José Galizia Tundisi
Tito José Bonagamba
Vanderlei S. Bagnato
Wanda Aparecida Machado Hoffmann

REVISÃO

Fabíola Lowenthal

DIAGRAMAÇÃO

Renato Aldrighi

CAPA

imagens: pikisuperstar/Freepik; Secretaria municipal de comunicação;
Marcelo Marques/instagram @saocarlos_visto_de_cima.
Montagem: Renato Aldrighi

Prefeitura Municipal de São Carlos. Secretaria Municipal de
Ciência, Tecnologia e Inovação.

C569c

Ciência, tecnologia, inovação e o futuro de São Carlos /
Secretaria Municipal de Ciência, Tecnologia e Inovação; editores
Adriano D. Andricopulo, Tito José Bonagamba -- São Carlos :
FPMSC, 2023.

140 p.

Coordenadores dos capítulos: Adriano D. Andricopulo,
Alexandre Berndt, André Carlos Ponce de Leon Ferreira de
Carvalho, Edson C. Wendland, Fernando Catalano, Glaucius
Oliva, José Galizia Tundisi, Tito José Bonagamba, Vanderlei S.
Bagnato, Wanda Aparecida Machado Hoffman

ISBN 978-65-89494-07-2

1. Ciência - Tecnologia. 2. Conhecimento científico 3.
Pesquisa – Inovação. I. Andricopulo, Adriano D., coord.
II. Berndt, Alexandre, coord. III. Carvalho, André Carlos Ponce
de Leon Ferreira de, coord. IV. Wendland, Edson C., coord.
V. Catalano, Fernando, coord. VI. Oliva, Glaucius, coord. VII.
Tundisi, José Galizia, coord. VIII. Bagnato, Vanderlei S., coord. IX.
Bonagamba, Tito José, coord. X. Hoffman, Wanda Aparecida
Machado, coord. XI. Título.

CDD – 607 (20ª)



CAPÍTULO 1

CIÊNCIA BÁSICA E APLICADA

PARA O FUTURO DAS CIDADES



Glaucius Oliva¹
Carlos Ferreira Martins²
José Alberto Cuminatto³
Osvaldo Novais de Oliveira Junior¹
Edgar Dutra Zanotto⁴

¹Instituto de Física de São Carlos (IFSC) – Universidade de São Paulo (USP)

²Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU) – Universidade de São Paulo (USP)

³Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC) – Universidade de São Paulo (USP)

⁴Departamento de Engenharia de Materiais (DEMa)– Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)



FOTO: SECRETARIA MUNICIPAL DE COMUNICAÇÃO

As cidades têm um papel cada vez mais importante no mundo moderno. Com o aumento da urbanização e das dimensões das cidades, surgem diversos desafios que precisam ser enfrentados. Este capítulo tem como objetivo explorar a importância da ciência no contexto urbano e como ela pode contribuir para moldar o futuro das cidades.

Nosso objetivo é compreender como os avanços científicos e tecnológicos podem fornecer soluções inovadoras e sustentáveis para os desafios enfrentados pelas cidades. Ao combinar o conhecimento fundamental fornecido pela ciência básica com a aplicação prática dos princípios científicos, é possível abordar questões como urbanização acelerada, crescimento populacional, mudanças climáticas, planejamento urbano, gestão de recursos e necessidades de infraestrutura.

Ao longo deste capítulo, examinaremos de que maneira a ciência básica nos ajuda a compreender os sistemas urbanos em um nível fundamental. Além disso, exploraremos como a ciência aplicada, incluindo disciplinas como arquitetura e urbanismo, engenharia, ciência da computação, análise de dados e ciências sociais, pode fornecer soluções práticas para os desafios urbanos.

Compreender a importância da ciência para o futuro das cidades é essencial para garantir um desenvolvimento urbano sustentável e melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, levando em consideração tanto os desafios quanto as oportunidades que se apresentam.

Ao longo deste capítulo, destacaremos exemplos concretos de como a ciência tem sido aplicada para enfrentar os desafios urbanos, bem como as implicações políticas e os benefícios que surgem dessas abordagens científicas. Esperamos que esta exploração sobre a importância da ciência básica e aplicada para o futuro das cidades inspire um diálogo mais amplo sobre como melhorar as áreas urbanas e criar ambientes sustentáveis, prósperos e mais inclusivos.

DESAFIOS URBANOS

As cidades enfrentam desafios complexos e interconectados que exigem abordagens científicas para serem enfrentados de forma eficaz. A urbanização acelerada resulta em um aumento significativo na demanda por habitação, serviços, transporte e infraestrutura. Essa rápida expansão urbana pode levar a problemas como congestionamentos, falta de moradia, desigualdades sociais, acesso a serviços públicos de saúde, educação e saneamento básico, bem como pressão excessiva sobre os recursos naturais. Os cientistas podem desempenhar um papel fundamental na compreensão dos padrões de urbanização, na análise dos impactos ambientais e sociais e no desenvolvimento de estratégias para um crescimento urbano sustentável.

O crescimento populacional contínuo também coloca pressão sobre as cidades, aumentando a demanda por alimentos, água, energia e serviços essenciais. Os cientistas possuem papel fundamental para o desenvolvimento de tecnologias eficientes de produção de alimentos, soluções inovadoras de abastecimento de água, fontes de energia sustentável e métodos avançados de gerenciamento de resíduos. Através da aplicação de conhecimentos científicos, é possível desenvolver sistemas mais eficientes e sustentáveis para atender às necessidades crescentes das populações urbanas e periurbanas.

As mudanças climáticas representam um desafio novo e urgente para as cidades. O aumento das temperaturas, as alterações nos padrões de precipitação e os eventos climáticos extremos estão afetando diretamente as áreas urbanas. A ciência é vital na compreensão das causas e consequências das mudanças climáticas, bem como no desenvolvimento de estratégias de mitigação e adaptação. Por meio da pesquisa científica é possível desenvolver soluções para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, melhorar a eficiência energética dos edifícios, promover a mobilidade sustentável e proteger as áreas urbanas de eventos climáticos extremos.

As pesquisas científicas rigorosas, coletas de dados e análises tornam possível compreender melhor os problemas, identificar soluções inovadoras e permitir a tomada de decisões informadas para o desenvolvimento sustentável das cidades.

As mudanças climáticas representam um desafio novo e urgente para as cidades. O aumento das temperaturas, as alterações nos padrões de precipitação e os eventos climáticos extremos estão afetando diretamente as áreas urbanas.

CIÊNCIA BÁSICA E COMPREENSÃO DOS FENÔMENOS URBANOS

A busca pelo desconhecido é o motor da ciência fundamental: realizamos pesquisas básicas para aprimorar a compreensão e a

capacidade de prever fenômenos, sejam eles naturais ou não. A finalidade da ciência fundamental é, essencialmente, ampliar o conhecimento humano, mas sua relevância vai além disso. O conhecimento adquirido pode estimular soluções para desafios ou inspirar inovações que proporcionem benefícios à sociedade e ao meio ambiente (Figura 1). Como descrito na publicação da Academia Brasileira de Ciências (ABC), intitulada “Projeto de Ciência para o Brasil” [1], “...se a atividade científica pudesse ser representada por uma árvore, a pesquisa básica seria sua raiz; a pesquisa aplicada, seus galhos; e os produtos e outras aplicações concretas, seus frutos.”

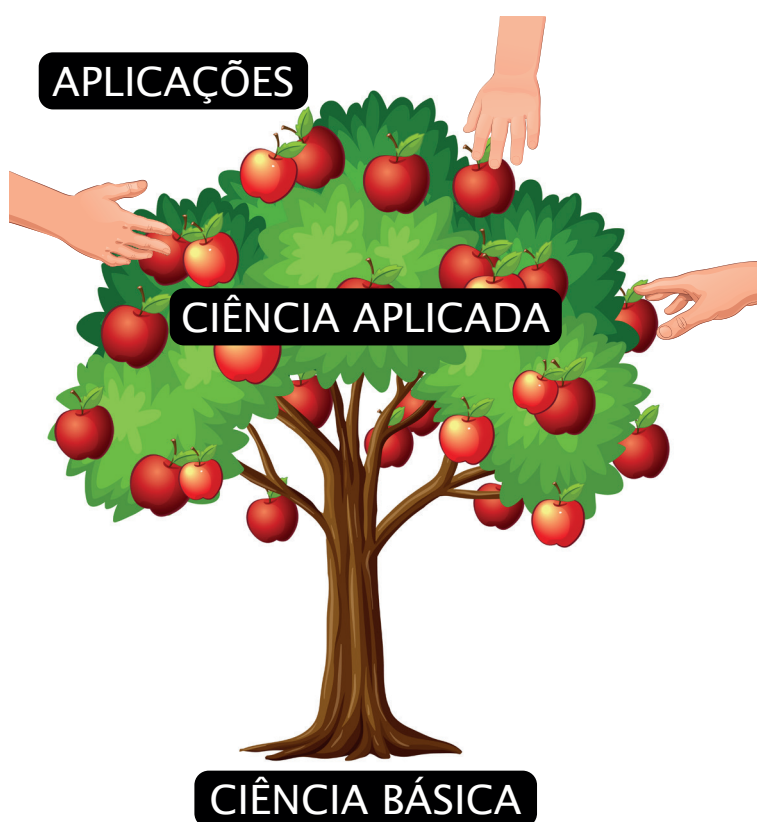


FIGURA 1. A atividade científica gerando benefícios para a sociedade.

Disciplinas como física, química, biologia e ecologia têm contribuições significativas para o conhecimento urbano, fornecendo as bases para entender os processos e as interações que ocorrem nas cidades.

A física contribui para a compreensão dos princípios que governam o funcionamento das cidades. Por exemplo, estudos de mecânica dos fluídos podem ajudar a entender os padrões de fluxo de tráfego e a eficiência do transporte. A termodinâmica pode ser aplicada para otimizar o consumo de energia em edifícios e sistemas de climatização. Ainda, é essencial para o desenvolvimento de modelos de simulação e previsão de fenômenos urbanos.

A química possibilita estudar a qualidade da água, do ar e do solo nas áreas urbanas. As análises químicas permitem monitorar

a presença de poluentes, identificar substâncias tóxicas e desenvolver soluções para o tratamento de água e resíduos. Além disso, a química é fundamental na pesquisa de materiais de construção mais sustentáveis e na redução da poluição atmosférica causada por emissões industriais e veiculares.

A biologia e a ecologia proporcionam a compreensão dos sistemas vivos presentes e sua interação com o ambiente urbano. Estudos de biologia fornecem informações sobre a biodiversidade, incluindo a flora e a fauna nas áreas urbanas. A ecologia ajuda a compreender as interações entre os seres vivos, como os ciclos de nutrientes e a dependência dos ecossistemas urbanos em relação aos serviços ecossistêmicos. Esses conhecimentos são fundamentais para promover a biodiversidade das cidades, planejar áreas verdes e proteger os ecossistemas naturais.

Outras áreas da ciência, como matemática, geologia, geografia e sociologia, também contribuem de maneira relevante. A matemática é usada para modelar e analisar dados, enquanto a geologia e a geografia ajudam a entender a composição do solo, a topografia e os riscos geológicos associados às áreas urbanas. A sociologia fornece uma maior compreensão sobre os comportamentos sociais, as dinâmicas comunitárias e os processos de tomada de decisão que influenciam o desenvolvimento urbano.

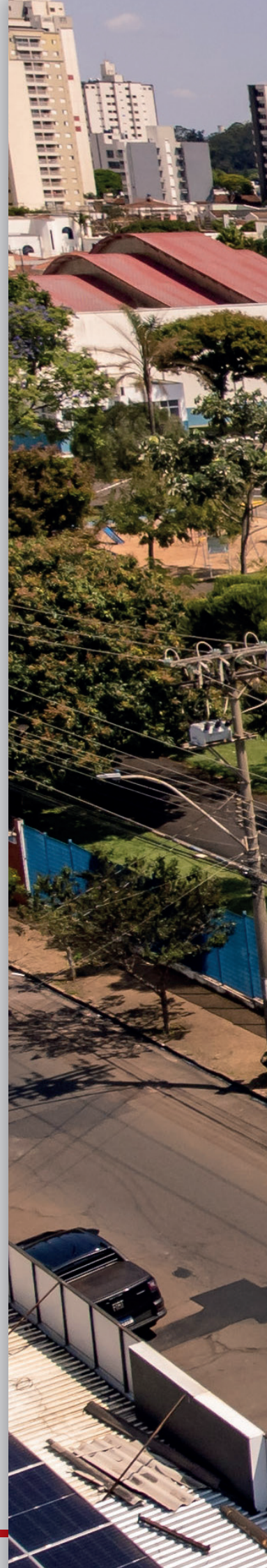
A pesquisa científica básica é essencial para obter uma compreensão abrangente dos sistemas urbanos, fornecendo as bases teóricas e o conhecimento fundamentais necessários para desenvolver abordagens eficazes para a resolução de problemas. Ao combinar esse conhecimento com sua aplicação, podemos construir cidades mais sustentáveis, resilientes e inteligentes para o futuro.

CIÊNCIA APLICADA PARA SOLUÇÕES URBANAS

Campos como engenharia, ciência da computação, análise de dados e ciências sociais têm contribuições significativas para a criação de cidades mais sustentáveis, eficientes e habitáveis. O urbanismo e o planejamento urbano têm a responsabilidade de articular essas contribuições de maneira orgânica e coerente.

A engenharia é fundamental para projetar e construir infraestruturas urbanas resilientes e eficientes. Por exemplo, engenheiros desenvolvem soluções inovadoras para fornecimento de água, sistemas de saneamento, redes de energia e transporte urbano. O uso de materiais avançados, técnicas de construção sustentável e métodos de otimização permitem a criação de infraestruturas que reduzem o consumo de recursos, aumentam a eficiência e minimizam os impactos ambientais.

A ciência da computação e a análise de dados têm um papel cada vez mais importante na resolução de problemas urbanos. Através de algoritmos avançados, aprendizado de máquina e inte-





A pesquisa científica básica é essencial para obter uma compreensão abrangente dos sistemas urbanos, fornecendo as bases teóricas e o conhecimento fundamental que são necessários para desenvolver abordagens eficazes para a resolução de problemas.

ligência artificial (IA), é possível analisar grandes conjuntos de dados e extrair informações valiosas para tomada de decisão. Isso se aplica a diversas áreas, como previsão de demanda de transporte, planejamento urbano, gestão de resíduos, otimização de rotas e segurança pública. A aplicação da ciência da computação e análise de dados permite a criação de cidades mais inteligentes, com sistemas mais eficientes e serviços customizados para os cidadãos.

Por meio de estudos de sociologia, demografia, psicologia e economia, é possível compreender os comportamentos e necessidades dos diferentes setores da população, bem como os desafios sociais enfrentados nas áreas urbanas. Essa compreensão é crucial para o desenvolvimento de políticas públicas eficazes, participação comunitária e criação de ambientes urbanos inclusivos e saudáveis.

No transporte urbano, são aplicadas soluções científicas para melhorar a eficiência dos sistemas de transporte público, desenvolver veículos elétricos e implementar sistemas de compartilhamento de mobilidade. Na gestão de resíduos, cientistas aplicam tecnologias de reciclagem, tratamento de água e gestão de resíduos sólidos para reduzir os impactos ambientais. No planejamento urbano, a ciência ajuda na modelagem do crescimento, no desenvolvimento de estratégias de uso do solo e na criação de espaços públicos de qualidade.

Esses exemplos demonstram como a ciência aplicada pode desenvolver soluções concretas para os desafios urbanos. Ao combinar conhecimentos e abordagens científicas com a colaboração entre pesquisadores, formuladores de políticas e comunidades, podemos enfrentar de maneira efetiva os desafios enfrentados pelas cidades. No entanto, vale ressaltar que a ciência aplicada não deve ser isolada das disciplinas científicas básicas. Ao integrar a ciência básica e aplicada, podemos enfrentar os desafios urbanos de forma holística, considerando não apenas os aspectos técnicos, mas também os impactos sociais, ambientais e econômicos das soluções propostas. Dessa forma, as cidades poderão se beneficiar do conhecimento científico, transformando-se em espaços urbanos sustentáveis, inclusivos e prósperos. Os exemplos a seguir são amostras de contribuições da ciência básica e aplicada para soluções urbanas desenvolvidas em São Carlos. É fundamental investir em pesquisas científicas e colaborações multidisciplinares para enfrentarmos os desafios cada vez mais complexos e urgentes das cidades.

PAPEL DA CIÊNCIA NO PLANEJAMENTO URBANO

As cidades são resultado da confluência de múltiplos conhecimentos, ou se quisermos dizer de outra forma, o objeto multidisciplinar por excelência. Desde seu surgimento na antiguidade, o seu traçado foi influenciado pela geometria, astronomia, construção e topografia.

O advento da revolução industrial transformou qualitativa e quantitativamente a própria noção de cidades, agora concebidas como *locus* fundamental da produção e tendo como característica estruturante a concentração espacial e temporal de fluxos de toda ordem: pessoas, mercadorias, serviços, energia e informações.

Por essa razão, desde meados do século XIX, a atividade de implantar cidades não se resume apenas a estabelecer o seu traçado, mas também prever e orientar seu crescimento e desenvolvimento. Esse é o papel da atividade de planejamento em qualquer de suas escalas: local, urbana, municipal, regional e assim por diante.

No Brasil, o planejamento urbano passou a ser obrigatório para as cidades médias e grandes, desde a década de 1960, com a criação do Serviço Federal de Habitação e Urbanismo (SERFHAU), e foi depois inscrito nos artigos 182 e 183 da Constituição de 1988. Esses artigos, que estabelecem os princípios gerais da política de desenvolvimento urbano foram regulamentados pela Lei 10.257. Conhecida como o Estatuto da Cidade, define os instrumentos legais e mecanismos necessários para assegurar os princípios constitucionais do “pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade” e da garantia do “bem-estar de seus cidadãos”.

Há diversas teorias, concepções e metodologias de planejamento voltado às cidades e aos municípios. No entanto, existe um aspecto em que todas as escolas e doutrinas estão de acordo: seu caráter multidisciplinar e, portanto, dependente, sob pena de incorrer em anacronismo, da incorporação e atualização permanente do conhecimento científico e tecnológico e da inovação.

Não seria possível descrever todas as dimensões da contribuição do conhecimento científico, das análises de dados e das técnicas de modelagem para um desenvolvimento urbano que aponte para uma cidade de fluxos eficientes com alta qualidade de vida. Mas, podemos elencar alguns exemplos que mostram que o planejamento urbano e municipal depende de enorme diversidade de aportes de todas as áreas do conhecimento.

A geologia e a geotecnia permitem estabelecer vetores de crescimento recomendáveis e padrões de ocupação urbana – densidade, verticalização, tipos de uso – compatíveis com as características dos solos. A demografia, a sociologia e a geografia indicam a dinâmica de expansão demográfica, a modificação da pirâmide etária e a estrutura socioeconômica da população, que são essenciais para planejar as redes de equipamentos e serviços públicos no território. Escolas, equipamentos de saúde e de segurança pública ou assistência social devem estar distribuídos no território de forma a minimizar a necessidade de grandes deslocamentos excessivos por parte de seus públicos-alvo.

Estatística e técnicas de modelagem dos fluxos de mobilidade e da hierarquia dos modais otimizam os sistemas de transporte coletivo. Várias áreas da engenharia contribuem para o desenvolvimento de equipamentos mais eficientes, seguros e menos poluentes. Economia e sociologia aprimoram a avaliação de potencialidades e identificação de gargalos e eventuais entraves para a definição de estratégias e prioridades de desenvolvimento econô-

mico e social.

Recentemente, a cidade de São Carlos testemunhou a aplicação direta do conhecimento técnico e científico produzido em nossas instituições de pesquisa no enfrentamento de problemas históricos. O estabelecimento do Mapa da Fome no município viabilizou um desenho mais eficiente das políticas de complementação de renda; as pesquisas em hidráulica e saneamento, desenvolvidas na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), permitiram tanto a construção de nossa Estação de Tratamento de Esgotos, quanto a elaboração do Plano Municipal de Macrodrenagem. Por sua vez, o conhecimento produzido na área de transportes permitiu a modelagem de um sistema de transporte coletivo integrado. De maneira similar, o desenvolvimento de materiais e aplicações proporcionou significativa capacitação tecnológica de equipamentos de saúde. Não por acaso, o Hospital-Escola municipal leva o nome de um físico de São Carlos (Prof. Dr. Horácio Carlos Panepucci), cujos trabalhos possibilitaram o desenvolvimento do primeiro tomógrafo para imagens por ressonância magnética nuclear (RMN). O equipamento foi integralmente construído em São Carlos, sendo utilizado por cerca de uma década em mais de 8 mil exames pelo Sistema Único de Saúde (SUS).

Esses exemplos demonstram a relevância do conhecimento científico e tecnológico nos primeiros anos do século. Mas, dois elementos amplificam exponencialmente essa contribuição. O primeiro é o aumento da consciência social sobre as mudanças climáticas e suas consequências, como a progressiva aceleração de eventos climáticos extremos, o que coloca a impossibilidade de pensar separadamente desenvolvimento urbano e sustentabilidade ambiental. O outro se refere ao extraordinário desenvolvimento de tecnologias da informação e comunicação, que abrem novos horizontes para o planejamento e gestão das cidades e dos municípios.

AS CIÊNCIAS MATEMÁTICAS APLICADAS AOS PROBLEMAS URBANOS

A integração da tecnologia com abordagens baseadas em dados tem impulsionado a criação de ambientes inteligentes e conectados. As cidades inteligentes utilizam tecnologias avançadas, como a Internet das Coisas (IoT), IA e análise de big data, para melhorar a eficiência urbana, a qualidade de vida e a governança [2].

Estima-se que até 2050 cerca de 70% da população mundial viverá em cidades [3]. A vida na cidade gera fluxos de dados em redes sociais on-line, mídia, telecomunicações, localização geográfica, crime, saúde, transporte, qualidade do ar, energia, utilidades, clima, Circuito Fechado de TV (CFTV), Wi-Fi, tráfego de varejo e imagem de satélite. Ver os centros urbanos como “laboratórios vivos” é um conceito que está inspirando novas pesquisas objeti-

vando o bem-estar e crescimento econômico. As ciências matemáticas podem impactar o desenvolvimento deste emergente campo interdisciplinar, considerando que as hipóteses sobre o comportamento humano devem ser avaliadas contra vastos conjuntos de dados, e as decisões devem ser baseadas em previsões quantitativas e testáveis. Além disso, o rápido crescimento de conjuntos de dados de grande escala, díspares e de multiresolução, gera novos desafios de pesquisa para a matemática aplicada e computacional, em áreas de grande afluência, como dinâmica e redes multiplex, modelagem multiescala e simulação, quantificação de incertezas e tensores esparsos.

As cidades inteligentes representam uma abordagem inovadora para enfrentar os desafios urbanos do século XXI. Como já argumentado, o rápido crescimento populacional e a crescente urbanização tornam imperativo encontrar soluções inteligentes para otimizar recursos, melhorar a qualidade de vida dos cidadãos e promover o desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, a matemática é um dos pilares essenciais para o sucesso das cidades inteligentes.

A matemática é a linguagem universal da ciência e da tecnologia e a base de muitos avanços tecnológicos que moldam as cidades inteligentes na era digital. As tecnologias incluem:

Análise de Dados e Big Data

As cidades inteligentes geram enormes volumes de dados todos os dias. A matemática é crucial para a análise dessas informações e a extração de insights significativos. Algoritmos matemáticos avançados permitem identificar padrões, prever tendências e tomar decisões mais informadas. Essas análises de dados são usadas em áreas diversas, como gestão de tráfego, monitoramento de poluição, previsão de demanda por serviços públicos e muito mais.

Internet das Coisas (IoT)

A interconexão de dispositivos inteligentes é uma característica marcante das cidades inteligentes. A matemática é aplicada no desenvolvimento de protocolos de comunicação, garantindo a eficiência e segurança das redes. Além disso, ela está presente na análise e interpretação dos dados coletados, possibilitando a automação de tarefas e a resposta rápida a eventos urbanos.

Otimização e Planejamento Urbano

A matemática e suas ferramentas de otimização permitem aos governos e gestores urbanos tomarem decisões mais precisas. Desde o melhor posicionamento de serviços públicos, como escolas e hospitais, até o planejamento do transporte público.

Segurança e Vigilância

A análise matemática aplicada à segurança e à vigilância pode detectar e prevenir crimes, gerenciar fluxos de pessoas e melhorar a segurança em espaços públicos. Algoritmos de aprendizado de máquina e IA facilitam a interpretação de imagens e vídeos em tempo real, tornando as cidades mais seguras e protegidas.

Gestão de Recursos e Sustentabilidade

A matemática também está diretamente ligada à gestão inteligente de recursos naturais, como água, energia e resíduos. Modelos matemáticos otimizam o uso desses recursos, reduzindo desperdícios e promovendo práticas sustentáveis na cidade e no seu entorno.

Tomada de Decisões Baseada em Evidências

Nas cidades inteligentes, as decisões não são mais baseadas apenas em intuição ou experiência. A tomada de decisões baseada em matemática resulta na implementação de políticas mais adequadas às necessidades da população.

Em resumo, a matemática é indispensável para as cidades inteligentes. Ela capacita a análise de dados para otimização de recursos, segurança, planejamento urbano e sustentabilidade, tornando possível a construção de ambientes urbanos mais eficientes, conectados e resilientes. As cidades inteligentes dependerão cada vez mais do avanço contínuo da matemática e da sua integração com outras áreas do conhecimento, promovendo uma revolução positiva na qualidade de vida dos seus habitantes.

MATERIAIS AVANÇADOS PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS E INTELIGENTES

As descobertas nas primeiras décadas do Século XX, oriundas da teoria quântica e a teoria da relatividade, permitiram grandes avanços para a humanidade. Ao compreender como a matéria é constituída, foi possível desenvolver novos materiais, produzir medicamentos, criar metodologias de diagnóstico e terapia, e fabricar computadores e outros dispositivos de tecnologia da informação. Esses avanços trouxeram um aumento da expectativa de vida sem precedentes, com expressivo crescimento da população, além de muito mais conforto do que em épocas anteriores. É significativo observar o impacto da ciência básica no desenvolvimento de tecnologias e da sociedade.

A área de materiais passou a ser central, tanto para pesqui-

sa básica quanto para a tecnologia. Nela atuam físicos, químicos, engenheiros, matemáticos, estatísticos, cientistas da computação, profissionais de ciências da vida e da saúde. Pois os grandes desafios para o progresso da humanidade são multidisciplinares e a busca por novos materiais está intimamente ligada a eles. Materiais sintéticos podem ser concebidos para aumentar a eficiência e a sustentabilidade da produção, armazenamento e uso de energia. Por exemplo, células solares avançadas, baterias e catalisadores eficientes podem ajudar a reduzir a atual dependência de combustíveis fósseis e mitigar as mudanças climáticas.

A descoberta de novos materiais e propriedades tem sido acelerada pelo aprendizado de máquina e outros métodos de IA, enquanto o componente de hardware dos sistemas de IA geralmente requer materiais funcionalizados.

No transporte, a pesquisa de materiais pode permitir veículos mais leves e mais fortes, com potencial para melhorar a eficiência de combustível, reduzir emissões e aumentar a segurança. Novos materiais têm sido fundamentais na criação de dispositivos médicos e terapias mais eficazes e menos invasivas, como sistemas de administração de medicamentos, órgãos artificiais e moldes para engenharia de tecidos no tratamento de queimaduras ou de doenças da pele. Um dos exemplos recentes mais emblemáticos é o de nano-carreadores para o RNA das vacinas contra a Covid-19.

Áreas essenciais para o desenvolvimento socioeconômico se beneficiaram da pesquisa de materiais, como produtos mais duráveis, funcionais e sustentáveis, tanto para bens de consumo quanto para pontes, estradas e edifícios. No que concerne às cidades inteligentes, todo monitoramento de sistemas e processos requer algum tipo de sensoriamento, que precisa ser de baixo custo para disseminação nos locais monitorados. Há, por isso, uma busca intensa por materiais com os quais esses sensores são fabricados. Os requisitos são muitos e difíceis de atingir, pois os materiais precisam ser baratos, robustos, inertes, preferivelmente obtidos de fontes sustentáveis e não poluentes.

A descoberta de novos materiais e propriedades tem sido acelerada pelo aprendizado de máquina e outros métodos de IA, enquanto o componente de hardware dos sistemas de IA geralmente requer materiais funcionalizados. Isso coloca os materiais também no centro das atenções da revolução em andamento da IA, que está transformando a sociedade.

Em reconhecimento ao papel significativo que o vidro desempenha na sociedade moderna, a Organização das Nações Unidas (ONU) declarou 2022 como o Ano Internacional do Vidro (IYOG). Essa classe ultraversátil de materiais nos envolve de múltiplas formas, permeando nosso cotidiano em aplicações de grande diversidade, por exemplo, aprimorando a transmissão de dados e energia na comunicação via fibras óticas, contribuindo para a cicatrização óssea e tecidual – na forma de pós, monólitos, fibras ou scaffolds bioativos – fornecendo conforto, beleza e praticidade em construção civil e arquitetura. Também ampliando a visão humana

em óculos, teodolitos, microscópios, telescópios e muitos equipamentos óticos; eles são os “olhos” da ciência!

Desde o primeiro artigo publicado por um autor vinculado a uma instituição nacional, Aldo Craievich, à época no Instituto de Física de São Carlos (IFSC) da Universidade de São Paulo (USP), em 1975, até os ~1% dentre todos os trabalhos sobre vidros do planeta publicados anualmente por pesquisadores de São Carlos (Figura 2), a cidade se tornou um dos polos mundiais de pesquisa em vidros. Exemplos de significativo impacto científico e tecnológico são os vidros desenvolvidos na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e na USP, desde 1975. Atualmente, São Carlos conta com o quinto maior esforço de pesquisa acadêmica sobre vidros do planeta e é reconhecida internacionalmente como um centro de excelência neste campo.

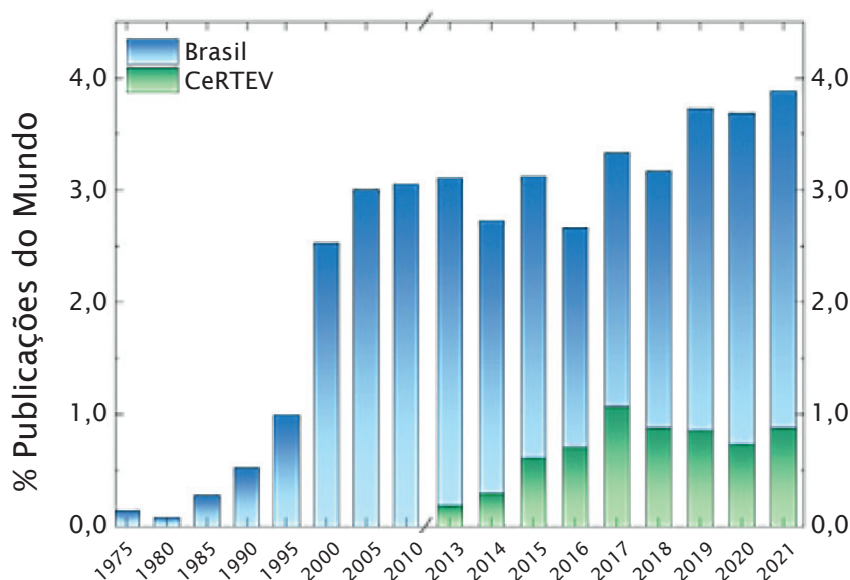


FIGURA 2. Porcentagem de artigos científicos sobre vidros publicados por autores de todo o Brasil e do CeRTEV (dados extraídos da base WoS).

O Centro de Pesquisa, Tecnologia e Ensino em Materiais Vítreos (CeRTEV, <http://www.certeV.ufscar.br>) foi fundado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) para o avanço da pesquisa fundamental e do desenvolvimento tecnológico na área de ciência de vidros. Os quinze pesquisadores do CeRTEV são especialistas em materiais vítreos, em sua cristalização controlada e em uma ampla gama de técnicas de caracterização estrutural e funcional.

Como parte da agenda de pesquisa do CeRTEV, esses pesquisadores e seus alunos e colaboradores trabalham conjuntamente para entender e desenvolver novos vidros e vitro-cerâmicos, apresentando funcionalidades relevantes para diversas aplicações,

como alta resistência mecânica, condutividade elétrica, durabilidade química, condutividade elétrica, atividade biológica, óptica ou catalítica, ou combinações inusuais dessas propriedades. Essas qualidades, aliadas à sua infinita capacidade de reciclagem e o crescente emprego de IA, indicam que o futuro dessas pesquisas nos reserva promissoras surpresas, que certamente alavancarão o desenvolvimento de cidades inteligentes e sustentáveis.

RESILIÊNCIA E GERENCIAMENTO DE DESASTRES

A compreensão dos processos naturais e dos riscos associados permitem desenvolver estratégias e medidas preventivas que reduzem a vulnerabilidade das cidades e minimizam os impactos causados por desastres. Um dos aspectos-chave é o desenvolvimento de sistemas de alerta precoce. As pesquisas científicas possibilitam identificar indicadores e padrões que antecedem a ocorrência de desastres naturais, como enchentes, terremotos, furacões e incêndios florestais. Essas informações são essenciais para a criação de sistemas de alerta que possam fornecer avisos antecipados às autoridades e aos cidadãos, permitindo a evacuação rápida e a adoção de medidas de proteção adequadas.

Além dos sistemas de alerta precoce, a ciência também contribui para o mapeamento de áreas com fragilidade e riscos de deslizamentos de terra, grandes incêndios florestais periurbanos e medidas informativas e protetivas para os eventos de calor ou frio extremos. Também é possível identificar materiais e técnicas de construção que podem aumentar a resistência das estruturas e sistemas urbanos a desastres naturais. Por exemplo, na construção de edifícios, a pesquisa científica pode fornecer informações sobre materiais resistentes a terremotos, projetos de drenagem eficientes para reduzir os impactos das enchentes e estratégias de construção costeira para enfrentar a erosão e tempestades.

A ciência é útil na identificação de áreas de risco, auxiliando no planejamento urbano e na definição de zonas adequadas para construção e ocupação, e no desenvolvimento de estratégias de resposta a desastres. Também é útil na compreensão dos impactos dos desastres nas comunidades e nos ecossistemas, avaliação das necessidades de resposta e recuperação, e desenvolvimento de planos eficazes.

A ciência contribui para a coordenação de esforços de resposta, identificando áreas prioritárias de intervenção, otimizando o uso de recursos disponíveis e garantindo uma resposta eficiente e coordenada. Além disso, ela ajuda na avaliação dos impactos pós-desastre e no desenvolvimento de estratégias de recuperação e reconstrução sustentáveis.

A integração do conhecimento científico no gerenciamento

de desastres é essencial para aumentar a resiliência das cidades e garantir a segurança da população. Ao compreender os riscos, antecipar os eventos e implementar medidas preventivas, as cidades podem reduzir significativamente os danos causados por desastres naturais.

COLABORAÇÕES CIENTÍFICAS E IMPLICAÇÕES POLÍTICAS

A colaboração entre cientistas, planejadores urbanos, formuladores de políticas públicas e cidadãos, desempenha um papel fundamental na implementação de soluções para o desenvolvimento urbano social e ambientalmente sustentável. A crescente complexidade dos desafios enfrentados pelas cidades exige uma abordagem colaborativa que reúna diferentes perspectivas e conhecimentos.

A importância da colaboração pode ser observada na implementação de políticas e práticas concretas. Os cientistas desempenham um papel fundamental ao fornecer evidências e conhecimentos baseados em dados para orientar as decisões políticas. Ao mesmo tempo, os formuladores de políticas e planejadores urbanos têm o desafio de transformar essas informações em políticas que podem ser implementadas de maneira eficaz.

Além disso, a participação dos cidadãos é crucial para garantir que as soluções implementadas sejam adequadas e aceitas pela comunidade. Ao envolver os cidadãos no processo de tomada de decisões, é possível obter perspectivas locais, identificar necessidades específicas e promover um senso de propriedade e responsabilidade em relação às soluções adotadas. A participação pública no planejamento urbano e nas políticas é fundamental para garantir que as soluções sejam inclusivas, equitativas e atendam às necessidades reais da população. As tecnologias modernas de informação, como aplicativos em celulares pessoais, permitem uma rápida participação do cidadão na vida cotidiana da cidade.

Além da colaboração entre diferentes atores, a implementação de soluções baseadas em ciência para o desenvolvimento urbano sustentável requer um ambiente político favorável. É necessário que governos e instituições públicas valorizem a importância da ciência e promovam políticas que incentivem o uso do conhecimento científico na tomada de decisões. Isso envolve o estabelecimento de mecanismos de financiamento adequados para a pesquisa científica, bem como o fortalecimento de colaborações interdisciplinares entre diferentes áreas do conhecimento.

As implicações políticas também incluem a criação de regulamentações e diretrizes que promovam práticas sustentáveis nas áreas urbanas. Isso pode envolver a definição de metas de sustentabilidade, a implementação de incentivos para práticas ambientalmente amigáveis e a promoção de parcerias público-privadas (PPPs) que impulsionem o desenvolvimento urbano sustentável.

A ciência fornece as evidências e o conhecimento necessário para orientar as políticas e práticas urbanas, enquanto a colaboração entre diferentes atores garante a adequação e aceitação das soluções implementadas. Além disso, a criação de um ambiente político favorável, com mecanismos de financiamento adequados e regulamentações sustentáveis, é fundamental para promover o desenvolvimento urbano. Ao unir esforços, compartilhar conhecimentos e trabalhar em colaboração, podemos criar cidades mais resilientes, inclusivas e sustentáveis para o benefício de todos os seus habitantes. A ciência desempenha um papel central nesse processo, fornecendo as bases sólidas e a orientação necessária para a tomada de decisões informadas e o progresso contínuo das cidades do futuro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ciência básica e a aplicada são fundamentais para moldar o futuro das cidades. O conhecimento científico nos permite compreender e abordar os desafios enfrentados pelas áreas urbanas, criando soluções sustentáveis, inteligentes e resilientes. Por meio da pesquisa científica, inovação tecnológica e colaboração interdisciplinar, podemos construir cidades adaptadas às necessidades das pessoas, promovendo qualidade de vida, sustentabilidade e bem-estar para todos os seus habitantes.

REFERÊNCIAS

- [1] SILVA, J.L.; TUNDISI, J.G. Projeto de Ciência para o Brasil. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2018.
- [2] CORNELL UNIVERSITY. Opportunities at the Mathematics/Future Cities Interface. Disponível em: <<https://doi.org/10.48550/arXiv.1409.1831>>. Acesso em agosto de 2023.
- [3] UNITED NATIONS. More than half of world's population now living in urban areas, UN survey finds. Disponível em: <<https://news.un.org/en/story/2014/07/472752>>. Acesso em agosto de 2023.