

Juntos Podemos Pensar Cidades mais Inteligentes

Autores:
Alexandre Bissoli
Andreson Borges dos Santos
Cleyson Silva dos Santos
Caio Cunha
Cristiano Soares
Felipe Calabrez
Franz Felipe da Luz
Gabriel Abreu
Gerson Pessoa
Guilherme Barcellos Anhê
João Lucas Nunes Monteiro
Léo Moraes
Marcos Dias Pereira
Murilo Félix
Piter Santos
Priscila Gambale
Reinaldo Alves
Renata Abreu
Ricardo Pires Calciolari
Roberto Siqueira
Rodrigo Rara
Silvio Almeida
Yan Lopes

Coordenação
Alessandro Martello Panno
João Lucas Nunes Monteiro
Ricardo Pires Calciolari

fundação juntos podemos
construindo pontes, transformando a política

Missão Barcelona



Juntos Podemos Pensar Cidades mais Inteligentes



fundação juntos podemos
construindo pontes, transformando a política

Juntos Podemos Pensar Cidades mais Inteligentes

Coordenação

Alessandro Martello Panno
João Lucas Nunes Monteiro
Ricardo Pires Calciolari

Autores

Alexandre Bissoli
Andreson Borges dos Santos
Cleyson Silva dos Santos
Caio Cunha
Cristiano Soares
Felipe Calabrez
Franz Felipe da Luz
Gabriel Abreu
Gerson Pessoa
Guilherme Barcellos Anhê
João Lucas Nunes Monteiro
Léo Moraes
Marcos Dias Pereira
Murilo Félix
Piter Santos
Priscila Gambale
Reinaldo Alves
Renata Abreu
Ricardo Pires Calciolari
Roberto Siqueira
Rodrigo Rara
Silvio Almeida
Yan Lopes

Fundação Juntos Podemos
São Paulo
2025

Esta é uma publicação registrada da Fundação Juntos Podemos.
A Fundação Juntos Podemos não se responsabiliza pelos conceitos emitidos por artigos, ensaios ou textos assinados. Os autores responsabilizam-se apenas pelas opiniões e dados divulgados nos seus artigos e textos. A reprodução, no todo ou em parte só é permitida desde que citada a fonte. Toda a correspondência deve ser dirigida à Fundação Juntos Podemos enviada à Rua Fernandes Moreira, 507 – Chácara Santo Antônio – CEP 04716-001 – São Paulo – SP.

EDIÇÃO
Ricardo Pires Calciolari

REVISÃO
Gabriely Januaria Oliveira Santos e Paloma de Oliveira Lima

CAPA E DIAGRAMAÇÃO
Andressa Costa Pereira Gomes

PROJETO GRÁFICO
Andressa Costa Pereira Gomes, Erick Souza Nunes Sá Araújo e Gabriely Januaria Oliveira Santos

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

J96

Juntos podemos pensar cidades mais inteligentes [recurso eletrônico] / coordenadores Alessandro Martello Panno, João Lucas Nunes Monteiro, Ricardo Pires Calciolari. -- 1. ed. -- São Paulo : Ed. dos Autores, 2025.

PDF.

Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-01-83400-9

1 . Administração pública - Brasil
2 . Cidades Inteligentes 3 . Espaços públicos urbanos 4. Inovações tecnológicas – Aspectos sociais 5 . Políticas públicas 6 . Planejamento urbano – aspectos ambientais 7 . Sociologia urbana I. Panno, Alessandro Martello. II. Monteiro, João Lucas Nunes. III. Calciolari, Ricardo Pires. IV. Título.

CDD 307.768 / CDU 352:004

Índices para catálogo sistemático:

1. Cidades inteligentes : Planejamento : Sociologia urbana 307.76

Juntos Podemos Pensar Cidades mais Inteligentes



Coordenação
Alessandro Martello Panno, João Lucas Nunes Monteiro, Ricardo Pires Calciolari

Autores
Alexandre Bissoli, Andreson Borges dos Santos, Cleyson Silva dos Santos, Caio Cunha, Cristiano Soares, Felipe Calabrez, Franz Felipe da Luz, Gabriel Abreu, Gerson Pessoa, Guilherme Barcellos Anhê, João Lucas Nunes Monteiro, Léo Moraes, Marcos Dias Pereira, Murilo Félix, Piter Santos, Priscila Gambale, Reinaldo Alves, Renata Abreu, Ricardo Pires Calciolari, Roberto Siqueira, Rodrigo Rara, Silvio Almeida e Yan Lopes

fundação
Juntos podemos
construindo pontes, transformando a política

Missão Barcelona



Sumário

Apresentação

10 **O FUTURO SE CONSTRÓI "JUNTOS":** Conhecimento e Ação para a Cidade que Queremos
João Lucas Nunes Monteiro

13 Manifesto de Abertura
DO SONHO DE BARCELONA AO DESAFIO BRASILEIRO: Um Manifesto de Gestores Públicos pela Cidade que Queremos

Alexandre Bissoli, Caio Cunha, Cristiano Soares, Franz Felipe da Luz, Gabriel Abreu, Gerson Pessoa, João Lucas Nunes Monteiro, Léo Moraes, Marcos Dias Pereira, Murilo Félix, Piter Santos, Priscila Gambale, Reinaldo Alves, Renata Abreu, Roberto Siqueira, Rodrigo Rara, Silvio Almeida e Yan Lopes

---

PARTE I: A INTELIGÊNCIA FISCAL E LEGAL: a base da autonomia municipal

18 **A REVOLUÇÃO SILENCIOSA:** Inteligência Artificial, Arrecadação e os Desafios Jurídicos na Gestão Tributária Municipal Brasileira
Ricardo Pires Calciolari

30 **CIDADES INTELIGENTES:** qual o potencial do IPTU Verde?
Cleyson Silva dos Santos

PARTE II: A INTELIGÊNCIA DE DADOS E GOVERNANÇA: o alicerce da confiança digital

44 *BLOCKCHAIN* **COMO SOLUÇÃO DE GOVERNANÇA E SEGURANÇA:** os desafios na gestão de dados das cidades inteligentes.
Guilherme Barcellos Anhê

PARTE III: A INTELIGÊNCIA RESILIENTE E ESTRUTURAL

54 **CIDADES INTELIGENTES E RESILIENTES:** Complementaridade conceitual e desafios práticos à sustentabilidade urbana no Brasil
Felipe Calabrez

PARTE IV: A INTELIGÊNCIA HUMANA E SOCIAL

64 **INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA SAÚDE PÚBLICA BRASILEIRA** (2020 - 2025): avanços, desafios e perspectivas
Andreson Borges dos Santos

---

77 **SOBRE OS COORDENADORES E AUTORES**

O FUTURO SE CONSTRÓI 'JUNTOS': CONHECIMENTO E AÇÃO PARA A CIDADE QUE QUEREMOS

Autor: *João Lucas Nunes Monteiro*

Na Fundação Juntos Podemos, partimos de uma convicção que molda todas as nossas ações: a gestão pública não é meramente uma administração de problemas; é a mais poderosa plataforma de transformação social, inovação e construção de futuro. Em um país com a dimensão e a complexidade do Brasil, com seus desafios urbanos continentais, esta convicção se torna um imperativo.

Vivemos um ponto de inflexão. A rápida urbanização, a emergência climática e a revolução digital não são tendências distantes; são realidades que batem à porta de prefeitos, secretários e servidores todos os dias. O cidadão, com razão, exige mais. Exige serviços mais ágeis, uma cidade mais humana, um governo mais transparente e um futuro mais resiliente.

Responder a essa demanda com os modelos de gestão do século XX é uma receita para o fracasso. A "inteligência" que o momento exige não está apenas na tecnologia, mas em uma nova forma de pensar, planejar e, acima de tudo, colaborar.

É por isso que o nome de nossa Fundação é "Juntos Podemos". Ele encapsula nossa missão central.

Identidade e Compromisso

A Fundação Juntos Podemos nasceu para ser um catalisador dessa transformação. Não somos um think tank tradicional, que produz conhecimento isolado da prática, nem um agente de implementação direta. Somos uma ponte.

Nossa **Missão** é fomentar a transformação da gestão pública brasileira, capacitando líderes, disseminando conhecimento de ponta e articulando parcerias estratégicas para construir cidades mais inteligentes, justas e sustentáveis.

Nossa **Visão** é um Brasil onde a gestão pública é sinônimo de excelência e inovação, com cidades que servem de modelo em qualidade de vida, equidade social e resiliência ambiental, impulsionadas por líderes públicos preparados para os desafios do futuro.

Para realizar esta missão, somos guiados por **Valores** inegociáveis:

1. **Colaboração:** Acreditamos que nenhum setor (público, privado ou acadêmico) resolve desafios complexos sozinho. O "Juntos" é nosso principal ativo.

2. **Inovação com Propósito:** A tecnologia é um meio, não um fim. Ela só importa se gerar impacto positivo e tangível na vida do cidadão, especialmente dos mais vulneráveis.

3. **Sustentabilidade Integral:** Nossas ações promovem um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico, a

responsabilidade fiscal, a justiça social e a proteção ambiental.

4. **Excelência e Integridade:** Pautamos nossa atuação pelo rigor técnico, pela pesquisa de ponta e pela transparência absoluta, valorizando a boa gestão como um pilar da democracia.

5. **Foco no Capital Humano:** Acreditamos que a verdadeira mudança é feita por pessoas. A formação de quadros (capacity building) é o coração de nossa estratégia.

A Jornada a Barcelona: Da Inspiração à Ação

Nosso compromisso com a formação de líderes e a valorização da boa gestão pública foi o motor da recente missão técnica que organizamos para o Smart City Expo World Congress e para o distrito 22@, em Barcelona.

Foi uma imersão estratégica.

Entendemos que, para que um gestor possa inovar em seu município, ele precisa, primeiro, ver o que é possível. No Smart City Expo, nossos gestores convidados tiveram contato direto com o "estado da arte" da tecnologia urbana global. No distrito 22@, testemunharam algo ainda mais importante: o processo. Viram que a transformação mais celebrada de Barcelona não foi um milagre tecnológico, mas o resultado de 25 anos de planejamento paciente, governança estável e uma visão clara de integração entre urbanismo, conhecimento e economia.

Essa experiência gerou a centelha: a inspiração. Mas a inspiração, sem um roteiro de aplicação, evapora rapidamente. É aqui que entra o segundo pilar de nossa Fundação: a pesquisa aplicada.

A Ferramenta Para o Retorno

Ao retornarem ao Brasil, os gestores que nos acompanharam – e que assinam o brilhante manifesto que abre esta obra – trouxeram consigo a mesma inquietação que nos move: "Como adaptar essa visão à nossa realidade?".

Este texto, **"Juntos Podemos Pensar Cidades mais Inteligentes"**, é a nossa resposta. É a materialização do nosso compromisso.

A Fundação Juntos Podemos tem orgulho de patrocinar e publicar esta coletânea, que transforma a inspiração de Barcelona em um roteiro prático para o Brasil. Reunimos cinco dos mais brilhantes estudiosos que se debruçam sobre os nossos desafios reais, traduzindo os conceitos de "cidade inteligente" para o contexto brasileiro.

A obra que você tem em mãos é a ferramenta que conecta a visão à execução. Ela aborda os pilares que consideramos essenciais para a transformação que almejamos, alinhando tecnologia e sustentabilidade:

1. **A Inteligência Fiscal:** os artigos sobre a aplicação de IA na arrecadação (IPTU e ISS) e o uso da extrafiscalidade (IPTU Verde) mostram como a tecnologia pode gerar autonomia financeira e justiça tributária, ao

mesmo tempo em que incentiva a sustentabilidade.

2. **A Inteligência da Confiança:** A infraestrutura digital é a base de tudo. O artigo sobre *Blockchain* e governança de dados aborda a questão mais crítica da era digital: como construir uma cidade segura, transparente e "inhackeável", garantindo a privacidade do cidadão e a integridade dos serviços públicos.

3. **A Inteligência Resiliente:** O debate sobre a complementaridade entre cidades inteligentes e resilientes nos força a colocar a crise climática no centro do planejamento, usando a tecnologia para prevenção e adaptação, e não apenas para monitoramento.

4. **A Inteligência Humana:** O estudo sobre a IA no SUS demonstra nosso valor central: o foco no cidadão. A tecnologia só cumpre seu papel se for capaz de melhorar o serviço mais essencial e complexo que oferecemos à população.

Esta publicação é um investimento direto na formação de quadros. É a pesquisa de ponta, organizada e traduzida, entregue nas mãos de quem toma as decisões.

Na Fundação Juntos Podemos, não acreditamos em soluções mágicas ou importadas. Acreditamos no poder da colaboração, na força do conhecimento aplicado e, acima de tudo, na capacidade dos gestores públicos brasileiros de liderar esta transformação.

Que este texto sirva como um mapa, uma caixa de ferramentas e um convite permanente ao diálogo. Pois o futuro de nossas cidades é uma obra coletiva e, de fato, **Juntos Podemos.**



DO SONHO DE BARCELONA AO DESAFIO BRASILEIRO: UM MANIFESTO DE GESTORES PÚBLICOS PELA CIDADE QUE QUEREMOS

Autores: *Alexandre Bissoli, Caio Cunha, Cristiano Soares, Franz Felipe da Luz, Gabriel Abreu, Gerson Pessoa, João Lucas Nunes Monteiro, Léo Moraes, Marcos Dias Pereira, Murilo Félix, Piter Santos, Priscila Gambale, Reinaldo Alves, Renata Abreu, Roberto Siqueira, Rodrigo Rara, Silvio Almeida e Yan Lopes*

Retornamos.

Há poucas semanas, tivemos o privilégio de caminhar pelas avenidas largas de Poblenou, no distrito 22@ de Barcelona, e, dias depois, de sermos imersos no turbilhão de inovação do Smart City Expo World Congress. Para nós, gestores públicos brasileiros, a experiência é, ao mesmo tempo, inspiradora e profundamente inquietante.

No Expo, fomos bombardeados pelo futuro: painéis de controle que monitoram uma cidade inteira em tempo real, algoritmos de Inteligência Artificial que preveem o tráfego, soluções de IoT (Internet das Coisas) para eficiência energética e plataformas de mobilidade que prometem um fluxo urbano sem atritos. A tecnologia é deslumbrante, quase mágica.

No distrito 22@, vemos algo diferente, talvez mais poderoso: não apenas a tecnologia, mas o *processo*. Vemos o resultado de mais de duas décadas de planejamento urbano integrado, no qual um bairro industrial obsoleto foi transformado, de forma planejada e paciente, em um ecossistema vibrante que mistura moradia, universidades, centros de pesquisa e empresas de tecnologia. O 22@ não é um "produto" de prateleira; é a materialização de uma visão de longo prazo, de governança persistente e de uma complexa parceria público-privada.

Agora, retornamos ao Brasil. Desembarcamos em nossos municípios e o "choque de realidade" é imediato.

Aquele painel de controle reluzente do Expo parece uma miragem quando confrontado com nossos sistemas de protocolo ainda em papel. A ideia de "otimização de rota" soa quase irônica em cidades onde o desafio primário ainda é garantir o asfalto. E o planejamento de 20 anos do 22@ colide frontalmente com o ciclo político de quatro anos, com as amarras da Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF) e com a vigilância constante dos Tribunais de Contas, que, embora necessária, muitas vezes penaliza a inovação.

Nossa realidade é a do subfinanciamento crônico, da desigualdade social abissal que se reflete no território, da complexidade de um sistema universal de saúde (o SUS) e, mais recentemente, da urgência climática que transforma chuvas em tragédias humanitárias.

É precisamente por isso que este texto, "Juntos Podemos Pensar Cidades mais Inteligentes", é tão urgente. A "inteligência" que buscamos não pode ser a importação ingênua de tecnologia. Deve ser a capacidade de criar soluções próprias, sustentáveis e humanas, adaptadas ao nosso contexto.

Nossa visita a Barcelona não nos deu um catálogo de compras, mas sim um novo conjunto de perguntas. Como financiar essa transformação? Como garantir que ela seja resiliente e não apenas "conectada"? Como usar a tecnologia para fechar o abismo da desigualdade em vez de ampliá-lo? E como começar agora, com os recursos que temos?

Os artigos que se seguem, escritos por estudiosos que se debruçam sobre nossa realidade, são ferramentas essenciais para nos ajudar a responder a essas perguntas. Eles formam os pilares de uma estratégia de cidade inteligente autenticamente brasileira.

A Inteligência Começa em Casa: A Revolução da Gestão Fiscal

A primeira pergunta, a mais pragmática e imediata para qualquer prefeito ou secretário de finanças, é: "Quem paga a conta?" A visão do 22@ custou bilhões de euros. Como podemos sonhar com qualquer transformação sem autonomia financeira?

A resposta mais inteligente, como apontam os estudos desta coletânea, começa dentro de casa. Antes de buscar financiamentos externos, precisamos otimizar, de forma justa e eficaz, nossa própria capacidade de arrecadação. É aqui que a "cidade inteligente" encontra a gestão fiscal.

O artigo de **Ricardo Pires Calciolari** sobre a "Revolução Silenciosa" da Inteligência Artificial na arrecadação municipal é uma leitura obrigatória para todo gestor. Ele aborda o cerne de nossos maiores desafios de receita. Muitos de nós administramos cidades cujos cadastros de IPTU são relíquias da década de 80, baseados em plantas genéricas de valores completamente defasadas e incapazes de identificar milhões de metros quadrados construídos de forma irregular. Como Calciolari demonstra, o uso de geoprocessamento e IA para atualizar esses cadastros não é "aumentar imposto"; é fazer justiça fiscal. É cobrar de quem construiu uma mansão em área não registrada da mesma forma que cobramos do cidadão que tem seu imóvel regularizado.

Da mesma forma, a fiscalização do ISS, com a "guerra fiscal" entre municípios e a complexidade da economia digital, tornou-se um jogo de gato e rato que a fiscalização manual não alcança. A IA, como detalhado por Calciolari, permite o cruzamento de dados massivos (NFS-e, dados bancários) para identificar a evasão de forma preditiva. Os casos de sucesso, como os de São Paulo, mostram que há bilhões de reais em jogo – recursos que hoje faltam para a saúde, educação e infraestrutura.

Contudo, como gestores, sabemos que essa eficiência tem riscos. O artigo nos alerta para os desafios jurídicos: o "devido processo legal tecnológico", a opacidade da "caixa-preta" dos algoritmos e a necessidade de transparência. Não podemos trocar a ineficiência burocrática pela tirania algorítmica.

Mas a inteligência fiscal não se resume a cobrar. Ela também envolve incentivar. O trabalho de **Cleyson Silva dos Santos** sobre o "IPTU Verde" nos mostra a outra face da governança inteligente: o uso da política tributária (a extrafiscalidade) para induzir comportamentos sustentáveis. Em vez de apenas punir, podemos premiar.

O IPTU Verde é uma ferramenta de gestão brilhante e de baixo custo. Ele conecta a política fiscal diretamente à agenda ambiental, oferecendo descontos para quem adota medidas como captação de água da chuva, energia solar ou manutenção de áreas permeáveis. É uma política pública que alinha o interesse econômico do cidadão (pagar menos imposto) ao interesse coletivo (uma cidade mais sustentável e resiliente). É o tipo de *smart* que não exige um sensor, mas sim um desenho de política pública engenhoso e alinhado ao direito à cidade.

O Alicerce Oculto: A Cidade "Inhackeável"

Com a viabilidade financeira encaminhada, surge a segunda pergunta, a mais técnica: "Munido de muitos dados, como os Municípios podem garantir a segurança digital?". Em Barcelona, vimos sistemas de tráfego, energia e serviços totalmente integrados. Essa integração é o sonho de todo gestor, mas também nosso novo pesadelo. Um sistema totalmente conectado é um sistema totalmente vulnerável.

Enquanto nos preocupamos com a enchente, surge um novo risco tão ou mais paralisante: o da "cidade hackeável". O que acontece quando o sistema de semáforos é sequestrado? O que acontece quando os dados do IPTU são criptografados por ransomware? Ou, pior, quando os dados da saúde dos cidadãos são expostos? A segurança cibernética deixa de ser um problema de "TI" e passa a ser um problema de segurança pública e defesa civil.

É por isso que a contribuição de **Guilherme Barcellos Anhê** sobre *blockchain* e governança de dados é tão vital. O artigo nos apresenta uma arquitetura para a confiança. A tecnologia *blockchain*, com sua lógica de descentralização, imutabilidade e transparência, não é apenas uma palavra da moda; é uma solução robusta para garantir a integridade dos registros públicos, a privacidade dos dados do cidadão e a segurança dos contratos inteligentes que começarão a gerir nossas cidades. Precisamos construir o alicerce digital antes de erguer o edifício *smart*.

Mais que Inteligente, Resiliente: O Desafio Climático e Estrutural

Com o dinheiro (Parte I) e a segurança digital (Parte II) endereçados, enfrentamos o desafio físico. Nossa visita a Barcelona foi ensolarada. Mas, em nossos municípios, a pauta da gestão pública tem sido dominada pela água – ou pela falta dela, ou, cada vez mais, pelo seu excesso devastador.

No Smart City Expo, vimos incontáveis soluções de "monitoramento" de desastres. Mas, como gestores, sabemos que monitorar a tragédia não é o mesmo que evitá-la. A cidade mais inteligente do mundo é inútil se for varrida pela primeira inundação.

É aqui que o artigo de **Felipe Calabrez** se torna a peça central de nossa discussão. Ele nos força a confrontar a diferença crucial

entre "cidades inteligentes" e "cidades resilientes", argumentando por sua complementaridade. A tragédia climática no Rio Grande do Sul, citada no texto, não é um ponto fora da curva; é o novo normal para o qual devemos planejar.

Calabrez nos lembra que a inteligência (tecnologia, dados, sensores) deve estar a serviço da resiliência. De que adianta um app de mobilidade se as ruas estão submersas? Precisamos usar a IA não apenas para gerir o tráfego, mas para criar sistemas de alerta precoce eficazes. Precisamos de dados não apenas para otimizar a coleta de lixo, mas para mapear áreas de risco com precisão e realocar pessoas antes do desastre.

A introdução do conceito de "Cidades Esponja" é particularmente poderosa. Ela dialoga diretamente com o que vimos no 22@: o urbanismo integrado. Uma cidade-esponja – que usa soluções baseadas na natureza, como parques alagáveis, telhados verdes e pavimentos permeáveis (exatamente o que o IPTU Verde de Cleyson dos Santos incentiva) – é uma resposta estrutural, e não apenas tecnológica, ao desafio climático.

Para nós, gestores brasileiros, o recado de Calabrez é claro: o planejamento urbano não pode mais estar separado da defesa civil e da política ambiental. A verdadeira inteligência urbana é aquela que entende os ciclos da natureza e se adapta a eles, usando a tecnologia como facilitadora, e não como panaceia.

A Tecnologia a Serviço do Cidadão: O Foco no Humano e o Caso da Saúde

No final do dia, por que queremos cidades mais inteligentes? A resposta não pode ser "para ter mais eficiência" ou "para atrair empresas de tecnologia". O distrito 22@, afinal, foi concebido para ser um lugar de *qualidade de vida.*

A métrica final de qualquer política pública, especialmente em um país com as nossas carências, deve ser o impacto na vida do cidadão comum. E nenhum serviço é mais universal e crítico para o brasileiro do que a saúde pública.

O artigo de **Andreson Borges dos Santos** sobre a Inteligência Artificial no Sistema Único de Saúde (SUS) é, portanto, o teste de fogo para a agenda *smart cities*.

Se a IA pode funcionar em um sistema tão complexo, capilar e subfinanciado como o SUS, ela pode funcionar em qualquer lugar.

O autor nos mostra um panorama fascinante de avanços que já estão acontecendo: algoritmos para otimizar a compra de medicamentos (evitando desperdício, um pesadelo para qualquer gestor), modelos preditivos para identificar gestantes de risco na Amazônia e o uso de IA para diagnósticos mais rápidos. O anúncio do primeiro hospital público inteligente, o ITMI-Brasil em São Paulo, é um vislumbre do futuro.

Mas, como gestores do SUS, conhecemos o outro lado da moeda, que o artigo também aborda. De que adianta um algoritmo preditivo se os dados da atenção básica

estão em planilhas isoladas, se os sistemas do hospital e do posto de saúde não se "falam"? O desafio da interoperabilidade e da Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS) é, para nós, mais urgente do que o desenvolvimento de um novo algoritmo.

Andreson Borges dos Santos nos lembra dos desafios éticos, da privacidade e do risco de viés algorítmico. Não podemos permitir que a IA reforce desigualdades, oferecendo diagnósticos de ponta para quem está no centro e ignorando as especificidades da população periférica. A tecnologia deve ser uma ferramenta de equidade, ampliando o acesso, e não uma barreira.

Conclusão:
Um Roteiro para a Próxima Década

Retornamos de Barcelona transformados. O que vimos no Smart City Expo e no distrito 22@ não foi um modelo a ser copiado, mas um convite a pensar grande sobre o futuro de nossas próprias cidades.

Contudo, a realidade brasileira exige que esse pensamento seja pragmático, resiliente e profundamente humano. A "inteligência" que precisamos construir não virá em caixas importadas; ela será forjada na prática diária de nossa gestão.

Os artigos apresentados nesta obra são fundamentais para essa jornada. Eles nos mostram que o caminho começa com o dever de casa (a gestão fiscal); que ele precisa ser protegido por um alicerce digital confiável (a segurança da informação); que ele deve ser construído sobre uma base física e climática sólida (a resiliência e sustentabilidade); e que ele só tem sentido se o seu propósito final for o cuidado com as pessoas (a saúde).

O desafio é monumental. Mas, como gestores públicos, não temos o direito de nos intimidar por ele. Este texto é um passo vital para que, "juntos", possamos, de fato, pensar e construir cidades brasileiras mais inteligentes, justas e resilientes.



A REVOLUÇÃO SILENCIOSA: INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, ARRECADAÇÃO E OS DESAFIOS JURÍDICOS NA GESTÃO TRIBUTÁRIA MUNICIPAL BRASILEIRA

The Silent Revolution: Artificial Intelligence, Revenue Collection, and the Legal Challenges in Brazilian Municipal Tax Management

Autor: *Ricardo Pires Calciolari* [1]

Resumo:

A administração tributária municipal brasileira vive uma transformação, migrando da fiscalização reativa para um modelo preditivo baseado em Inteligência Artificial (IA). Este artigo analisa a aplicação da IA em dois eixos centrais: o Imposto Sobre Serviços (ISS) e os tributos sobre o patrimônio (IPTU/ITBI). No ISS, a IA combate a evasão e a "guerra fiscal" através do cruzamento massivo de dados da NFS-e e informações bancárias. No IPTU, o geoprocessamento e a IA corrigem a defasagem histórica dos cadastros, identificando construções irregulares e atualizando as Plantas Genéricas de Valores. Embora casos de sucesso demonstrem o aumento da eficiência, esta "tributação algorítmica" gera tensões jurídicas. O estudo debate os desafios do "devido processo legal tecnológico", o problema da "caixa-preta", o viés algorítmico e a necessidade de Inteligência Artificial Explicável (XAI). Conclui-se que a IA exige um equilíbrio entre a eficiência arrecadatória e o respeito aos direitos fundamentais do contribuinte.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Gestão Tributária Municipal, Tributação Algorítmica, Devido Processo Legal Tecnológico, Geoprocessamento

Abstract:

Brazilian municipal tax administration is undergoing a transformation, shifting from reactive auditing to a predictive model based on Artificial Intelligence (AI). This article analyzes the application of AI in two central areas: the Tax on Services (ISS) and property taxes (IPTU/ITBI). For ISS, AI combats tax evasion and "tax wars" by cross-referencing massive data from electronic invoices (NFS-e) and banking records. For IPTU, geoprocessing and AI correct historical inaccuracies in property registries, identifying irregular constructions and updating Generic Value Plants (PGV). Although success cases demonstrate increased efficiency, this "algorithmic taxation" creates legal tensions. The study discusses the challenges of "technological due process", the "black box" problem, algorithmic bias, and the need for Explainable AI (XAI). It concludes that AI requires a balance between collection efficiency and respect for the taxpayer's fundamental rights.

Keywords: Artificial Intelligence, Municipal Tax Management, Algorithmic Taxation, Technological Due Process, Geoprocessin

[1] Advogado, Pesquisador e Professor. Bacharel e Mestre pela Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo (USP) e especialista pela Universidade de Salamanca. Ocupou cargos públicos em municípios e no Estado de São Paulo. Autor de livros, capítulos e artigos.

> “Em todos os tempos o homem sempre fugiu de pagar impostos.”
>
> Monteiro Lobato[2]

Introdução: A Nova Fronteira da Administração Fazendária

A administração tributária municipal no Brasil atravessa uma transformação paradigmática, migrando de um modelo de fiscalização historicamente reativo (baseado em amostragem, auditorias manuais e denúncias) para um sistema proativo, preditivo e crescentemente automatizado. O motor dessa revolução é a implementação de ferramentas de Inteligência Artificial (IA) nos setores fazendários. Confrontados com uma limitação crônica de recursos humanos e a complexidade exponencial da economia digital, os municípios veem na IA a capacidade de exercer uma capilaridade fiscal até então inédita (Macedo et al., 2025).

Esta adoção tecnológica não é uniforme; ela se concentra em dois eixos vitais para a autonomia financeira municipal: os tributos sobre serviços e sobre o patrimônio (Reis et al., 2014). No primeiro eixo, focado no Imposto Sobre Serviços (ISS), a IA é empregada no combate a operações de elisão e evasão fiscal complexas, como a simulação de estabelecimento e a "guerra fiscal" entre municípios (Secom, 2024). No segundo eixo, voltado ao Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) e ao Imposto de Transmissão de Bens Imóveis (ITBI), a tecnologia é usada para corrigir a defasagem histórica dos cadastros imobiliários e das Plantas Genéricas de Valores (Tolentino et al., 2025).

A implementação da IA não é meramente uma atualização tecnológica; é uma resposta estratégica à obsolescência da fiscalização tradicional. A complexidade do sistema tributário e a digitalização massiva de transações, como a Nota Fiscal de Serviços Eletrônica (NFS-e), geraram volumes de dados que tornam a análise humana manual ineficaz e lenta (Macedo et al., 2025). Este artigo analisa como a IA está sendo aplicada, quais os resultados práticos obtidos em casos concretos e, fundamentalmente, quais as tensões jurídicas e os desafios operacionais que emergem dessa nova fronteira da administração fazendária.

1. O Combate à Evasão e Fraudes

A eficácia da Inteligência Artificial na fiscalização do ISS está intrinsecamente ligada à digitalização prévia dos documentos fiscais. A criação e massificação da Nota Fiscal de Serviços Eletrônica (NFS-e), além de garantir um incremento na arrecadação (Angeli e Martinez, 2016) gerou o *data lake* (repositório de dados) estruturado que serve como "matéria-prima" essencial

[2] Trecho retirado do livro "Mundo da Lua e Miscelânea. Obras Completas de Monteiro Lobato, Vol. 10. São Paulo: Editora Brasiliense Ltda., 1955."

para os algoritmos de *machine learning* (Magalhães Neto, 2024).

Os sistemas modernos de IA vão muito além da simples conferência de uma NFS-e. O núcleo da estratégia é o cruzamento massivo de dados, onde algoritmos analisam padrões e detectam anomalias ao comparar as declarações de ISS com um vasto ecossistema de informações (Macedo et al., 2025), que inclui:

> (i) *Dados Bancários e Financeiros:* Informações sobre o volume de transações financeiras, administradora de cartões de crédito e outros dados do Sistema Brasileiro de Pagamentos, cujo acesso pelo Fisco foi validado pela autoridade judicial (Branco, 2024). [3]
>
> (ii) *Declarações de Outros Regimes:* Dados do Simples Nacional e informações de outros entres federativos. [4]
>
> (iii) *Dados de Registro Públicos:* contratos e matrículas de imóveis. [5]

É claro que a obtenção de muitos desses dados e seu tratamento gera críticas e apresenta muitos óbices, dos quais destacamos: direito à privacidade, sigilo bancário e sigilo fiscal. De fato, todos também apresentam alto grau de fundamentalidade e precisam ser preservados, por imperativo do próprio modelo de Estado Democrático de Direito e da preservação dos Direitos e Garantias Fundamentais. Também destacamos que a própria Lei Geral de Proteção de Dados impõe diversos requisitos e restrição para os atos de guarda e tratamento de dados (notadamente os dados sensíveis).

Assim, o que é cada vez mais perceptível é que os Municípios terão, a depender do grau de capacidade técnica, acesso e gestão tecnológica, acesso a mais dados que, se cruzados com o auxílio de inteligência artificial poderão garantir uma rede de fiscalização mais efetiva que garanta incremento na arrecadação e combate a fraudes e evasões fiscais.

Um exemplo típico seria a identificação de "empresas fantasmas", "de fachada" ou "de papel". A Inteligência Artificial pode detectar incongruências, como a emissão significativa de notas fiscais, mas não apresentar despesas operacionais

[3] A Ação Direta de Inconstitucionalidade nº 7.276, julgada improcedência no mérito em 09 de setembro de 2024, manteve a constitucionalidade do Convênio ICMS 9/2016, que regulamenta "o fornecimento de informações prestadas por instituições e intermediadores financeiros e de pagamento, integrantes ou não do Sistema de Pagamentos Brasileiro - SPB, relativas às transações com cartões de débito, crédito, de loja (private label), transferência de recursos, transações eletrônicas do Sistema de Pagamento Instantâneo e demais instrumentos de pagamento eletrônicos". Embora a questão trate especificamente do acesso a dados pelos Estados-Membros, os Municípios podem, com vistas a esse exemplo, antever grande possibilidade de atuação, além de, em casos específicos, haver a possibilidade de solicitação de autorização judicial específica. É claro que a temática suscita questionamentos sobre o direito de privacidade, uso de dados pessoais sensíveis e sigilo bancário, mas, garantido o acesso a esses dados, o cruzamento automatizado de informações com o uso de inteligência artificial já é uma realidade.

[4] Aqui também existe a possiblidade genérica de permuta de informações entre os fiscos, cujos termos e objetivos poderiam ser debatidos frente a ao direito de privacidade e sigilo fiscal do contribuinte. Entretanto, o próprio art. 199 do CTN prevê a possibilidade, desde que por lei ou convênio, além da previsão de compartilhamento de informações no art. 1º, § 3º da Lei Complementar nº 105 de 2001, que trata do sigilo bancário.

[5] Nesse sentido, como um bom exemplo prático, temos a Instrução Normativa RFB nº 2.275 de 2025 que dispõe sobre o Cadastro Imobiliário Brasileiro e o compartilhamento de informações por intermédio do Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais pelos serviços notariais e de registro. Por essa instrução, os dados de bens imóveis e rurais devem ser compartilhados com as Administrações Tributárias.

compatíveis (como energia elétrica, aluguel ou funcionários) em sua suposta sede (Secom, 2024).

2. A Fiscalização Territorial: Geoprocessamento e IA na Gestão do IPTU e ITBI

Se no ISS o desafio era digital, no IPTU o desafio é físico. A gestão dos tributos sobre o patrimônio (IPTU e ITBI) sofre de um problema crônico no Brasil: a severa defasagem dos cadastros imobiliários (Tolentino et al., 2025).

O problema central do IPTU é que os municípios perdem receita porque as áreas construídas reais dos imóveis são, frequentemente, muito maiores do que as registradas nos cadastros oficiais. Além disso, as Plantas Genéricas de Valores (PGV) – que definem o valor venal do metro quadrado para o cálculo do imposto – permanecem desatualizadas por décadas (Bunicenha et al., 2024).

Um relatório fundamental do Tribunal de Contas do Estado do Paraná (TCE-PR), referente ao Acórdão 508/22[6], expôs a gravidade do problema. A fiscalização constatou que:

> (i) A maioria (74%) dos municípios paranaenses não cumpria os prazos legais para a atualização da PGV.
>
> (ii) Em média, o valor venal presumido utilizado para o cálculo do IPTU nos municípios amostrados correspondia a apenas 30% do valor real de mercado dos imóveis.

Essa defasagem não representa apenas uma perda de arrecadação; ela constitui uma profunda *injustiça fiscal,* onde contribuintes com imóveis cadastrados corretamente ou mais recentes pagam proporcionalmente mais do que aqueles com imóveis desatualizados ou irregulares.

A pressão dos Tribunais de Contas tem sido um dos principais indutores para a modernização da gestão do IPTU. Prefeitos, historicamente receosos do desgaste político de "aumentar o IPTU", ganham uma "blindagem política" ao serem legalmente obrigados pelos TCs a realizar a atualização (TCE-PR, 2022). Para cumprir essa determinação de forma rápida e técnica, a contratação de soluções de IA e geoprocessamento torna-se a única alternativa viável.

A solução tecnológica para o IPTU combina Geoprocessamento (Sensoriamento Remoto) com Inteligência Artificial e Visão Computacional (Rodrigues & Rosa, 2024). O processo funciona da seguinte forma (Orlandi, et al., 2021):

> (i) A prefeitura adquire imagens de satélite de alta resolução ou utiliza drones para mapear a área urbana.
>
> (ii) Um algoritmo de IA é treinado para comparar a imagem atual com os dados do cadastro imobiliário (o mapa oficial).
>
> (iii) A IA identifica e sinaliza automaticamente as divergências: ampliações não declaradas ("puxadinhos"), novas edificações,

[6] Acórdão nº 508/2022, Processo nº 697680/2021, publicado em 21/03/2022.

piscinas, demolições ou qualquer alteração de área construída que não foi comunicada ao Fisco.

Além da área, a IA é usada em Avaliações Imobiliárias Massivas e Automatizadas (AVM). Nesses sistemas, algoritmos analisam tendências de mercado, preços de anúncios imobiliários e dados de transações (ITBI) para reavaliar a PGV de bairros inteiros, tornando o valor venal mais justo e próximo da realidade (Tolentino, 2025).

3. Breves Relatos de Casos Concretos

3.1. Inteligência Artificial na fiscalização imobiliária

Em Barretos (SP), município de médio porte, através da atualização recorrente do cadastro imobiliário com geoprocessamento, identificando novas edificações e ampliações, o município obteve um retorno de R$ 68 milhões ao longo de 10 anos (Agência F&MD, 2025).

Na cidade Curitiba (PR), houve a implantação de um sistema que usa IA para cruzar dados de imóveis com os cadastros do IPTU, focando em encontrar divergências, fraudes e omissões. O resultado foi um aumento na arrecadação sem a necessidade de elevar impostos (Macedo et al., 2025).

Já na cidade de Fortaleza (CE), pesquisas acadêmicas foram utilizadas para modernizar seu cadastro de contribuintes usando uma ferramenta de Avaliação Imobiliária Automatizada em Massa (AVM), promovendo maior equidade tributária (Moura, 2025).

3.2. Prefeitura de São Paulo (SP) e a "Simulação de Estabelecimento"

O caso da Prefeitura de São Paulo é um marco na aplicação da IA para fiscalização de ISS (Secom, 2024). A Secretaria Municipal da Fazenda enfrentava um desafio crônico de "guerra fiscal", onde empresas que efetivamente prestavam serviços na capital (com alíquota de ISS mais alta) simulavam suas sedes em municípios vizinhos (considerados "paraísos fiscais") para pagar menos impostos.

Utilizando a expertise de seus auditores e ferramentas de IA, a prefeitura cruzou dados em massa para comprovar que o "local do estabelecimento prestador" era, de fato, a capital. A IA foi usada especificamente para "encontrar notas fora do comum", "prever o pagamento de autos de infração" e "estimar o valor esperado" das fiscalizações, direcionando o esforço humano.

A estratégia, desenvolvida ao longo dos últimos anos (2014-2024), resultou na recuperação direta de R$ 900 milhões em autos de infração pagos. E até mais importante que a recuperação direta, a ação de inteligência fiscal induziu uma mudança de comportamento. O trabalho foi um fator central para o recolhimento adicional de R$ 1,07 bilhão proveniente de empresas que, percebendo o risco da fiscalização, passaram a agir regularmente e recolher o imposto devido em São Paulo.

3.3. Municípios estudando a implementação: Belo Horizonte (MG) e Rio de Janeiro (RJ)

Seguindo a tendência, a Prefeitura de Belo Horizonte anunciou o uso de

Inteligência Artificial, especificamente ferramentas da plataforma Google Cloud, para atuar na fiscalização de tributos, com foco destacado no ISSQN. Os objetivos declarados são identificar indícios de fraude e realizar auditoria na NFS-e, visando maior eficiência, efetividade e produtividade nas ações de inteligência fiscal (Belo Horizonte, 2025).

A próxima fronteira, já em desenvolvimento no Rio de Janeiro (RJ) através de uma parceria entre a Procuradoria Municipal e a UFRJ, é usar a IA não apenas para identificar o sonegador, mas para classificar os devedores da Dívida Ativa pela "maior probabilidade de pagamento", otimizando o esforço de cobrança (Rio de Janeiro, 2025).

4. Fiscalização Algorítmica e o Devido Processo Legal Tecnológico

A implementação da IA na fiscalização tributária não é apenas um avanço tecnológico; é um evento jurídico complexo que opera em uma zona de profunda tensão legal. A eficácia da IA depende de dois fatores – acesso a dados e capacidade de decisão automatizada – ambos rigorosamente regulados pelo Direito. A IA é tão poderosa quanto os dados que ela analisa. Nas últimas décadas, decisões judiciais cruciais forneceram às administrações tributárias a "matéria-prima" legal para seus algoritmos.

O debate sobre o sigilo bancário já foi objeto de controle concentrado de constitucionalidade. No julgamento do RE 601.314 e das ADIs 2390 e 2386, o STF validou a constitucionalidade da Lei Complementar 105/2001 (Miron, 2017). A corte entendeu que o compartilhamento de dados bancários com o Fisco, sem autorização judicial prévia, não constitui quebra de sigilo. Em vez disso, ocorre uma transferência do dever de sigilo: o dado, antes protegido pelo sigilo bancário, passa a ser protegido pelo sigilo fiscal, mantendo sua confidencialidade (Zilveti, 2019).

Também o compartilhamento de informações do Sistema Brasileiro de Pagamento, como já destacamos, foi objeto de análise no STF. Na ADI 7276, o STF confirmou a legalidade de normas (como o Convênio ICMS 134/16) que obrigam instituições financeiras a fornecer dados de transações eletrônicas (cartões de crédito, débito, PIX) ao Fisco. Este acesso é vital para a fiscalização moderna do ISS, embora o *leading case* focasse em convênio Estadual.

De todo o modo o STF, com tais decisões, permitiu ao fisco que se abastecesse de grande gama de dados para operar sistemas de IA que identifique, regularize e automatize uma série de ações de fiscalização. Entretanto, se o STF deu o "combustível", a Constituição e a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) impõem limites severos ao "motor". O uso de algoritmos para tomar decisões que afetam a esfera jurídica do contribuinte – um conceito chamado de "tributação algorítmica" – que pode colidir frontalmente com garantias constitucionais (Pasetti, 2025).

Uma das questões suscitadas é a de que os sistemas de IA fiscal (não diferente de outros modelos de IA), são descritos como "caixa-preta forte", totalmente opacos, sem transparência (Ibiapina, 2024). O contribuinte recebe um auto de infração gerado por um sistema, mas não tem

acesso à lógica, aos pesos ou aos critérios que levaram o algoritmo àquela conclusão. Dessa forma, as decisões seriam tomadas por robôs, o que ofenderia o chamado "devido processo legal tecnológico", que corresponde a uma releitura do princípio clássico em tempos digitais. Nesse sentido, decisões delegadas a algoritmos, sem justificativa inteligível ou supervisão humana efetiva colocam em risco a própria noção de legalidade e responsabilidade estatal (Pasetti, 2025).

Ademais, o contraditório e a ampla defesa, corolários lógicos do devido processo legal, impõe que o contribuinte conheça os fundamentos de uma decisão (por decorrência do art. 5º, LV, CF/88). Nesse âmbito, a própria Lei de Processo Administrativo (Lei nº 9.784/1999) exige motivação da decisão, não simplesmente a aplicação de LLMs (*large languages models*).

E, por fim, há a questão já bastante frisada do chamado "viés algorítmico". A IA aprende com dados históricos. Se a fiscalização histórica foi enviesada (por exemplo, focando em microempresas e autônomos) a IA aprenderá, replicará e ampliará esse viés. Isso pode levar a uma "sobreposição fiscal em grupos vulneráveis", institucionalizando a discriminação fiscal sob um verniz de eficiência tecnológica (Macedo, 2024).

Como possível solução e em resposta direta ao problema da "caixa-preta", a academia e a própria indústria de tecnologia têm proposto o desenvolvimento da Inteligência Artificial Explicável (XAI). A XAI refere-se a um conjunto de métodos e técnicas que visam tornar os modelos de IA transparentes, auditáveis e capazes de "explicar" seu processo de decisão em termos compreensíveis (Bulara, 2024).

Na esfera fiscal, a XAI é vista como a única ferramenta capaz de conciliar a eficiência da IA com os princípios da publicidade, transparência e legalidade, garantindo que o contribuinte possa entender e, se necessário, contestar a autuação algorítmica (Ibapina, 2024; Bulara, 2024; Pasetti, 2025).

Todas essas questões estão em profundo debate no Projeto de Lei do chamado Marco Regulatório da Inteligência Artificial (PL 2.338/2023), que teve sua origem no Senado e já sofreu grandes alterações na Câmara. De fato, os temas do devido processo legal tecnológico como recorribilidade a um humano, inteligência artificial supervisionada, explicação e transparência algorítmica impõe desafios como segredos comerciais e concorrência tecnológica. O debate em âmbito legislativo é fundamental para fixar parâmetros que garantam segurança jurídica no uso da inteligência artificial na tributação.

5. O Futuro é Humano

Além das complexas barreiras legais, a implementação prática da IA nos 5.570 municípios brasileiros enfrenta desafios operacionais e estruturais significativos. A Confederação Nacional de Municípios (CNM) e outros especialistas em gestão pública fazem um alerta crucial: "Antes de pensar em IA, é preciso pensar em dados e, antes dos dados, em gestão" (Agência CMN de Notícias, 2025) A Inteligência Artificial não faz milagres; ela é uma ferramenta de análise. Se os dados de origem – o cadastro do IPTU em planilhas desatualizadas, o sistema de ISS que não

se comunica com o de alvarás – forem de baixa qualidade ("lixo"), o resultado da análise da IA também será ("lixo"). Uma política robusta de *governança e saneamento de dados* é o pré-requisito absoluto para qualquer projeto de IA bem-sucedido (Agência CMN de Notícias, 2025).

O Tribunal de Contas do Município de São Paulo (TCM-SP), ao discutir o uso de IA em auditorias, destacou o que talvez seja o maior gargalo para a adoção da tecnologia: a "falta de trabalhadores qualificados". O auditor fiscal não será substituído pela IA, mas seu papel será radicalmente transformado. Ele deixará de ser um "executor" de tarefas manuais para se tornar um "validador crítico" e "estrategista". O desafio é capacitar os auditores para dominar a técnica de uso da IA, como a construção de *prompts* (comandos) eficazes, para extrair análises precisas e seguras da tecnologia, sabendo identificar e questionar os resultados da "caixa-preta" (Escola Superior de Gestão de Contas Públicas, 2025).

A complexidade da IA fiscal fomenta um mercado vibrante de govtechs (startups focadas em soluções para o governo) que oferecem plataformas de fiscalização "prontas para uso" (Macedo et al., 2025). Os próprios Tribunais de Contas atuam como indutores desse mercado, tanto por adotarem IA em suas próprias auditorias quanto por pressionarem os municípios a se modernizarem (Xavier, 2025).

Contudo, essa dinâmica gera um risco estratégico: a dependência tecnológica. Um município que não possui expertise interna e contrata uma solução de IA de um fornecedor privado está, na prática, terceirizando o "núcleo da inteligência fiscal" do governo. Isso levanta questões críticas de soberania fiscal: o que acontece se o contrato for rompido? O município perde sua capacidade de fiscalizar? Como a administração pública pode auditar o algoritmo "caixa-preta" do fornecedor privado para garantir que ele esteja livre de vieses e alinhado ao interesse público, e não apenas aos interesses comerciais da *govtech?*

Essas questões precisam ser suscitadas. Matrizes de risco, planejamento e gestão, atividades necessariamente humanas, são cada vez mais necessárias. Muda o perfil da fiscalização e dos próprios auditores, mas a expertise humana nunca foi tão necessária e importe.

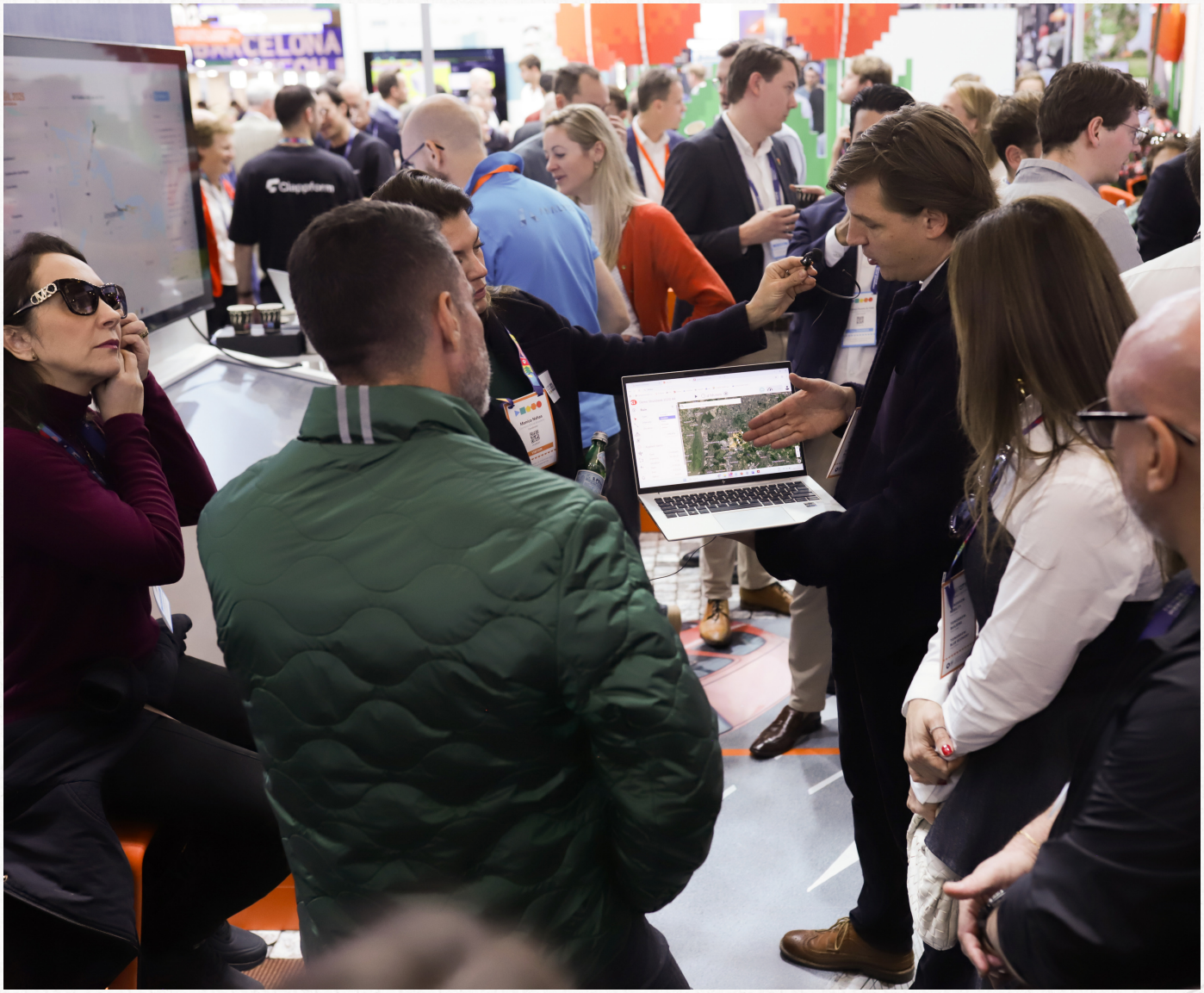
6. Um Epílogo: Equilíbrio Entre Arrecadação Eficiente e Direitos dos Contribuintes

A Inteligência Artificial já é uma realidade inescapável e uma ferramenta de enorme potência para a administração tributária municipal no Brasil. Os casos de sucesso, como os R$ 900 milhões recuperados em ISS pela Prefeitura de São Paulo (Secom, 2024) e os R$ 68 milhões em IPTU identificados em Barretos (Agência F&MD, 2025), provam sua capacidade de otimizar a arrecadação, aumentar a eficiência e, crucialmente, promover a justiça fiscal ao identificar e corrigir a evasão e a defasagem cadastral.

Entretanto, esse ensaio demonstra que o sucesso tecnológico não é automático nem isento de riscos. A eficácia da IA depende de uma fundação jurídica sólida para o acesso a dados, consolidada pelo STF; de uma gestão de dados rigorosa, como

alerta a CNM (Agência CMN de Notícias, 2025); e de um investimento maciço em capital humano, como aponta o TCM-SP (Escola Superior de Gestão de Contas Públicas, 2025).

A "tributação algorítmica" é o novo paradigma. Para que ela seja legítima, e não apenas eficiente, os municípios brasileiros e o ecossistema de *govtechs* devem avançar para além da "caixa-preta". A implementação da IA deve ser pautada não apenas pela lógica da eficiência arrecadatória, mas por princípios de Transparência Algorítmica, pela adoção de ferramentas de Inteligência Artificial Explicável (XAI) e por um respeito intransigente ao devido processo legal tecnológico. A tecnologia deve servir à legalidade, e não o contrário, assegurando que a eficiência da máquina jamais sufoque os direitos fundamentais do contribuinte.



Referências

AGÊNCIA CMN DE NOTÍCIAS. Inteligência Artificial aplicada à fiscalização tributária é tema do III Simpósio do CTAT. Confederação Brasileira de Municípios (CMN), 2025. Disponível em: <https://cnm.org.br/comunicacao/noticias/inteligencia-artificial-aplicada-a-fiscalizacao-tributaria-e-tema-do-iii-simposio-do-ctat>. Acesso em: 6 nov. 2025.

AGÊNCIA F&MD. Geoprocessamento traz retorno de R$ 68 milhões em Barretos. Geodados, 2025. Disponível em: <https://www.geodados.com.br/geonoticias/sao-paulo/geoprocessamento-traz-retorno-de-r-68-milhoes-em-barretos>. Acesso em: 6 nov. 2025.

ANGELI, Humberto de; MARTINEZ, Antonio Lopo. Nota fiscal de serviços eletrônica: uma análise dos impactos na arrecadação em municípios brasileiros. Revista de Contabilidade e Organizações, São Paulo v. 10, n. 26, p. 49-62, 2016. DOI: 10.11606/rco.v10i26.107117. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/2352/235245929005/html/>. Acesso em: 05 nov. 2025.

BELO HORIZONTE, Prefeitura. PBH usará inteligência artificial para fiscalização de tributos. Portal da Prefeitura de Belo Horizonte. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/pbh-usara-inteligencia-artificial-para-fiscalizacao-de-tributos>. Acesso em: 6 nov. 2025.

BRANCO, Mariana. STF autoriza que bancos compartilhem dados de clientes com os fiscos estaduais. Jota. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.jota.info/stf/do-supremo/stf-autoriza-que-bancos-compartilhem-dados-de-clientes-com-os-fiscos-estaduais>. Acesso em: 5 nov. 2025.

BULARA, Vanessa. Novas Tecnologias e a Tributação: O Uso da Inteligência Artificial Explicável (Explainable Artificial Intelligence – XAI) como Ferramenta de Fiscalização da Renda Gerada pelo Estabelecimento Permanente na Economia Digital. Revista de Direito Tributário Internacional Atual, n. 12, p. 220–237, 2024. Disponível em: <https://revista.ibdt.org.br/index.php/RDTIAtual/article/view/2368>. Acesso em: 6 nov. 2025.

BUNICENHA, Irys Mendes Ramos; BORCHARDTI, Jéssica; GOMES, Rodrigo da Vitória. Integração, Tecnologia e Modernização na Arrecadação do ISS e do IPTU. Revistaft, São Paulo, v. 28, n. 139, 2024. Disponível em: <https://revistaft.com.br/integracao-tecnologia-e-modernizacao-na-arrecadacao-do-iss-e-iptu/>. Acesso em 5 nov. 2025.

ESCOLA SUPERIOR DE GESTÃO DE CONTAS PÚBLICAS. EGC discute uso estratégico da Inteligência Artificial em auditorias. Portal da Escola Superior de Gestão de Contas Públicas (EGC) do Tribunal de Contas do Município de São Paulo (TCM/SP), 2025. Disponível em: <https://iris.tcm.sp.gov.br/Pagina/82342>. Acesso em: 6 nov. 2025.

IBIAPINA, Daniel Holanda. O uso de inteligência artificial pela fiscalização tributária para combate à sonegação fiscal e a vulnerabilidade tecnológica do contribuinte. 2024. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Direito). Centro Universitário Christus: Fortaleza, 2024.

MACEDO, Alberto; JESUS, Miqueas Liborio; AGUIRREZÁBEL, Rafael. Inteligência Artificial Transforma a Gestão Tributária nas Prefeituras. In: Blog do AFTM (Auditor Fiscal Tributário Municipal), São Paulo, 2 maio 2025. Disponível em: <https://blogdoaftm.com.br/inteligencia-artificial-4/>. Acesso em: 05 nov. 2025.

MACEDO, Caio Sperandeo de. O direito à revisão das decisões automatizadas de reconhecimento facial e o princípio antropocêntrico. Revista de Direito Brasileira, Florianopolis, Brasil, v. 36, n. 13, p. 226–246, 2024. Disponível em: <https://www.indexlaw.org/index.php/rdb/article/view/8569>. Acesso em: 6 nov. 2025.

MAGALHÃES NETO, Vinicius Landulpho. O potencial do sistema público de escrituração digital com a aplicação da inteligência artificial na fiscalização tributária. Dissertação (Mestrado Profissional em Direito). Instituto Brasiliense de Direito Público (IBDP): Brasília, 2024.

MIRON, Rafael Brum. O sigilo bancário e a atuação do COAF: análise dos critérios definidos pelo STF no julgamento da ADI 2390/DF para a transferência de sigilo de dados. Revista da AJURIS, v. 44, n. 142, p. 287–320, 2017. Disponível em: <https://revistadaajuris.ajuris.org.br/index.php/REVAJURIS/article/view/615>. Acesso em: 6 nov. 2025.

MOURA, Isaac Gurgel de. Avaliação do IPTU como instrumento de realização da função social da propriedade na Cidade de Fortaleza/CE. Dissertação (Mestrado em Economia do Setor Público), Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/74973>. Acesso em: 5 nov. 2025.

ORLANDI, Alex Gois; FARIAS, Renata de Araújo Nobre; CARVALHO JÚNIOR, Osmar Abílio; GUIMARÃES, Renato Fontes; GOMES, Roberto Arnaldo Trancoso. Controle gerencial na administração pública e transformação digital: sensoriamento remoto para fiscalizar. Cadernos Gestão Pública e Cidadania, São Paulo, v. 26, n. 83, 2021. DOI: 10.12660/cgpc.v26n83.80456. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/cgpc/article/view/80456>. Acesso em: 6 nov. 2025.

PASETTI, Marcelo. Tributação Algorítmica: como conciliar eficiência fiscal e direitos fundamentais? Jota, 2025. Disponível em: <https://www.jota.info/opiniao-e-analise/artigos/tributacao-algoritmica-como-conciliar-eficiencia-fiscal-e-direitos-fundamentais>. Acesso em: 6 nov. 2025.

REIS, Basílio; SANTANA, Fabiana; ALVES, Thalyta; ROCHA, Wesley. A Fiscalização integrada do ISS, IPTU, ITBI e ITR – Ação conjunta dos setores de cadastros, lançamento e arrecadação de tributos como

alternativa para o crescimento das receitas municipais. Revista Técnica do CNM (Confederação Nacional dos Municípios), 2014. Brasília, p. 45-57.

RIO DE JANEIRO, Prefeitura. Iniciativa da Procuradoria do Município do Rio e da UFRJ promete aprimorar inteligência fiscal - Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro - prefeitura.rio. Disponível em: <https://prefeitura.rio/pgm/iniciativa-da-procuradoria-do-municipio-do-rio-e-da-ufrj-promete-aprimorar-inteligencia-fiscal-2/>. Acesso em: 6 nov. 2025.

RODRIGUES, Humberto Braz; ROSA, Diego Jesus Queiroz. Utilização da inteligência artificial (IA) e do geoprocessamento para o planejamento urbano. Paramétrica, v. 16, n. 2, 2024. Disponível em: <https://periodicos.famig.edu.br/index.php/parametrica/article/view/566>. Acesso em: 6 nov. 2025.

SECOM, Secretaria de Comunicação. Com estratégia e Inteligência Artificial, Prefeitura recupera R$ 900 milhões de empresas que simulam sede em outro município. Prefeitura de São Paulo. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://prefeitura.sp.gov.br/w/com-estrat%C3%A9gia-e-intelig%C3%AAncia-artificial-prefeitura-recupera-r-900-milh%C3%B5es-de-empresas-que-simulam-sede-em-outro-munic%C3%ADpio>. Acesso em 05 nov. 2025.

TCE/PR, Diretoria de Comunicação Social. Municípios devem revisar periodicamente documento utilizado para calcular o IPTU. Portal TCE-PR, 2022. Disponível em: <https://www1.tce.pr.gov.br/noticias/municipios-devem-revisar-periodicamente-documento-utilizado-para-calcular-o-iptu/9872/N>. Acesso em: 6 nov. 2025.

TOLENTINO, Edener Bertão; PARIZOTTO, Felipe Antonio; SBIZERA, José Alexandre Ricciardi. A aplicação da inteligência artificial na administração pública municipal: análise quanto à viabilidade para combate à evasão fiscal de IPTU. Revista de Direito Tributário e Financeiro, Florianopolis, v. 10, n. 2, 2025. DOI: 10.26668/dexLawJournals/2526-0138/2024.v10i2.10908. Disponível em: <https://www.indexlaw.org/index.php/direitotributario/article/view/10908>. Acesso em: 5 nov. 2025.

XAVIER, Fábio Correa. IA Ganha Força nos Tribunais de Contas | Tribunal de Contas do Estado de São Paulo. Portal do TCE/SP, 2025. Disponível em: <https://www.tce.sp.gov.br/6524-artigo-ia-ganha-forca-tribunais-contas>. Acesso em: 6 nov. 2025.

ZILVETI, Fernando Aurelio. As Repercussões da Inteligência Artificial na Teoria da Tributação. Revista Direito Tributário Atual, n. 43, p. 483–498, 2019. DOI: 10.46801/2595-6280-rdta-43-21. Disponível em: <https://revista.ibdt.org.br/index.php/RDTA/article/view/1457>. Acesso em: 6 nov. 2025.

CIDADES INTELIGENTES: QUAL O POTENCIAL DO IPTU VERDE?

Smart Cities: What Is the Potential of the Green IPTU (Urban Property Tax)?

Autor: *Cleyson Silva dos Santos* [7]

Resumo:

Este artigo analisa o IPTU Verde como instrumento de indução à sustentabilidade urbana no contexto das cidades inteligentes, destacando sua relação com a função socioambiental da propriedade e o direito à cidade. Partindo da extrafiscalidade, o IPTU Verde utiliza incentivos tributários para estimular práticas ambientais como arborização, permeabilidade do solo, reuso de água e eficiência energética. A pesquisa demonstra que a eficácia do instrumento depende de desenho institucional claro, divulgação adequada e mecanismos de monitoramento. Experiências municipais indicam potencial de melhoria ambiental e engajamento social, mas revelam desafios como baixa adesão inicial, custos de implementação, limitações fiscais e risco de desigualdade no acesso ao benefício. Conclui-se que o IPTU Verde pode integrar políticas amplas de planejamento sustentável, desde que articulado a governança participativa e inclusão social.

Palavras-chave: IPTU Verde; Cidades Inteligentes; Função Socioambiental; Tributação Extrafiscal; Sustentabilidade Urbana.

Abstract:

This article examines the Green Property Tax (IPTU Verde) as a fiscal instrument promoting urban sustainability within the framework of smart cities, emphasizing its connection to the social and environmental function of urban property and the right to the city. Based on extrafiscal taxation, IPTU Verde offers tax incentives to encourage sustainable practices such as urban afforestation, soil permeability, water reuse, and energy efficiency. Municipal experiences show environmental benefits and civic engagement but also highlight challenges including limited awareness, administrative capacity, fiscal impacts, and unequal access to benefits. The study concludes that IPTU Verde can contribute to sustainable and inclusive urban development when accompanied by clear regulation, monitoring tools, and participatory governance.

Keywords: Green IPTU; Smart Cities; Social and Environmental Function; Extrafiscal Taxation; Urban Sustainability.

[7] Bacharel em Economia pela Universidade Federal do Pará, especialista em Direito Tributário pela PUC-MG e mestre em Desenvolvimento Econômico pela Universidade Estadual de Campinas. É Pesquisador da Fundação Juntos Podemos.

Introdução

Nas primeiras décadas do século XXI, intensificou-se o debate sobre como promover um desenvolvimento urbano sustentável e inclusivo, capaz de responder aos desafios socioambientais contemporâneos. Conceitos como cidades inteligentes emergiram nesse contexto, propondo o uso de inovação, tecnologia e planejamento integrado para melhorar a qualidade de vida urbana. Entretanto, uma cidade só pode ser considerada verdadeiramente "inteligente" se, além de eficiente do ponto de vista tecnológico, for socialmente justa e ambientalmente sustentável.

Nesse sentido, ganha relevo o princípio do direito à cidade, formulado por Lefebvre (2006) e revisitado por autores como Harvey (2012), que reivindica o uso democrático do espaço urbano em benefício de seus habitantes, sobretudo das parcelas marginalizadas da sociedade. A noção de direito à cidade implica repensar as funções da propriedade urbana e dos mecanismos de governança, de modo que a cidade deixe de ser mero produto de interesses privados e passe a ser um bem coletivo, moldado pela participação ativa dos cidadãos em sua construção e usufruto (Harvey, 2012; Santos et al., 2020).

No caso brasileiro, o direito à cidade encontra respaldo jurídico no princípio da função social da propriedade urbana, inscrito na Constituição Federal de 1988 e regulamentado pelo Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/2001). Esse princípio estabelece que o uso da propriedade deve atender ao bem-estar coletivo e ao equilíbrio ambiental, não podendo o interesse puramente individual prevalecer sobre as necessidades sociais e ecológicas (Brasil, 1988; Brasil, 2001).

Nas últimas décadas, esse conceito evoluiu para incluir também uma dimensão ambiental, passando-se a falar em função socioambiental da propriedade urbana. Em outras palavras, espera-se que imóveis urbanos cumpram não apenas uma função social em termos de oferecer habitação digna ou uso compatível com o planejamento urbano, mas também contribuam para a sustentabilidade ambiental da cidade, seja preservando áreas verdes, seja adotando práticas construtivas sustentáveis.

Diante dessa perspectiva, instrumentos de governança fiscal com inovação vêm sendo considerados para efetivar na prática a função socioambiental. Um dos caminhos apontados é a utilização de mecanismos tributários extrafiscais, ou seja, tributos desenhados para induzir comportamentos benéficos à coletividade (Oliveira; Horvath, 2002). A ideia de usar a tributação como ferramenta de política pública ambiental baseia-se no entendimento de que incentivos econômicos podem orientar as escolhas de cidadãos e empresas em direção a práticas mais sustentáveis (Trennepohl, 2008; Maganhini, 2006). Assim, além de sanções tradicionais como multas por poluição, passam a ganhar espaço as chamadas "sanções premiais", isto é, benefícios fiscais concedidos àqueles que adotam medidas ambientalmente responsáveis (Cunha; Martinez; Nossa, 2013).

É nesse contexto que surge o IPTU Verde, trata-se de uma inovação fiscal no âmbito municipal brasileiro. Em termos

gerais, consiste em uma política tributária ambiental urbana em que os municípios concedem reduções, isenções ou descontos no Imposto Predial e Territorial Urbano cobrado anualmente sobre propriedades localizadas na área urbana para contribuintes que adotem práticas ou atendam a critérios relacionados à sustentabilidade.

Os critérios variam conforme a legislação local de cada cidade, podendo incluir desde o plantio e a manutenção de árvores no lote, a instalação de sistemas de energia solar ou de reuso de água, até a obtenção de certificações ambientais em edificações, como selos de construção sustentável. Em todos os casos, o objetivo extrafiscal subjacente é incentivar proprietários urbanos a adequarem seus imóveis e comportamentos à agenda socioambiental, em linha com o princípio de que a propriedade deve servir ao interesse coletivo da sustentabilidade urbana.

O presente ensaio acadêmico tem por objetivo analisar o potencial do IPTU Verde como instrumento para promover cidades inteligentes e sustentáveis, examinando em que medida tal política fiscal pode contribuir para efetivar a função socioambiental da propriedade e o direito à cidade.

A relevância deste estudo está em demonstrar como uma gestão fiscal inovadora pode transformar a cobrança de um tributo tradicional, comumente associado apenas ao objetivo de arrecadação, em instrumento capaz de induzir mudanças positivas no espaço urbano. Nascimento e Souza (2025) argumentam que a articulação da política tributária municipal com metas de sustentabilidade forte e justiça social permite converter fragilidades fiscais, como os altos índices de inadimplência do IPTU, em oportunidades de inovação capazes de engajar a população na construção de cidades mais resilientes e alinhadas aos desafios climáticos contemporâneos.

1. Cidades Inteligentes, Direito à Cidade e Sustentabilidade Urbana

O termo cidade inteligente (*smart city*) tornou-se popular para designar cidades que utilizam tecnologias de informação e comunicação, planejamento integrado e inovação para melhorar a eficiência dos serviços urbanos e a qualidade de vida dos cidadãos. Inicialmente, o conceito enfatizava aspectos tecnológicos – como redes de sensores, Big Data, automação de tráfego, edifícios inteligentes e gestão otimizada de energia. No entanto, a compreensão contemporânea de cidades inteligentes evoluiu para um enfoque mais holístico, que engloba também sustentabilidade ambiental, desenvolvimento humano e participação social (Barreto; Nascimento; Lima, 2021). Em outras palavras, uma cidade verdadeiramente "inteligente" não é apenas aquela repleta de aparatos tecnológicos, mas sim aquela capaz de integrar inovação tecnológica com governança democrática, inclusão social e responsabilidade ecológica.

Barreto, Nascimento e Lima (2021) discutem a importância da governança fiscal nesse contexto, argumentando que políticas fiscais inovadoras e sustentáveis são parte integrante da inteligência urbana. Isso significa que orçamentos e tributos municipais devem ser administrados de forma transparente e orientados a promover soluções criativas para problemas urbanos,

em sintonia com os princípios de uma economia verde e inclusiva.

Importante destacar que o conceito de cidades inteligentes envolve dimensões tecnológicas, humanas e institucionais, que atuam de maneira interdependente. A dimensão tecnológica está ligada às infraestruturas digitais e aos sistemas que permitem gerir fluxos urbanos de forma eficiente, como plataformas de mobilidade, redes elétricas inteligentes e serviços públicos conectados. A dimensão humana refere-se ao capital social e intelectual presente na cidade, reconhecendo que a inteligência urbana emerge também da capacidade criativa, educacional e participativa de seus habitantes. Já a dimensão institucional diz respeito aos arranjos de governança, às políticas públicas e aos mecanismos de participação que orientam a tomada de decisões coletivas.

É nessa última dimensão que se insere o debate sobre a política fiscal voltada à sustentabilidade. Inovações como o IPTU Verde demonstram como decisões no campo da tributação podem contribuir para objetivos ambientais e sociais, ao incentivar práticas sustentáveis e fortalecer o envolvimento dos moradores na construção de soluções voltadas ao futuro. Isso reforça a ideia de que a inteligência da cidade não se reduz ao uso de tecnologia, mas inclui a capacidade de articular instrumentos de gestão capazes de promover bem-estar coletivo e responsabilidade socioambiental.

Neste trabalho, considera-se cidade inteligente aquela que integra tecnologia, planejamento urbano sustentável e participação cidadã, assegurando o direito à cidade a todos os habitantes. Isso implica revisar elementos estruturais, como a organização do uso do solo, a mobilidade, o meio ambiente urbano e a própria gestão fiscal, de modo que atuem de forma coordenada. Essa compreensão aproxima o conceito de cidade inteligente das noções de cidade sustentável e cidade resiliente, mas enfatiza que o uso qualificado de informações e de instrumentos de gestão, não apenas de tecnologia digital, desempenha papel central na transformação urbana.

Ao lado do componente tecnológico e ambiental, a discussão de cidades inteligentes precisa incorporar a dimensão social e política expressa na ideia de direito à cidade. Formulado originalmente por Lefebvre (2006), o direito à cidade é entendido como o direito de todos os cidadãos a participar da vida urbana e influenciar as decisões sobre o espaço em que vivem. Trata-se de um direito coletivo, que ultrapassa a mera provisão de serviços urbanos. Harvey (2012) retoma essa ideia ao afirmar que o direito à cidade é, em última instância, o direito de reinventar a cidade de forma mais justa, resgatando-a como obra coletiva dos seus habitantes e não como simples mercadoria.

No contexto brasileiro, o direito à cidade adquire particular relevância diante das profundas desigualdades socioespaciais que caracterizam a urbanização. A formação das cidades tem sido marcada pela coexistência de áreas centrais bem equipadas em termos de infraestrutura, serviços e oportunidades, ao lado de periferias historicamente desprovidas de condições básicas de habitabilidade. Santos, Dias e Arruda (2020) ressaltam que os moradores de favelas, cortiços e loteamentos precários

devem ser reconhecidos como sujeitos políticos desse direito, o que implica sua inclusão efetiva nos processos de decisão sobre o território e a construção de políticas urbanas que garantam acesso à moradia digna, saneamento, mobilidade e um ambiente saudável. Nessa perspectiva, uma cidade inteligente não se define apenas pela presença de tecnologias avançadas, mas por sua capacidade de enfrentar a exclusão socioespacial e promover justiça urbana, fortalecendo a autonomia e o protagonismo das comunidades marginalizadas.

Nesse sentido, a Constituição de 1988 estabelece que a propriedade deve cumprir uma finalidade social, princípio reiterado no art. 182, §2º, ao afirmar que sua realização se dá quando o uso da propriedade atende às exigências do plano diretor municipal (Brasil, 1988). O Estatuto da Cidade detalha as diretrizes para que os municípios assegurem essa função, oferecendo instrumentos como parcelamento, edificação ou utilização compulsória de imóveis ociosos e o IPTU progressivo no tempo (Brasil, 2001).

Em termos práticos, isso significa que o uso do solo urbano deve produzir benefícios coletivos. Um terreno vazio situado em área dotada de infraestrutura, por exemplo, não pode permanecer improdutivo, sob pena de contrair medidas de indução e sanção destinadas a garantir que cumpra sua finalidade social. Essa lógica afirmativa rompe com a visão da propriedade como direito absoluto e desloca o foco para seu papel no desenvolvimento urbano justo e inclusivo.

Recentemente, essa noção de função social ampliou-se para abarcar a dimensão ambiental, consolidando a ideia de função socioambiental da propriedade. Isso reflete o entendimento de que a promoção do bem-estar coletivo nas cidades envolve necessariamente a tutela do meio ambiente urbano, dada a relação intrínseca entre qualidade ambiental e qualidade de vida.

Veronese (2009) argumenta que políticas públicas tributárias podem desempenhar um papel significativo nesse campo, legitimando práticas de responsabilidade socioambiental. Ao invés de confiar apenas em coerção legal, o poder público pode estimular proprietários a agirem de forma ambientalmente responsável por meio de benefícios fiscais ou creditícios, reforçando uma cultura de compromisso voluntário com o bem comum. Nesse cenário, o IPTU Verde apresenta-se como uma ferramenta capaz de articular interesses individuais e coletivos, ao oferecer benefícios tributários a proprietários que adotem práticas ambientalmente responsáveis, busca-se incentivar escolhas privadas que contribuam para a qualidade ambiental urbana como um todo, aproximando o objetivo de reduzir o valor do imposto da meta pública de construir uma cidade ecologicamente equilibrada.

2. Tributação Extrafiscal e Instrumentos Ecológicos

Segundo o Atlas de Saneamento do IBGE (2021), em grandes regiões metropolitanas brasileiras mais de 70% da superfície urbanizada encontra-se impermeabilizada, contribuindo para aumento de enchentes, enxurradas e sobrecarga da drenagem urbana. Dados do INMET (2023) indicam que, em várias capitais, a temperatura média anual aumentou entre 1,5°C e 2,3°C

nas últimas três décadas, efeito associado à intensificação das ilhas de calor e à redução de áreas verdes. Esses indicadores reforçam a relevância de instrumentos de gestão urbana que incentivem permeabilidade, arborização e eficiência ambiental dos imóveis.

Estudos sobre tributação ambiental no Brasil indicam que instrumentos fiscais podem favorecer a compatibilização entre desenvolvimento econômico e sustentabilidade quando calibrados a partir de critérios claros e monitoramento contínuo (Seroa da Motta, 2016; OECD, 2020). A tributação extrafiscal caracteriza-se pela utilização deliberada de tributos com finalidade de induzir comportamentos, operando para além da arrecadação. No campo ambiental, essa atuação pode manifestar-se tanto na criação de tributos ecológicos, destinados a desestimular práticas poluidoras, quanto na concessão de incentivos fiscais voltados a estimular práticas sustentáveis (Cortez; Goldemberg, 2025).

Os primeiros incluem, por exemplo, cobranças sobre atividades que geram emissões ou resíduos, de modo a internalizar seus custos ambientais. Já os incentivos fiscais verdes operam no sentido inverso: reduzem o ônus tributário de quem adota ações de proteção ambiental, reconhecendo benefícios coletivos decorrentes dessas condutas. Ambos os instrumentos se fundamentam em princípios econômicos consolidados. O princípio do poluidor-pagador estabelece que quem gera impacto ambiental negativo deve assumir os custos correspondentes. O princípio do protetor-recebedor propõe que quem conserva ecossistemas ou presta serviços ambientais positivos possa receber alguma forma de compensação, como benefícios tributários.

No Brasil, o uso de tributos ambientais com finalidade predominantemente extrafiscal ainda se encontra em processo de consolidação, embora já existam experiências significativas. Um exemplo disso, é o Cide-Combustíveis que eleva o custo de combustíveis fósseis, incorporando uma lógica de desestímulo ao seu consumo. Ademais, o ITR prevê redução ou isenção quando há preservação de áreas de vegetação nativa em propriedades rurais. No âmbito municipal, iniciativas como o IPTU Verde, IPTU Ecológico ou denominações equivalentes representam adaptações locais dessa lógica, vinculando benefícios no imposto urbano à adoção de práticas como plantio de árvores, captação de água de chuva, uso de energia solar ou manutenção de áreas permeáveis. A expansão desses programas indica que os municípios brasileiros têm reconhecido a política fiscal como parte do conjunto de instrumentos de gestão ambiental urbana, capaz de articular o uso do solo, a preservação de recursos naturais e o direito à cidade de forma integrada.

Segundo Maganhini (2006) e Trennepohl (2008), a extrafiscalidade ambiental é um importante instrumento de compatibilização entre desenvolvimento econômico e proteção ambiental, pois permite "inverter" a lógica tradicional: pois ao invés de somente punir o infrator após o dano, cria-se um estímulo para prevenir o dano antes que ele ocorra. Por exemplo, em vez de esperar que um imóvel impermeabilize todo o solo e cause enchentes para então multar o proprietário, pode-se conceder um desconto de IPTU

se ele voluntariamente mantiver uma parcela do terreno permeável ou instalar um jardim de chuva. Essa mudança de postura – de reativa para proativa – é considerada mais eficaz a longo prazo, pois atua na mudança de cultura e comportamento dos agentes (Trennepohl, 2008). Desta forma, ao incentivar ações sustentáveis dos contribuintes, o governo divide a responsabilidade ambiental com a sociedade, tornando os cidadãos aliados na promoção da sustentabilidade nas cidades.

Diversos autores destacam que esses incentivos precisam ser amplamente divulgados e compreendidos para produzir resultados (Watson, 2009; Cunha; Martinez; Nossa, 2013). Um problema recorrente é a falta de conhecimento da população sobre a existência do benefício ou sobre os procedimentos necessários para acessá-lo, o que pode reduzir a adesão inicial. No estudo de Cunha, Martinez e Nossa (2013), observou-se que, no primeiro ano do IPTU Verde em Vila Velha (ES), nenhum contribuinte solicitou o desconto, provavelmente por desconhecimento da legislação municipal. Somente após campanhas de informação e esclarecimento começaram a surgir os primeiros pedidos. Esse caso indica que a criação formal do incentivo não é suficiente; torna-se necessário investir em educação ambiental, capacitação administrativa e simplificação de processos para que o benefício seja efetivamente utilizado.

Outro ponto relevante na formulação de instrumentos fiscais de caráter ecológico é a mensuração do impacto extrafiscal. Enquanto a arrecadação é expressa em valores monetários, os efeitos extrafiscais são avaliados por indicadores ambientais e sociais, como número de árvores plantadas, redução no consumo de energia ou água e preservação de áreas permeáveis. Para justificar a continuidade e ampliação do programa, gestores precisam monitorar e divulgar esses resultados. Em algumas cidades, há exigência de relatórios anuais sobre renúncia de receita e benefícios ambientais decorrentes do IPTU Verde.

Por fim, a adoção de instrumentos tributários ecológicos dialoga com debates mais amplos sobre reforma tributária e federalismo fiscal no Brasil. A PEC 13/2019 e discussões posteriores sugeriram a necessidade de incorporar parâmetros de sustentabilidade ao sistema tributário, estimulando práticas ambientalmente responsáveis e desestimulando atividades poluentes. Apesar do avanço gradual dessas propostas, experiências municipais já apresentam resultados e desafios da tributação verde. Esses municípios atuam como espaços de experimentação fiscal, explorando soluções que combinam finalidade extrafiscal e uso de dados urbanos para orientar intervenções. Assim, a tributação ecológica voltada à função socioambiental da propriedade integra processos mais amplos de gestão urbana baseada em informação e planejamento.

3. IPTU Verde como Inovação Fiscal para Cidades Sustentáveis

3.1 Modelos e Experiências de IPTU Verde nos Municípios

A implementação do IPTU Verde no Brasil desenvolveu-se de maneira descentralizada, refletindo tanto a autonomia municipal quanto as distintas prioridades ambientais e urbanas de cada localidade. Desde o final dos anos

2000, diferentes cidades têm concedido incentivos fiscais vinculados à adoção de práticas sustentáveis, ainda que sob diferentes nomenclaturas e formatos.

Em linhas gerais, observa-se a consolidação de um modelo voltado à arborização e à permeabilização do solo, no qual se oferecem descontos a imóveis que mantenham ou ampliem áreas verdes e superfícies permeáveis. Nessa configuração, o contribuinte pode obter redução no imposto mediante o plantio e a preservação de árvores ou pela manutenção de áreas permeáveis em seu terreno, o que tende a favorecer a cobertura vegetal urbana. Esse tipo de política costuma apresentar melhores resultados quando os requisitos são simples, de fácil comprovação e não exigem investimentos elevados por parte do proprietário, o que contribui para maior adesão. Para as administrações municipais, o impacto fiscal tende a ser moderado, especialmente quando há critérios bem definidos e mecanismos de avaliação periódica dos efeitos ambientais da medida.

O segundo modelo relaciona o benefício fiscal a padrões mais amplos de sustentabilidade em edificações. Salvador (BA), Guarulhos (SP), São Paulo (SP) e Florianópolis (SC) estruturaram programas em que cada medida sustentável adotada pelo imóvel corresponde a uma pontuação, cujo total define o percentual de desconto. Em Salvador, a Lei 8.655/2014 inspirou-se em protocolos de certificação ambiental como o LEED, definindo critérios que incluem eficiência energética e gestão hídrica (Azevedo, 2017). Esses programas, entretanto, tendem a favorecer empreendimentos de maior porte, capazes de custear reformas ou projetos construtivos aderentes às exigências técnicas, o que limita a participação de pequenos proprietários e pode gerar desigualdade no acesso ao benefício.

Alguns municípios têm buscado modelos híbridos, ampliando progressivamente o escopo das medidas aceitas. Curitiba (PR) passou a incluir energia renovável e gestão de resíduos; Manaus e Porto Alegre concederam benefícios para conservação de nascentes e matas; São Bernardo do Campo (SP) e Sorocaba (SP) incorporaram critérios de eficiência energética na habitação. Há também revisões legislativas orientadas para ampliar o alcance social dos programas, como a mudança em Vila Velha (ES) que estendeu os descontos para imóveis edificados, após constatar a limitação do modelo inicial (Cunha; Martinez; Nossa, 2013). Em São Carlos (SP), a combinação entre regulamentação clara, critérios simples e divulgação efetiva resultou em adesão crescente e é frequentemente citada como caso de sucesso.

No conjunto, a experiência brasileira indica que o IPTU Verde pode funcionar como instrumento extrafiscal de estímulo à sustentabilidade urbana, desde que calibrado às condições ambientais, socioeconômicas e fiscais de cada município.

4. Desafios na Implementação do IPTU Verde

A implementação do IPTU Verde, embora promissora como instrumento de indução a práticas sustentáveis, enfrenta um conjunto de desafios legais, administrativos, fiscais, sociais e operacionais que

influenciam sua efetividade. A literatura destaca que aprovar a lei é apenas o passo inicial, uma vez que a aplicação depende de regulamentação adequada, capacidade institucional e articulação entre órgãos municipais.

O primeiro obstáculo refere-se à regulamentação e à burocracia administrativa. Muitos municípios aprovam leis de IPTU Verde, mas não editam decretos ou portarias que definam de forma clara critérios, documentos necessários e fluxos de análise. Em ausência dessa normatização, o benefício torna-se de difícil acesso para o contribuinte, gerando subutilização da política (Cunha; Martinez; Nossa, 2013). Ademais, procedimentos excessivamente complexos, como a exigência de laudos técnicos caros ou de várias certificações, acabam funcionando como barreiras à participação. A literatura indica como alternativa a criação de balcões únicos de atendimento, o uso de sistemas eletrônicos simplificados e o estabelecimento de parcerias com instituições ambientais e universidades para oferecer apoio técnico.

O segundo desafio envolve divulgação e conscientização. O desconhecimento da existência do benefício e dos requisitos para acessá-lo reduz significativamente a adesão. Experiências de municípios como São Carlos (SP) e Guarulhos (SP) sugerem que campanhas públicas, oficinas comunitárias, materiais informativos acessíveis e divulgação de casos concretos de economia de imposto aumentam o engajamento. A educação ambiental é componente central desse processo. O IPTU Verde precisa ser apresentado não apenas como um desconto no imposto, mas como um instrumento de corresponsabilidade entre moradores e administração pública na construção de cidades sustentável.

O terceiro elemento crítico é o equilíbrio fiscal. A concessão de incentivos implica renúncia de receita e pode gerar resistência das áreas fazendárias, sobretudo em municípios com baixa arrecadação própria. Estudos empíricos indicam, porém, que a renúncia tende a ser relativamente limitada quando os programas são desenhados com parâmetros graduais e limites explícitos (Azevedo, 2017). Há ainda o argumento de que melhorias ambientais e arquitetônicas valorizam o imóvel e podem ampliar a base tributária no médio e longo prazo (Cortez; Goldemberg, 2025). Práticas como descontos decrescentes ao longo dos anos ou limites máximos de percentual de abatimento são estratégias adotadas para mitigar riscos fiscais.

O quarto desafio refere-se ao monitoramento e à efetividade. A administração municipal deve verificar se as condições que justificaram a concessão do benefício são mantidas. Isso exige renovação periódica, inspeções amostrais ou comprovações anuais, gerando custos administrativos. Para reduzir tais custos, algumas legislações preveem períodos mínimos de manutenção das práticas ambientais ou sanções em caso de descumprimento. Além disso, avaliar a efetividade substantiva da política é essencial: quando o incentivo depende de investimentos iniciais elevados, como sistemas de energia solar, o poder público pode precisar combinar o IPTU Verde com linhas de crédito subsidiadas ou programas de cooperativismo energético para ampliar a adesão.

Outro ponto relevante é a abrangência social. Se a adesão ficar concentrada em grupos de maior renda, o programa corre o risco de reforçar desigualdades. Alternativas já praticadas incluem descontos diferenciados para habitação de interesse social, apoio técnico gratuito em bairros periféricos e distribuição de mudas e orientações, como observado em iniciativas de Manaus. Tais medidas ampliam o alcance social da política e reforçam seu caráter inclusivo.

Por fim, há a questão da segurança jurídica. Embora o IPTU Verde se apoie na extrafiscalidade tributária e em objetivos de proteção ambiental, a gestão municipal deve observar as exigências da Lei de Responsabilidade Fiscal, incluindo estimativas de impacto financeiro e medidas compensatórias. Quando esses requisitos são atendidos, os programas tendem a apresentar menor risco de contestação e maior estabilidade institucional.

Portanto, os desafios do IPTU Verde não decorrem da ideia em si, mas de seu desenho e implementação. Experiências municipais indicam que a articulação intersetorial, o planejamento administrativo e o compartilhamento de boas práticas são determinantes para o sucesso da política. A consolidação de ferramentas digitais e georreferenciamento tem se mostrado, inclusive, estratégia relevante para monitoramento e gestão (Marinho; Cintra, 2019). Assim, a superação desses desafios é parte integrante da construção de cidades sustentáveis e socialmente inclusivas.

Conclusão

A discussão sobre o IPTU Verde evidencia seu potencial de reorientar a tributação urbana em direção a um modelo que combina sustentabilidade, participação social e inovação administrativa. Ao se afastar de uma concepção meramente arrecadatória, o IPTU Verde se insere em um movimento internacional que busca alinhar finanças públicas e metas ambientais, conforme sugerido na literatura (Nascimento; Souza, 2025) e reforçado pela EC 115/2022, que introduziu de forma mais explícita a variável ambiental como diretriz constitucional. Tal instrumento não se limita a reduzir o imposto de determinados contribuintes, mas opera como catalisador de mudanças culturais sobre o valor das práticas sustentáveis no espaço urbano. Estudos como o de Rossi e Moreira (2022) indicam que incentivos fiscais ambientais ajudam a incorporar, na percepção social, o entendimento de que áreas verdes, sistemas de reuso de água e energia renovável representam investimentos coletivos, não apenas custos individuais.

Experiências municipais no Brasil mostram que, quando o desenho institucional é acessível e articulado com ações de educação ambiental e participação da comunidade, os efeitos positivos tendem a se ampliar. Nesses casos, observa-se aumento da cobertura vegetal, maior engajamento de moradores e integração do incentivo fiscal a outras políticas, como eficiência energética e gestão de resíduos, fortalecendo a gestão ambiental local. Por outro lado, programas estruturados de forma restrita, voltados apenas a empreendimentos certificados de padrão elevado, tendem a limitar o alcance social da medida e reduzir seus impactos coletivos. Dessa forma, a eficácia da política depende de um processo contínuo

de monitoramento e reformulação, de modo a manter a coerência entre objetivos ambientais, capacidade fiscal do município e equidade no acesso ao benefício.

Do ponto de vista da administração financeira, os dados disponíveis sugerem que os impactos na arrecadação municipal tendem a ser graduais e controláveis, sobretudo quando há planejamento e mecanismos de limitação e revisão periódica. Além disso, há potencial de ganhos indiretos decorrentes da valorização dos imóveis e da redução de custos públicos associados a problemas ambientais urbanos, como enchentes e ilhas de calor (Cortez; Goldemberg, 2025).

Portanto, o IPTU Verde constitui uma ferramenta relevante na construção de cidades inteligentes e sustentáveis, na medida em que articula incentivo econômico, justiça socioambiental e corresponsabilidade entre Estado e cidadãos. Seu sucesso, contudo, depende de continuidade institucional, integração com outras políticas urbanas e compromisso com a inclusão social. Quando esses elementos convergem, o imposto deixa de ser apenas tributo e torna-se instrumento de transformação do modo de viver e produzir a cidade.



Referências

AZEVEDO, T. C. Tributação municipal como incentivo ao desenvolvimento sustentável nas cidades: o caso do "IPTU Verde" de Salvador. 2017. 299 f. Tese (Doutorado em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Social) – Universidade Católica do Salvador, Salvador, 2017. Disponível em: https://ri.ucsal.br/items/52720164-27d1-4c7d-97d7-0f7fd7f0c0de. Acesso em: 05 nov. 2025.

BARRETO, R. S.; NASCIMENTO, M. A.; LIMA, T. C. Governança fiscal e cidades inteligentes. São Paulo: Editora EcoPolis, 2021. Disponível em: https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/download/9382/6687/23364). Acesso em: 05 nov. 2025.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Estatuto da Cidade. Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.

CORTEZ, M.; GOLDEMBERG, J. Tributação verde e desenvolvimento urbano. Revista Cidades Sustentáveis (São Paulo), v. 14, n. 2, p. 56–72, 2025.

CUNHA, D. S. A.; MARTINEZ, A. L.; NOSSA, V. Incentivos fiscais verdes e tributação extrafiscal: estudo sobre o IPTU Verde no município de Vila Velha (ES) comparativamente a outros municípios. Revista RRCF (Fortaleza), v.4, n.1, p.80–98, 2013. Disponível em: https://url-shortener.me/90ET Acesso em: 06 nov. 2025.

FOLLONI, André. Isonomia na tributação extrafiscal. Revista de Direito da Cidade, v. 8, n. 2, p. 183-204, 2016. Disponível em:https://www.scielo.br/j/rdgv/a/5F3Q4kxBn3nzQD47x8gMC/?format=pdf&lang=pt.Acesso em: 06 nov. 2025.

HARVEY, D. Rebel Cities: From the Right to the City to the Urban Revolution. London: Verso, 2012.

IBGE. Atlas de Saneamento 2021. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. https://www.ibge.gov.br/geociencias/atlas/tematicos/16365-atlas-de-saneamento.html. Acesso em: 06 nov. 2025.

INMET. Relatório de Tendências Climáticas Urbanas. Brasília: INMET, 2023. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/noticias/s?noticias=mudan%C3%A7as+clim%C3%A1ticas. Acesso em: 06 nov. 2025.

LEFEBVRE, Henri. O Direito à Cidade. São Paulo, Centauro, 2006.

MAGANHINI, T. Extrafiscalidade ambiental: um instrumento de compatibilização do desenvolvimento econômico e o meio ambiente. In: Anais do I Encontro de Estudos Tributários – ENET. Londrina: IDT, 2006. Disponível em: https://dspace.unimar.br/server/api/core/bitstreams/a88d7cd2-5363-4506-84e0-19e38e72ad0f/content. Acesso em: 06 nov. 2025.

MARINHO, A.; CINTRA, R. A aplicação do georreferenciamento na gestão tributária municipal: estudo de caso sobre o IPTU. Encontros Universitários da UFC (Fortaleza), 2019. Disponível em: https://periodicos.ufc.br/eu/article/view/57136. Acesso em: 06 nov. 2025.

MIGNOLO, W.; WALSH, C. On Decoloniality: Concepts, Analytics, Praxis. Durham: Duke University Press, 2018.

NASCIMENTO, D. A. M.; SOUZA, W. de J. Da inadimplência à oportunidade de inovação: o potencial do IPTU Verde para a reforma tributária e a transformação sustentável das cidades. Revista Foco, v.18, n.8, e9382, p.01–16, 2025. Disponível em em: https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/9382. Acesso em: 06 nov. 2025.

OECD. Taxing Energy Use 2020: Country Profiles. Paris: OECD Publishing, 2020.

OLIVEIRA, R.; HORVATH, E. Manual de direito financeiro. São Paulo: Ed. Revista dos Tribunais, 2002. Disponível em: https://www.oecd.org/en/publications/taxing-energy-use_9789264183933-en.html. Acesso em: 05 nov. 2025

QUIJANO, A. Colonialidad del poder, eurocentrismo y América Latina. Buenos Aires: CLACSO, 2005.

REZENDE, Fernando. Federalismo fiscal no Brasil. Brazilian Journal of Political Economy, v. 15, n. 3, p. 297-310, 1995. Disponível em: https://centrodeeconomiapolitica.org/repojs/index.php/journal/article/view/1244. Acesso em: 05 nov. 2025

ROSSI, R.; MOREIRA, F. O impacto dos tributos verdes na cultura ambiental urbana. Revista Tributária Sustentável (Recife), v. 18, n. 3, p. 45–67, 2022.

SANTOS, M. L.; DIAS, F. S.; ARRUDA, C. R. O direito à cidade e os sujeitos periféricos. Belo Horizonte: Nankin Editorial, 2020.

SCHOUERI, Luís Eduardo. Direito Tributário. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2019, pp. 20-32.

SEROA DA MOTTA, Ronaldo. Tributação e meio ambiente no Brasil. Brasília: IPEA, 2016.

TRENNEPOHL, T. Incentivos fiscais no direito ambiental. São Paulo: Saraiva, 2008.

VERONESE, T. As políticas públicas tributárias à luz da responsabilidade socioambiental empresarial. In: Anais do XVIII Congresso Nacional do CONPEDI. São Paulo, 04–07 nov. 2009. 009. Disponível em: https://www.publicadireito.com.br/conpedi/manaus/arquivos/Anais/sao_paulo/2542.pdf. Acesso em: 05 nov. 2025.

VILALVA, F. Reforma tributária e extrafiscalidade ambiental no Brasil. Revista de Direito Público (Brasília), v. 32, n. 1, p. 11–28, 2024.

fundação Juntos podemos
construindo pontes, transformando a política

Missão Barcelona

BLOCKCHAIN COMO SOLUÇÃO DE GOVERNANÇA E SEGURANÇA: OS DESAFIOS NA GESTÃO DE DADOS DAS CIDADES INTELIGENTES

Blockchain as a Governance and Security Solution: Challenges in Data Management in Smart Cities

Autor: *Guilherme Barcellos Anhê* [8]

Resumo:

O avanço das Cidades Inteligentes, impulsionado pela Indústria 4.0 e pela proliferação da Internet das Coisas (IoT), gera um volume massivo de dados que apresenta desafios significativos de segurança, privacidade e vulnerabilidade. O risco de uma "cidade hackeável" exige novas técnicas de governança de dados. Este artigo posiciona a tecnologia *blockchain* como uma solução abrangente para esses desafios. Analisamos os fundamentos do *blockchain*, incluindo seus mecanismos de consenso, prova de trabalho (PoW) e encadeamento criptográfico, que garantem a segurança. As características principais do *blockchain* são: descentralização, imutabilidade, transparência, validação e automação. São ferramentas essenciais para resguardar a privacidade e a integridade dos dados urbanos.

Palavras-Chave:

Blockchain. Cidades Inteligentes. Internet das Coisas (IoT). Segurança da Informação. Privacidade. Governança de Dados. Autopoiese Urbana. Smart Contracts.

Abstract:

The advancement of Smart Cities (SCs), driven by Industry 4.0 and the proliferation of the Internet of Things (IoT), generates a massive volume of data that presents significant security, privacy, and vulnerability challenges. The risk of a "hackable city" demands new data governance techniques. This article positions blockchain Technology (BCT) as a comprehensive solution for these challenges. We analyze the fundamentals of blockchain, including its consensus mechanisms, proof-of-work (PoW), and cryptographic chaining, which ensure security. The main characteristics of blockchain are: decentralization, immutability, transparency, validation, and automation. These are essential tools for safeguarding the privacy and integrity of urban data.

Keywords:

Blockchain. Smart Cities. Internet of Things (IoT). Information Security. Privacy. Data Governance. Urban Autopoiesis. Smart Contracts.

[8]Advogado e Professor. Bacharel em Direito e Mestre em Administração Pública pela FGV EAESP. Ocupou cargos públicos em estatais, no Estado e no Município de São Paulo. Atua no assessoramento parlamentar e na gestão pública.

Introdução

A ascensão das cidades inteligentes representa uma das transformações urbanas mais significativas da era moderna gerando um paradoxo: na medida em que os centro vão se modernizando tornam-se mais vulneráveis.

O conceito de cidades inteligentes não é monolítico e evoluiu desde os anos 70 referente à cidades ligadas ciberneticamente até o presente conceito com o ser humano como centro e enfatizando a governança participativa como centro.

É crucial compreender que os pilares Internet das Coisas (IoT), *big data,* conectividade e inteligência artificial formam uma pilha tecnológica interdependente e consequentemente uma cadeia de vulnerabilidade, pois a camada propícia para ataque é extensa e diversa.

O ápice dessa arquitetura de vulnerabilidade é o conceito de "cidade hackeável". Conforme definido por Bibri (2017), uma cidade hackeável é aquela com "muitas vulnerabilidades" que permitem que seus dados sejam "interceptados por pessoas mal-intencionadas".

Esses exemplos ilustram uma mudança fundamental na natureza do risco cibernético. Em arquiteturas de TI tradicionais, um ataque resulta em perda de dados ou prejuízo financeiro. Na "cidade hackeável", a tecnologia da informação é a infraestrutura operacional física. Um ataque cibernético contra o sistema de gestão de tráfego ou contra a rede de água não é mais um "ataque de computador"; é um ataque direto e físico contra a cidade.

A fronteira entre segurança cibernética e segurança pública efetivamente se dissolve. O impacto de uma violação bem-sucedida deixa de ser medido em bytes roubados e passa a ser medido em "potenciais perdas de vidas". Este cenário de alto risco expõe a inadequação dos modelos de segurança centralizados tradicionais e exige uma nova infraestrutura de governança e confiança.

A tecnologia *blockchain* transcende a função de um banco de dados seguro; ela atua como um motor de governança executável. Isso é alcançado através da integração de smart contracts (contratos inteligentes) com a camada física de sensores da cidade (IoT), permitindo um novo modelo de gestão urbana automatizada.

1. Cidades Inteligentes: Conceitos e Definições

O termo cidades inteligentes, segundo Bibri (2017) está vinculado a conceitos da década de 70 com as cidades planejadas ciberneticamente e na década de oitenta com o surgimento das cidades cabeadas impulsionadas pelo movimento smart growth traduzido como crescimento inteligente e na década de noventa ganha força principalmente com base em soluções tecnológicas voltadas para energia, transporte, infraestrutura física desenvolvimento econômico e prestação de serviços.

Wu et al., (2023) ensina que o desenvolvimento das cidades inteligentes ocorreu principalmente com o nascimento das casas inteligentes que eram dotadas de dispositivos linkados à internet e depois sendo aproveitados em espaços mais amplos como cidades. O desenvolvimento destes sistemas de sensores nas casas,

segundo Soshana Zuboff (2019) ocorre com a busca por tecnologias informacionais cada vez mais avançadas, principalmente com o google como player, com a finalidade principal de obter dados dos moradores para que as empresas de tecnologia pudessem acessar seus dados comportamentais cotidianos.

Os conceitos de cidade inteligente formulados na literatura são inúmeros, sob vários prismas, sem uma uniformidade. Hollands (2008) critica o rótulo dado às cidades inteligentes por falta de um entendimento claro. Continua argumentando que a rotulam de cidades inteligentes, cidades criativas, cidades inovadoras geralmente com a ligação a dispositivos tecnológicos informacionais pura e simplesmente. Esse rótulo que não passaria de uma tendência da moda e do marketing e sem relevância, e como consequência verifica-se que todas as cidades acabam se considerando inteligentes, afinal que cidade não gostaria de ser chamada de inteligente, cultural ou inclusiva?

De fato, chamar uma cidade de inteligente apenas por possuir dispositivos de controle e tecnologia de ponta para o controle e gestão confere razão ao argumento citado. Cidades inteligentes para muitos autores também deve ser aquela que é voltada na centralidade do ser humano.

Enfim, embora a celeuma, hoje de fato os conceitos mais utilizados como Caragliu, Del Bo e Nijkamp (2009) de fato consideram as tecnologias conjuntamente com um aspecto humanístico. Batty, et al, (2012) segue esta linha de pensamento e vai além, revela que as cidades inteligentes, além da sua capacidade de transmissão de informação funde institutos tradicionais à tecnologia revelando novo patamar de desenvolvimento, ou seja, as cidades inteligentes não apenas controlam por dispositivos, mas promovem a integração de métodos tradicionais à tecnologia.

Além das estruturas tradicionais e geralmente debatidas em qualquer estudo sobre cidades inteligentes é salutar que se revele a importância de uma governança robusta em todos os seus aspectos.

Neste sentido insere-se a governança participativa, que segundo Batty et al. (2012) que é consistente no desenvolvimento de tecnologias que permitam a participação das pessoas de forma online e móvel e que as permita auxiliar na tomada de decisão de forma massiva e engajada. Segundo Bibri (2017) a tecnologia da informação além de participativa, deve ser inclusiva, democrática e transparente focada no ser humano e no social.

A governança é um conceito chave na visão atual das cidades inteligentes e mais atual na literatura e estudos na atualidade. Joss (2019) enfatiza principalmente a relevância da governança no que diz respeito à melhoria das infraestruturas e sua modernização e planejamento redundando em uma agenda transformativa vencendo modelos ultrapassados e redundando em maior participação popular, ou seja, a governança transforma a tecnologia em um meio para atingimento de um fim.

Portanto, neste modelo há grandes desafios e riscos que Bibri (2017) elenca como desafio o elevado processamento de dados, integração e qualidade destes dados,

custo e estabilidade no seu processamento e como riscos elenca riscos ambientais, riscos sociais e riscos de governança e ética. É neste momento que atinge-se o ápice argumentativo deste trabalho.

O risco da governança reside principalmente em conciliar toda a evolução destas cidades com a segurança da informação obtida. Bibri (2017) chama de cidade hackeável aquela que tem muitas vulnerabilidades e que pode ter seus dados interceptados por pessoas mal-intencionadas.

Esta garantia é um grande desafio, posto que as informações devem ser agrupadas e tratadas de forma integrada e ainda resguardadas por algum método ou técnica eficaz e que não seja vulnerável.

2. Privacidade e o Mundo Moderno: O Problema da Vulnerabilidade

O problema da vulnerabilidade dos métodos de segurança da informação são um dos que mais preocupam os Gestores, técnicas que possam conciliar eficiência e segurança são cada vez mais importantes e por isso importante que se consiga soluções para resguarda-la.

A guarda de informações é um problema essencial e de acordo com Malik (2023) a abordagem de sistemas que possam garantir sua integridade e segurança é cada vez mais estudada inclusive em temas como economia, saúde, gestão e sistemas como o *blockchain* vem ganhando cada vez mais aplicabilidade com aplicação desde a utilização da Internet das coisas.

3. *Blockchain* e Sua Relevância Para Resguardar a Privacidade

Ensina Leng et al (2020) que com a revolução da indústria 4.0 é vivenciado um verdadeiro boom de dispositivos dotados de IoT o que cada vez mais traz à tona questões desafiadoras relacionadas a segurança, privacidade e sustentabilidade, revelando a necessidade de soluções.

A tecnologia *blockchain*, segundo Malik (2023) é cada vez mais alvo de investigação para utilização como resguardo à informação ante a ameaças cibernéticas. Continua explicando que a tecnologia que inicialmente foi utilizada com o intuito de resguardar o financiamento coletivo e a propriedade inteligente em criptomedas passou a ser aplicado em outas situações.

A integração da tecnologia rapidamente foi propagada de forma a integrar a Internet das Coisas (IoT) em diversos campos como técnica de segurança da informação, gerenciamento de dados por permitir a interoperabilidade sintática e semântica entre sistemas, o que é um grande problema, tendo em vista a complexidade e quantidade de dados, no entanto, sendo consequentemente um dos pontos fortes do *blockchain* (Malik, 2023).

Escreve Babich (2019) que a capacidade de automação desta tecnologia e possiblidade de executar certas transações automaticamente em condições pré-especificadas a torna extremamente eficiente e como método de garantir a privacidade pela sua tokenização e garantia de integridade é o seu maior ponto forte pois é extremamente difícil alterar os dados obtidos.

Nas cidades inteligentes não é diferente, sua imensurável gama de sensores e comunicação sem fio e ampla estrutura podem causar certa criticidade na segurança das informações, sendo muito relevante um ecossistema que funcione de forma conjunta garantindo sua autenticação, interoperação, confidencialidade, integridade e é justamente a justificativa do *blockchain* (Rejeb, *et al,* 2022)

Como método de enfrentamento surge o *blockchain*, que é considerada o suprassumo do "desenvolvimento de última geração de tecnologia da informação" (Leng et al., 2020, p.2) sendo uma saída relevante para superar as dificuldades ante todos os dados que se amontoam nos servidores nos municípios.

3.1 A Solução Proposta: O Potencial do Blockchain

O que justifica que a tecnologia tratada neste é a solução para o tratamento e governança de dados nas Smart Cities? O criador do *blockchain*, Satoshi Nakamoto (2008) criou-o como um mecanismo de garantia que eliminava os bancos intermediários nas transações financeiras com bitcoin no qual blocos que representavam transações financeiras somente com as respectivas assinaturas em cadeia conferindo a veracidade das transações no qual um computador participante da cadeia executada de ponto a ponto funcipnando como duplas autorização e apenas elas alteram os blocos mediante autorização de um nó que checa e entra em contato com outros nós validando as transações em bloco tornando todas as transações confiáveis.

A tecnologia *blockchain* tem como característica a rastreabilidade e a transparência redundando em majoração da sustentabilidade da rede, bem como oferecendo um mecanismo descentralizado e consequentemente melhorando questões como confiança, segurança cibernética e confidencialidade (Leng, et al, 2020)

Babich (2019) salientou as cinco forças da tecnologia ao ser empregada: visibilidade ou transparências nas transações, validação na qual após validada a informação torna-se impossível de ser adulterada, automação na qual certas transações podem ocorrer automaticamente de acordo com as condições preestabelecidas e resiliência na qual o banco de dados *blockchain* é tolerante a faltas porque replicado em cada nó assegurando a informação após incidentes cibernéticos ou desastres naturais.

Em que pese ser muito seguro e totalmente coberto por cripotrafia cujas chaves de acesso ao conteúdo ocorre apenas quando dois nós verdadeiros se somam, ainda assim possui algumas vulnerabilidades (Babich, 2019).

Burno Junior e Meleiro (2019) em pesquisa bibliométrica encontraram 148 artigos revisados por pares em 2019 com o tema *blockchain* e cidades inteligentes, revelando que já nesta época o tema era muito relevante na base Scopus. Atualmente, após verificação na mesma base de dados, foi constatada uma produção de 1985, ou seja, um aumento exponencial, revelando a importância do tema, com uma incidência principalmente em áreas de conhecimento como computação, engenharia, energia e governança urbana.

3.2 Blockchain e sua inserção nas cidades inteligentes: Desafios de IoT, Sustentabilidade e Governança

Sobre a segurança e confiabilidade da tecnologia ora em estudo, ensinam Hasting e Sodhi (2019), que em boa parte devido à sua utilização na iniciativa privada problemas como práticas ilícitas e desempenho de sustentabilidade reduziram demasiadamente, coibindo fraudes, adulteração de produtos dentre outras situações, tendo em vista a criptografia inserida em cada nó, e o encadeamento que ocorre em cada bloco de informação gerada pelo *blockchain* tornando-o extremamente difícil de ser manipulado, alterado ou acessado.

O *blockchain* é um modelo de sistema desenvolvido primeiramente para comercialização e dinheiro eletrônico puramente *peer-to-peer* (de ponto a ponto) permitindo que pagamentos fosse efetuados sem instituições financeiras substituindo o modelo em confiança para o modelo de prova criptográfica e cada uma das transações criam nós de informações que ao final da cadeia podem ser conferidas todas as transações pelo beneficiário (*payee*) e os nós de rede, mediante esforço do CPU que encontra um valor chamado de *nonce* e a cada novo bloco de cadeia é criado um *hash* onde cada carimbo reforça o anterior e cada bloco é acorrentado ao anterior, quando algum atacante precisa refazer toda a cadeia anterior para obter acesso.

A estrutura desta cadeia é detalhada por Tripathi, Ahad e Casalino (2023), que descrevem um bloco como um contêiner de dados dividido em duas partes principais: uma lista de transações e um cabeçalho. O cabeçalho do bloco é o componente que tecnicamente forma a cadeia, pois contém os metadados essenciais, incluindo "o *hash* do bloco anterior, carimbo de tempo (*timestamp*), *nonce* e a raiz da Árvore Merkle". O processo de adição de um novo bloco segue uma sequência rigorosa: (1) Um usuário solicita uma nova transação; (2) A transação é transmitida para um pool de transações não confirmadas; (3) Os mineradores selecionam transações e as agrupam em um novo bloco; (4) O minerador executa a prova de trabalho (PoW) para encontrar um *hash* válido para o bloco; (5) O bloco resolvido é transmitido à rede; (6) Outros nós verificam a validade do bloco; e (7) Um consenso é alcançado para adicionar o bloco à cadeia existente, tornando-o imutável.

Este processo de formação confere ao *blockchain* um conjunto de características essenciais, conforme destacado por Duan, Pang e Lin (2023) e neste sentido descentralização é a principal característica, significando que os dados da transação não são validados por uma autoridade central, mas sim pelos nós conectados à rede. Neste caso a imutabilidade é garantida, pois as transações e os dados "não podem ser alterados" após a validação, devido ao encadeamento criptográfico e ao carimbo de tempo. A segurança é uma consequência direta da imutabilidade, estabelecendo uma clara "proveniência dos ativos". Por fim, a transparência e a visibilidade são alcançadas porque os dados são salvos e o mecanismo de consenso "garante que quaisquer modificações sejam registradas", tornando as transações auditáveis por todos os participantes autorizados.

A cadeia de informação do *blockchain*

não se limita a registros estáticos; ela pode conter "software executável", permitindo a automação de processos através de "*smart contracts*" ou contrato inteligente, que é um protocolo de computador projetado para "facilitar, verificar ou executar a negociação ou execução de um contrato" automaticamente quando condições pré-especificadas são atendidas (Babich; Hilary, 2019)

Ocorre que o *blockchain* não pode acessar facilmente informações externas à rede, ele depende de "agentes designados, chamados 'oráculos'". Esses oráculos são como sensores de IoT ou feeds de dados são necessários para encontrar e verificar ocorrências do mundo real como, por exemplo, a temperatura de um contêiner e certificar que as condições do contrato inteligente foram atendidas, possibilitando a inserção de dados falsos em um registro imutável. (Babich; Hilary, 2019)

A inserção do *blockchain* em Cidades Inteligentes ocorre exatamente na integração desses contratos inteligentes com os sensores da Internet das Coisas (IoT) agilizando todo o processo de provimento e facilitação dos serviços desejados. A arquitetura de uma Smart City habilitada por *blockchain* pode ser visualizada em camadas sendo uma "Camada Física" com sensores de luz, movimento, umidade, etc., uma "Camada de Comunicação" representada por redes como Wifi, 4G e outras, uma "Camada de Banco de Dados" onde reside o *Distributed Ledger* ou *blockchain* e uma "Camada de Interface" com aplicações como *Smart Energy, Smart Home* ou *Smart Traffic*. A combinação da tecnologia *blockchain* com a IoT é considerada um "método robusto para tornar viável uma cidade inteligente e manter a privacidade dos dados coletados (Burini Junior; Melero, 2019).

O objetivo final dessa integração, como propõem Migliorini et al. (2021, p.3), é permitir a articulação de uma "cidade inteligente autopoiética, autorregulada e sustentável". A capacidade da cidade de se auto-organizar como um organismo vivo, é facilitada pela tecnologia *blockchain*, que permite "a descentralização de dados, pulverização de seu domínio e transferência com responsabilidade, sem a necessidade de controle ou manipulação de dados por um ator central" (Migliorini, et al, 2021, p. 3-4). Em vez de uma gestão centralizada, os *smart contracts* podem automatizar a governança da cidade.

3.3 Prós e Contras

Como prós da tecnologia, Nakamoto (2008) argumenta que o principal benefício do modelo criptográfico disposto no *blockchain* reside na cadeia descrentralizada para validar e registrar transações em um histórico público e imutável onde a segurança onde a segurança é mantida por nós distintos gerando uma longa cadeia mais segura.

Já Hasting e Sodhi (2019) elencam como uma vantagem pela rastreabilidade de transações reduzindo práticas ilícitas e auxiliando em práticas de sustentabilidade e ética na cadeia de produção tanto de produtos quanto de informação.

Também como pró ensinou Leng et al. (2020) que por se tratar de uma tecnologia de última geração e por suas características intrínsecas de transparência e rastreabilidade majoram consideravelmente as redes de

produção principalmente em virtude do seu mecanismo de transações descentralizadas que resolve problemas críticos como confidencialidade, segurança cibernética em sistemas desprovidos de confiança.

Malik et al. (2023) elenca como um contra a escalabilidade de um sistema gerido com a tecnologia estudada, por exigir altos recursos computacionais impedindo que seja utilizado desde a internet das coisas, bem como gera um pequeno delay no prazo de confirmação da informação.

Também como problema Hasting e Sodhi (2019) asseveram que a maturidade da tecnologia ainda não atingiu seu maior patamar gerando problemas de interoperabilidade entre sistemas distintos. No mesmo sentido Leng et al. (2020) afirma que a tecnologia ainda em desenvolvimento e precisa barreiras claras de caráter técnico, social e de regulamentação.

Conclusão

O avanço das tecnologias no âmbito das cidades inteligentes foi extremamente impulsionado pela indústria 4.0 e pela proliferação da internet das coisas com o advento do 5G revelando grandes desafios aos gestores e redundando em desafios significativos em face da privacidade e da governança.

Este artigo demonstra que a tecnologia, embora não seja a salvação individualmente, pode contribuir de sobremaneira na solução destes e diversos outros desafios nestes ambientes ante sua capacidade de resguardar a privacidade e a integridade dos dados, bem como majorar a capacidade de automação dos processos.

Contudo, insta salientar que ainda há desafios para que a tecnologia possa se desenvolver em face da escalabilidade e imaturidade tecnológica, ou seja, ainda não é uma panaceia.

Portanto, a tecnologia apresenta-se como a infraestrutura de segurança e governança mais promissora para a próxima geração de cidades inteligentes. A superação de seus desafios técnicos e regulatórios definirá a velocidade com que as cidades poderão migrar de um modelo de gestão centralizado e vulnerável para um ecossistema urbano verdadeiramente descentralizado, seguro e autopoiético.



Referências

BABICH, Volodymyr; HILARY, Gilles. Distributed ledgers and operations: what operations management researchers should know about blockchain technology. Manufacturing and Service Operations Management, In press, 2019. Disponível em: https://hal.science/hal-02005158v1. Acesso em: 9 nov. 2025.

BATTY, Michael; AXHAUSEN, Kay W.; GIANNOTTI, Fosca; POZDNOUKHOV, Alexei; BAZZANI, Armando; WACHOWICZ, Monica; OUZOUNIS, Georgios; PORTUGALI, Yuval. Smart Cities of the Future. The European Physical Journal Special Topics, v. 214, p. 481–518, 2012. DOI: 10.1140/epjst/e2012-01703-3. Acesso em: 08 de novembro de 2025.

BIBRI, Simon Elias. On the sustainability of smart and smarter cities in the era of big data: an interdisciplinary and transdisciplinary literature review. Sustainability, v. 9, n. 12, p. 2274, 2017. DOI: https://doi.org/10.3390/su9122274. Acesso em: 08 de novembro de 2025.

BURINI JUNIOR, Elvo Calixto; MELERO, José Carlos Martinez. Blockchain: solução para a expansão das cidades inteligentes?. São Paulo: IEE/USP, 2019.

DUAN, Keru; PANG, Gu; LIN, Yong. Exploring the current status and future opportunities of blockchain technology adoption and application in supply chain management. Journal of Digital Economy, v. 2, p. 244-288, 2023.

GHADGE, Abhijeet et al. Ligação entre a Industria 4.0 e a gestão da cadeia de suprimentos verde: Evidências da indústria automotiva. Computers and Industrial Engineering, v. 169, 108303, jul. 2022.

HASTIG, Gabriella; SODHI, ManMohan S. Blockchain for Supply Chain Traceability: Business Requirements and Critical Success Factors. Production and Operations Management, nov. 2019.

HOLLANDS, Robert G. Will the real smart city please stand up? Intelligent, progressive or entrepreneurial? City, v. 12, n. 3, p. 303-320, 2008. DOI: https://doi.org/10.1080/13604810802479126. Acesso em 09 de novembro de 2025.

JOSS, Simon; SENGERS, Frans; SCHRAVEN, Daan; CAPROTTI, Federico; DAYOT, Youri. The smart city as global discourse: storylines and critical junctures across 27 cities. Journal of Urban Technology, v. 26, n. 1, p. 3-34, 2019.

LENG, Jiewu et al. Manufatura sustentável habilitada por blockchain e gerenciamento do ciclo de vida do produto na indústria 4.0: uma pesquisa. Revisões de energia renovável e sustentável, v. 132, 110112, out. 2020.

MALIK, Hassaan; ANEES, Tayyaba; FAHEEM, Muhammad; CHAUDHRY, Muhammad Umar; ALI, Aatka; ASGHAR, Muhammad Nabeel. Blockchain and Internet of Things in smart cities and drug supply management: open issues, opportunities, and future directions. Internet of Things, v. 23, 100860, 2023.

NAKAMOTO, Satoshi. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. 2008.

REJEB, Abderahman; REJEB, Karim; SIMSKE, Steven J.; KEOGH, John G. Blockchain technology in the smart city: a bibliometric review. Quality & Quantity, v. 56, p. 2875-2906, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s11135-021-01251-2.

TRIPATHI, Gautami; AHAD, Mohd Abdul; CASALINO, Gabriella. A comprehensive review of Blockchain technology: Underlying principles and historical background with future challenges. Decision Analytics Journal, v. 9, 100344, 2023.

WAMBA, Samuel Fosso; QUEIROZ, Maciel M. Blockchain nas operações e gestão da cadeia de suprimentos: Benefícios, desafios e futuras oportunidades de pesquisa. Revista Internacional de Gestão da Informação, v. 52, 102064, jun. 2020.

WU, Tsu-Yang; MENG, Qian; CHEN, Yeh-Cheng, KUMARI, Saru; Chen , Chien-Ming. Toward a Secure Smart-Home IoT Access Control Scheme Based on Home Registration Approach. Mathematics, v. 11, n. 2123, p. 1-15, 2023.



CIDADES INTELIGENTES E RESILIENTES: COMPLEMENTARIDADE CONCEITUAL E DESAFIOS PRÁTICOS À SUSTENTABILIDADE URBANA NO BRASIL

Smart and resilient cities: conceptual complementarity and practical challenges to urban sustainability in Brazil

Autor: *Felipe Calabrez* [9]

Resumo:

O artigo analisa a relação entre os conceitos de cidades inteligentes e cidades resilientes, argumentando que sua integração é essencial para a construção de políticas urbanas sustentáveis e inclusivas no Brasil. Inicialmente, são apresentadas as origens e distinções conceituais entre as duas noções: as cidades inteligentes, centradas na aplicação de tecnologias digitais voltadas à gestão eficiente e à participação cidadã; e as cidades resilientes, focadas na adaptação, prevenção e sustentabilidade diante de riscos ambientais e sociais. O texto mostra que, embora a literatura brasileira sobre o tema ainda adote majoritariamente uma perspectiva tecnocêntrica, pesquisas recentes vêm propondo abordagens mais integradas, que articulam inovação tecnológica, governança participativa e sustentabilidade socioambiental. A partir de uma revisão da produção científica nacional e internacional, o artigo destaca o potencial de políticas públicas baseadas em dados, tecnologias acessíveis e soluções ecológicas, citando o modelo das cidades esponja, para fortalecer a resiliência urbana. Conclui-se que a convergência entre inteligência digital e resiliência urbana é um caminho estratégico para enfrentar as desigualdades territoriais e os desafios climáticos do país, o que exigiria ampla cooperação federativa e fortalecimento institucional e orçamentário dos municípios.

Palavras-chave: Cidades inteligentes; Cidades resilientes; Sustentabilidade urbana; Governança digital; Resiliência climática.

Abstract:

The article examines the relationship between the concepts of smart cities and resilient cities, arguing that their integration is essential for building sustainable and inclusive urban policies in Brazil. It first presents the origins and conceptual distinctions between the two notions: smart cities, focused on the application of digital technologies aimed at efficient management and citizen participation; and resilient cities, centered on adaptation, prevention, and sustainability in the face of environmental and social risks. The text shows that, although Brazilian literature on the subject still mostly adopts a technocentric perspective, recent research has proposed more integrated approaches that combine technological innovation, participatory governance, and socio-environmental sustainability. Based on a review of national and international studies, the article highlights the potential of data-driven public policies, accessible technologies,

[9] Bacharel e Mestre em Ciências Sociais (UEL), Doutor em Administração Pública e Governo (FGV-SP) e pós-doutorado no Sciences Po. Pesquisador do Instituto ReDem e autor do livro Introdução à Economia Política.

and ecological solutions, such as the sponge city model, to strengthen urban resilience. It concludes that the convergence between digital intelligence and urban resilience is a strategic path to address Brazil's territorial inequalities and climate challenges, provided it is accompanied by federative cooperation and institutional capacity-building at the municipal level.

Key-words: Smart cities; Resilient cities; Urban sustainability; Digital governance; Climate resilience.

Introdução

Os conceitos de *cidades inteligentes* e *cidades resilientes* têm adquirido centralidade crescente nos debates contemporâneos sobre planejamento urbano, governança e sustentabilidade. Ambas as noções expressam uma tentativa de repensar o papel das cidades diante dos desafios complexos do século XXI, entre eles, a aceleração da transformação digital, a intensificação das mudanças climáticas e a ampliação das desigualdades socioespaciais. Tais desafios, vale ressaltar, são particularmente relevantes para a maior parte dos municípios brasileiros.

As cidades inteligentes propõem a incorporação estratégica das tecnologias da informação e comunicação (TICs) como instrumentos para aprimorar a gestão pública, aumentar a eficiência dos serviços urbanos e fortalecer a participação cidadã, promovendo soluções inovadoras para problemas históricos de infraestrutura e inclusão social. A noção de cidade inteligente, portanto, não deve se limitar à mera presença de ferramentas digitais e tecnológicas, mas deve abarcar também o uso dessas ferramentas em benefício do cidadão.

Já o conceito de cidade resiliente enfatiza a capacidade dos sistemas urbanos de resistir, adaptar-se e recuperar-se frente a choques e perturbações, sejam de natureza ambiental, econômica ou sanitária, sem comprometer suas funções essenciais e a qualidade de vida de seus habitantes.

Assim, enquanto a noção de cidades inteligentes está mais ligada à aplicação da tecnologia em benefício do cidadão, por meio da formulação de boas políticas públicas, a noção de cidade resiliente está mais ligada a questões urbanísticas e de sustentabilidade. Entendemos, no entanto, que a convergência entre esses dois paradigmas é fundamental e pode indicar uma transição de modelos urbanos meramente tecnológicos para abordagens integradas, nas quais inovação digital e sustentabilidade socioambiental se tornam dimensões complementares de uma mesma agenda de desenvolvimento urbano inclusivo e preparado para o futuro, sempre tendo o cidadão como foco.

Até recentemente, boa parte da literatura sobre cidades inteligentes ainda se concentrava majoritariamente na dimensão tecnológica, com menor atenção às relações entre transformação digital, resiliência e justiça territorial. Este artigo busca contribuir para esse debate ao 1) apresentar a diferença entre os dois conceitos para defender sua necessária complementaridade; 2) Apresentar um levantamento da literatura nacional e internacional sobre o tema, demonstrando os avanços que as pesquisas brasileiras sobre o tema têm produzido e 3) apresentar alguns desafios que se colocam aos municípios brasileiros que buscam integrar os conceitos para produzir

políticas públicas que usam a tecnologia de uma forma voltada ao cidadão, em especial no campo da prevenção de desastres climáticos, com especial atenção ao projeto das *cidades esponja.*

1. Inteligência e Resiliência: Uma Complementaridade Necessária

O conceito de cidade inteligente (*smart city*) emergiu na década de 1990 e ganhou força nos anos 2000, impulsionado pela disseminação das tecnologias da informação e comunicação (TICs) e pela busca de eficiência na gestão urbana. Segundo Caragliu, Del Bo e Nijkamp (2011), uma cidade é inteligente quando os investimentos em capital humano, infraestrutura, TICs e governança participativa produzem crescimento econômico sustentável e alta qualidade de vida. Na literatura, a ênfase inicial foi predominantemente tecnocêntrica, voltada para a digitalização de serviços públicos, mobilidade inteligente, energia limpa, segurança urbana e big data.

A partir da década de 2010, autores como Hollands (2015) e Albino, Berardi e Dangelico (2015) começaram a criticar essa visão reducionista, apontando que o uso de tecnologia, por si só, não garante inclusão, equidade nem sustentabilidade. Essa crítica levou à formulação de modelos mais amplos, como o das "cidades inteligentes sustentáveis", defendido pelo World Council on City Data (WCCD) e incorporado em normas como a ISO 37120, que propõe indicadores de desempenho urbano combinando inovação tecnológica, governança e sustentabilidade ambiental.

Em síntese, as cidades inteligentes enfatizam: digitalização e dados como instrumentos de gestão; eficiência e conectividade dos serviços urbanos; governança digital e transparência; inovação tecnológica para o desenvolvimento econômico e social.

1.1 Cidades resilientes: adaptação, prevenção e sustentabilidade

O conceito de cidade resiliente tem origem no campo da ecologia e da teoria dos sistemas adaptativos, sendo posteriormente aplicado ao planejamento urbano e à gestão de desastres. A resiliência urbana é entendida como a capacidade das cidades de resistir, absorver, adaptar-se e recuperar-se de crises, sejam ambientais, sociais, econômicas ou institucionais, mantendo suas funções essenciais.

O marco mais importante da difusão desse conceito é o Protocolo de Sendai para a Redução de Riscos de Desastres (2015–2030), da ONU, que define diretrizes para compreender riscos, fortalecer a governança, investir em prevenção e reconstruir melhor (*build back better*) após eventos críticos. O conceito é adotado também por programas como o "100 Resilient Cities" da *Rockefeller Foundation* e pela ONU-Habitat.

Na literatura, a resiliência é tratada como propriedade sistêmica e multidimensional, que depende não apenas de infraestrutura física, mas também de coerência institucional, capital social e capacidade de adaptação coletiva. Assim, cidades resilientes se constroem pela combinação entre planejamento urbano preventivo, infraestrutura verde, participação comunitária e aprendizado institucional contínuo.

As características principais das cidades resilientes podem ser assim elencadas: adaptação e recuperação frente a desastres e mudanças climáticas; gestão de riscos e prevenção; governança colaborativa e solidariedade social; sustentabilidade ecológica e planejamento de longo prazo.

Assim, enquanto a noção de cidades inteligentes está mais ligada à aplicação da tecnologia por meio da formulação de boas políticas públicas, a noção de cidade resiliente está mais ligada a questões urbanísticas e de sustentabilidade. Entendemos, no entanto, que a convergência entre esses dois paradigmas é fundamental e pode indicar uma transição de modelos urbanos meramente tecnológicos para abordagens integradas, nas quais inovação digital e sustentabilidade socioambiental se tornam dimensões complementares de uma mesma agenda de desenvolvimento urbano inclusivo e preparado para o futuro, sempre tendo o cidadão como foco.

2. Revisão de Literatura e Alguns Avanços das Pesquisas Brasileiras

Uma boa revisão sistemática da literatura é encontrada no artigo de Silva et al (2024). Os autores apresentam uma revisão sistemática da literatura internacional sobre cidades inteligentes, com foco nas dimensões de inovação e tecnologia. O estudo cobre o período de 2006 a 2021, analisando 349 artigos provenientes das bases *Emerald Insight, Scopus, Web of Science e SciELO.*

Os resultados mostram que a pesquisa sobre cidades inteligentes é recente e em rápida expansão, com destaque para publicações na Europa, especialmente Itália, Reino Unido, Espanha e França. O Brasil aparece de forma marginal, com apenas um registro no período analisado. A revisão evidencia que o debate internacional é predominantemente tecnológico, centrado nas Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) como instrumentos para gestão urbana eficiente, mobilidade, energia, turismo e governança digital. Contudo, os autores identificam que há ausência de uma definição consensual de "cidade inteligente". As abordagens variam desde interpretações corporativas e tecnocráticas, focadas na digitalização e no controle urbano, até visões sociotécnicas e participativas, que integram inovação social, sustentabilidade e governança colaborativa. A revisão também revela a escassez de estudos empíricos que analisem a implementação prática de estratégias de cidades inteligentes e seus impactos socioambientais.

Entre os achados centrais, o artigo destaca que o desenvolvimento urbano inteligente deve basear-se em princípios de sinergia, criatividade e circularização, integrando dimensões ambientais, econômicas e sociais. A tecnologia é compreendida como meio, não como fim, para alcançar sustentabilidade e qualidade de vida. Esse é um ponto fundamental. Além disso, iniciativas bem-sucedidas, como as de Barcelona, Amsterdam, Helsinque e Kitakyushu (Japão), mostram a importância da cooperação público-privada, da inovação cívica e da transparência de dados.

2.1. A pesquisa brasileira sobre cidades inteligentes: tendências e limitações

O estudo de Lazzareti et al (2019), focado nas pesquisas brasileiras, chega a algumas conclusões semelhantes: Os autores demonstram que a maior parte das pesquisas brasileiras também adota uma visão tecnocêntrica de cidade inteligente, centrada no papel das TICs como instrumentos de eficiência administrativa, governança digital e melhoria da qualidade de vida. Tal abordagem, embora relevante, tende a restringir a discussão a aspectos operacionais e tecnológicos, negligenciando dimensões sociais, ambientais e institucionais. Aqui destacamos, junto com os autores do referido estudo, a necessidade de uma ampliação conceitual do debate, no sentido de incorporar princípios de sustentabilidade, resiliência e, sobretudo, participação cidadã.

Alguns estudos mais recentes, no entanto, vêm produzindo avanços nesse sentido. Aguirre (2017), por exemplo, propõe uma integração entre tecnologia digital e gestão de desastres naturais, explorando o papel das cidades inteligentes na prevenção e mitigação de enchentes urbanas. O autor parte da constatação de que a maioria dos municípios brasileiros é de pequeno porte e carece de recursos para planejar e responder adequadamente a desastres climáticos. Nesse contexto, propõe o uso de infraestruturas digitais de baixo custo, baseadas em redes de sensores, computação em nuvem e Internet das Coisas (IoT), para construir sistemas locais de monitoramento e alerta de enchentes.

O estudo desenvolve e valida um sistema supervisório integrado, capaz de coletar dados em tempo real sobre o nível de córregos urbanos, processá-los em servidores em nuvem e emitir notificações automáticas via dispositivos móveis para gestores públicos e cidadãos em áreas de risco. Essa proposta se insere no paradigma das cidades inteligentes, entendido aqui como o uso de tecnologias da informação e comunicação (TICs) para melhorar a qualidade de vida e a segurança urbana, com ênfase na governança participativa e na transparência dos dados.

Seu estudo, fruto de sua dissertação de mestrado, também se conecta à lógica das cidades resilientes e às diretrizes do Protocolo de Sendai para a Redução de Riscos de Desastres (2015–2030), ao propor instrumentos de prevenção, monitoramento e resposta rápida a eventos extremos, especialmente em municípios com infraestrutura limitada. A ênfase em medidas não estruturantes, como sistemas de alerta e engajamento comunitário, reforça a ideia de que a resiliência urbana depende tanto da tecnologia quanto da capacidade social e institucional de antecipar riscos.

Outro exemplo de avanços no sentido aqui apontado pode ser encontrado no estudo de Abreu e Marchiori (2020), que propõe atualizar a norma internacional ISO 37120:20181, incorporando princípios das cidades inteligentes e sustentáveis. Os autores argumentam que a norma, voltada à avaliação de desempenho urbano, não contempla adequadamente aspectos digitais, como governança de dados, inovação urbana e tecnologias da informação e comunicação (TICs).

Com base em uma revisão integrativa

de 23 estudos internacionais, o trabalho identifica lacunas na ISO 37120 e sugere novos indicadores, divididos entre *acréscimos* e *complementares*. Esses indicadores abrangem áreas como educação digital, energia inteligente, governança eletrônica, saúde conectada, habitação automatizada e telecomunicações inclusivas.

A proposta visa tornar a norma mais alinhada ao conceito de "cidades inteligentes sustentáveis", que integra inovação tecnológica, eficiência de recursos e qualidade de vida. Segundo os autores, a inclusão desses parâmetros permitiria avaliações mais precisas e comparáveis entre cidades, apoiando decisões baseadas em dados e planejamento urbano sustentável.

Por fim, o estudo destaca que essa atualização também beneficiaria a versão brasileira da norma (ABNT NBR ISO 37120:2017), aproximando-a da realidade tecnológica nacional e das agendas globais de sustentabilidade, como a Agenda 2030 da ONU e o Protocolo de Sendai (2015–2030). Assim, o artigo propõe não apenas uma revisão técnica, mas uma reformulação conceitual, em que inteligência digital e governança participativa passam a ser dimensões essenciais da sustentabilidade urbana.

Apenas mais recentemente as pesquisas passaram a incorporar com mais ênfase o cidadão como foco. Nesse sentido, a pesquisa de Kubota (2024), publicada pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), constitui uma contribuição relevante ao debate contemporâneo sobre a transformação digital e a sustentabilidade urbana, ao propor uma reflexão integrada entre os conceitos de cidade inteligente, resiliência urbana e desenvolvimento sustentável. O autor argumenta que a digitalização das estruturas de gestão pública, quando orientada por uma visão sistêmica e centrada no cidadão, pode se converter em um poderoso instrumento de fortalecimento institucional, mitigação de vulnerabilidades e promoção da sustentabilidade ambiental. A análise articula três eixos principais: transformação digital, resiliência e sustentabilidade, que se entrelaçam no propósito de redefinir o modo como as cidades planejam, prestam serviços e se preparam para crises futuras.

Kubota (2024) parte do entendimento de que a transformação digital nas cidades inteligentes não deve se restringir à digitalização de serviços ou à automação de processos administrativos. Trata-se, antes, de um processo estrutural de reorganização da gestão urbana, no qual as tecnologias da informação e comunicação (TICs) assumem papel estratégico na coleta, análise e difusão de dados, ampliando a capacidade das administrações públicas de planejar e agir de forma integrada.

A tecnologia, contudo, é apresentada não como um fim em si mesma, mas como um meio de viabilizar políticas públicas mais transparentes, participativas e inclusivas, com foco na melhoria da qualidade de vida do cidadão e na redução das desigualdades territoriais. Esse é um dos pontos que buscamos defender aqui como central a todo esse debate.

Essa abordagem está em sintonia com nossa proposta aqui, que é a de sustentar a necessária complementaridade entre os conceitos de cidades inteligentes e

cidades resilientes. A resiliência urbana, compreendida como a capacidade de uma sociedade ou sistema urbano resistir, adaptar-se e recuperar-se diante de choques e ameaças, sejam elas de origem climática, sanitária ou socioeconômica, pode e deve beneficiar-se do uso das tecnologias.

É nesse ponto que o autor introduz a discussão do Protocolo de Sendai para a Redução de Riscos de Desastres 2015–2030, elaborado pela Organização das Nações Unidas (ONU). O Protocolo de Sendai, sucessor da Estratégia de Hyogo (2005–2015), estabelece uma agenda global voltada para o fortalecimento das políticas de prevenção, mitigação e adaptação aos desastres naturais e antrópicos, e é estruturado em quatro prioridades: compreender o risco de desastres; fortalecer a governança de riscos; investir na redução de vulnerabilidades e na resiliência; e aprimorar os mecanismos de preparação, resposta e reconstrução pós-desastre.

3. Cidades Inteligentes, Resilientes e Sustentáveis: Desafios aos Municípios Brasileiros

A relevância do Protocolo de Sendai para o contexto brasileiro é dupla. De um lado, ele oferece um arcabouço conceitual e normativo que pode orientar políticas públicas voltadas à prevenção de desastres e à adaptação climática em nível local. De outro, evidencia as lacunas institucionais e federativas que dificultam a aplicação dessas diretrizes no Brasil. Podemos dizer que muitas das recomendações do Protocolo, como a necessidade de planejamento urbano baseado em dados, integração entre esferas de governo e fortalecimento das capacidades locais, poderiam ter reduzido significativamente o impacto de tragédias recentes, como as enchentes e deslizamentos no Rio Grande do Sul, por exemplo, que atingiram proporções gigantescas.

É preciso, portanto, estabelecer um diálogo crítico entre o referencial global de Sendai e a realidade brasileira, sobre alguns aspectos. O primeiro a se mencionar diz respeito à realidade federativa brasileira, marcada por assimetrias profundas. Nesse sentido, concordamos com a descrição de Kubota (2024) sobre federalismo brasileiro como um sistema "formalmente descentralizado, mas materialmente centralizado", na medida em que a Constituição de 1988 conferiu ampla autonomia política e administrativa aos municípios, sem, contudo, lhes assegurar capacidade financeira e técnica correspondente.

Essa visão é comum a ampla literatura e bastante evidente para qualquer gestor municipal no país. A consequência é que a grande maioria dos municípios brasileiros depende fortemente de transferências intergovernamentais (como FPM, Fundeb e ICMS) e dispõe de reduzida margem orçamentária para investimentos em inovação tecnológica, prevenção de desastres ou políticas ambientais. A ausência de coordenação interfederativa efetiva e a sobreposição de competências entre União, estados e municípios resultam em fragmentação administrativa, o que impede a consolidação de políticas integradas de transformação digital e resiliência urbana.

Além da limitação financeira, faz-se presente também um razoável déficit de

capacidades institucionais nos municípios, especialmente os de pequeno e médio porte, que carecem de pessoal qualificado, infraestrutura digital e conectividade adequada. A falta de cultura de gestão baseada em dados e a fragilidade dos sistemas de informação pública dificultam a aplicação de políticas inteligentes e a adoção de estratégias de prevenção de riscos compatíveis com as recomendações de Sendai. Mesmo programas federais relevantes, como a plataforma gov.br e a Estratégia de Governo Digital (EGD), enfrentam dificuldades de capilarização nos níveis locais, o que aprofunda as desigualdades territoriais no acesso à inovação e à informação.

Nesse cenário, destacamos a importância da Carta Brasileira para Cidades Inteligentes (2021), que propõe a integração entre transformação digital e desenvolvimento urbano sustentável, estruturada em oito eixos estratégicos. A Carta introduz o princípio de "governança centrada no cidadão", princípios que defendemos aqui, e que demanda participação social ativa, interoperabilidade de sistemas, transparência de dados e fortalecimento da capacidade local de decisão. Essa orientação converge com o espírito do Protocolo de Sendai, ao enfatizar a coprodução de políticas públicas e o papel da sociedade civil na construção de cidades mais preparadas e equitativas.

Do ponto de vista da resiliência, um dos projetos que vem se destacando mundialmente é o das chamadas cidades esponja. Formulado pelo arquiteto e urbanista Yu Kongjian, o projeto propõe um modelo de urbanismo ecológico no qual o ambiente construído se comporta como uma "esponja", absorvendo, armazenando e reutilizando a água da chuva por meio de soluções baseadas na natureza, como jardins de chuva, telhados verdes e parques alagáveis. Esse paradigma busca restabelecer o equilíbrio entre infraestrutura urbana e ciclos naturais, reduzindo a frequência e a intensidade de enchentes e aumentando a capacidade adaptativa das cidades diante de eventos extremos.

A convergência com o Protocolo de Sendai é evidente: ambos promovem a redução preventiva do risco, a reconstrução ecológica do território e o planejamento urbano integrado. Quando associado às ferramentas digitais discutidas por Kubota (2024), como sensoriamento remoto, sistemas de informação geográfica e plataformas de governança de dados, o conceito de cidade esponja amplia o escopo da transformação digital, vinculando-a a uma transição ecológica urbana.

No contexto brasileiro, essa articulação adquire especial relevância. A vulnerabilidade socioambiental de grande parte dos municípios, combinada à expansão desordenada e à ocupação de áreas de risco, reforça a necessidade de políticas de adaptação inspiradas tanto nos princípios de Sendai quanto nas soluções ecológicas das cidades esponja. Contudo, a implementação dessas políticas enfrenta os mesmos entraves diagnosticados por Kubota (2024), como insuficiência de recursos, carência de planejamento intermunicipal, baixa integração federativa e falta de capacidades técnicas locais.

Como sugerem algumas pesquisas, a superação desses desafios requer um novo pacto federativo, baseado na cooperação

horizontal entre municípios (como consórcios públicos), no fortalecimento da assistência técnica e financeira da União e dos estados, e na adoção de marcos legais que incentivem a inovação e a gestão territorial baseada em dados. Entendemos, adicionalmente, que para enfrentar esses desafios é fundamental também a vontade política dos gestores e uma mudança em certa cultura política que consiste em esperar as "tragédias naturais" aconteceram para depois buscar soluções. O prejuízo em vidas humanas é alto demais para que não coloquemos essas questões como prioridade política e de gestão.



Referências

ABREU, J. P. M.; MARCHIORI, F. F. Aprimoramentos sugeridos à ISO 37120 "Cidades e comunidades sustentáveis" advindos do conceito de cidades inteligentes. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 20, n. 4, p. 329–346, out./dez. 2020.

AGUIRRE, T. F. A. Gerência de risco de enchentes em cidades inteligentes. 2017. 128 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia em Construção) – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2017.

ALBINO, V.; BERARDI, U.; DANGELICO, R. M. Smart cities: definitions, dimensions, performance, and initiatives. Journal of Urban Technology, v. 22, n. 1, p. 3–21, 2015.

CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. Smart cities in Europe. Journal of Urban Technology, v. 18, n. 2, p. 65–82, 2011.

HOLLANDS, R. G. Critical interventions into the corporate smart city. Cambridge Journal of Regions, Economy and Society, v. 8, n. 1, p. 61–77, 2015. Disponível em: https://academic.oup.com/cjres/article/8/1/61/303314. Acesso em: 5 nov. 2025.

KUBOTA, L. C. Transformação digital para cidades inteligentes, resilientes e sustentáveis: uma visão centrada no cidadão. Rio de Janeiro: Ipea, 2025. (Texto para Discussão, 3053). Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/98bd3461-296c-479d-abdd-366ae8db9be5/content. Acesso em: 5 nov. 2025.

LAZZARETTI, K.; SEHNEM, S.; BENCKE, F. F.; MACHADO, H. P. V. Cidades inteligentes: insights e contribuições das pesquisas brasileiras. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 11, e20190118, 2019. Disponível em: https://periodicos.pucpr.br/Urbe/article/view/25670/23957. Acesso em: 5 nov. 2025.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR). Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030. Geneva: United Nations, 2015. Disponível em: < https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030. > Acesso em: 6 nov. 2025.

YU, K. Sponge city: ecological infrastructure for water resilience. Beijing: Peking University Press, 2015.

fundação Juntos podemos
construindo pontes, transformando a política

Missão Barcelona

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA SAÚDE PÚBLICA BRASILEIRA (2020–2025): AVANÇOS, DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Artificial Intelligence in Brazilian Public Health (2020-2025): advances, challenges and perspectives

Autor: *Andreson Borges dos Santos* [10]

Resumo:

Entre 2020 e 2025, a incorporação da inteligência artificial (IA) na saúde pública brasileira consolidou-se como eixo central da transformação digital do Sistema Único de Saúde (SUS). Este estudo examina os principais avanços, políticas e desafios éticos e sociais relacionados à adoção dessas tecnologias, com base em dados oficiais e relatórios de organismos internacionais. A análise destaca experiências nacionais bem-sucedidas, como o Conecte SUS, a Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS) e o projeto do primeiro hospital público inteligente do país. Também compara estratégias internacionais, como as do Reino Unido, Estônia e Cingapura, e discute a percepção da população sobre a digitalização dos serviços públicos e o papel das cidades inteligentes. Conclui-se que, apesar dos progressos, é essencial fortalecer infraestrutura, governança de dados e políticas de inclusão digital para garantir uma IA ética, equitativa e humanizada no SUS.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Saúde Pública; SUS; Governança Digital; Cidades Inteligentes.

Abstract:

Between 2020 and 2025, the adoption of Artificial Intelligence (AI) in Brazilian public health consolidated itself as a central axis of the digital transformation of the Unified Health System (SUS). This paper examines the main advances, policies, and ethical and social challenges related to the use of AI technologies, based on official data and international organization reports. The analysis highlights successful national experiences such as Conecte SUS, the National Health Data Network (RNDS), and the first public intelligent hospital project in Brazil. It also compares international strategies from the United Kingdom, Estonia, and Singapore, and discusses citizens' perceptions regarding the digitalization of public services and the development of smart cities. The study concludes that, despite the progress, strengthening infrastructure, data governance, and digital inclusion policies remains essential to ensure an ethical, equitable, and human-centered application of AI in the SUS.

Keywords: Artificial Intelligence; Public Health; Unified Health System; Digital Governance; Smart Cities.

[10] Cientista Social pela Universidade Federal de São Paulo e Educador Social. Atualmente é Assistente de Pesquisa na área de Estudos e Pesquisas da Fundação Juntos Podemos.

Introdução

A adoção da inteligência artificial (IA) na saúde pública, quando analisada entre 2020 e 2025, consolidou-se como um dos eixos centrais da transformação digital do Sistema Único de Saúde (SUS) no Brasil. Muitos países e organismos internacionais reconhecem o potencial que a tecnologia oferece como o aprimoramento na prestação de serviços de saúde, na acelerando diagnósticos, otimizando recursos e fortalecimento de pesquisas médicas.

A Organização Mundial da Saúde (OMS), por exemplo, destaca que uso de IA pode aumentar a velocidade e a precisão de diagnósticos e triagens de doenças, auxiliar no atendimento clínico e impulsionar o desenvolvimento de medicamentos, além de apoiar ações de saúde pública como vigilância epidemiológica e gestão de sistemas de saúde.

No entanto, para que tais benefícios sejam plenamente alcançados, deve-se levar em consideração, princípios éticos e direitos humanos que estejam no centro do desenvolvimento e da implementação dessas tecnologias.

No contexto brasileiro, a administração pública passou a estruturar diretrizes específicas para integrar a IA em processos de gestão e cuidado em saúde. A Estratégia de Saúde Digital para o Brasil 2020–2028 (ESD28), lançada pelo Ministério da Saúde em 2020, estabeleceu uma visão de longo prazo baseada na interoperabilidade de dados, na ética e na governança em saúde digital.

Essa estratégia impulsionou iniciativas como a criação da Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS) - infraestrutura que serve para unificar prontuários eletrônicos, e plataformas como o Conecte SUS, que permitem à população acessar digitalmente serviços de saúde (como carteiras de vacinação e resultados de exames).

A partir de 2024, observa-se um avanço institucional significativo com a criação do Programa SUS Digital (Portaria GM/MS nº 3.232/2024) e do Laboratório *Inova SUS Digital* (Portaria GM/MS nº 3.564/2024), que inauguraram a fase de testes e implementação de soluções de IA na rotina do sistema público de saúde.

Nesse período, o Brasil também elaborou seu Plano Brasileiro de Inteligência Artificial "IA para o Bem de Todos" (2024–2028), coordenado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), com previsão de R$ 23 bilhões em investimentos até 2028 e foco em aplicações que resolvam desafios. A saúde foi um dos setores prioritários nesse plano, dado o vasto acervo de dados do SUS e a diversidade populacional do país, que oferecem matéria-prima rica para algoritmos aprenderem e auxiliarem no cuidado.

Este estudo tem como objetivo examinar o uso da IA na saúde pública brasileira no período entre 2020 e 2025, destacando experiências nacionais bem-sucedidas e boas práticas administrativas, assim como os principais marcos regulatórios e os desafios éticos e sociais envolvidos. Também são realizadas comparações com experiências internacionais relevantes, contextualizando o Brasil no cenário global.

Por último, discute-se a percepção da população em relação às cidades inteligentes e aos impactos da digitalização dos serviços públicos de saúde, elemento fundamental para avaliar o sucesso dessas inovações.

1. Experiências Nacionais e Boas Práticas na Saúde Digital

No Brasil, nos últimos anos, multiplicaram-se os projetos de IA aplicados ao SUS, muitos deles ainda em fase piloto ou inicial, mas já apontam ganhos de eficiência e qualidade no atendimento. Experiências nacionais bem-sucedidas demonstram a importância da IA na execução de funções administrativas e preditivas do sistema de saúde.

O Ministério da Saúde, por exemplo, desenvolveu algoritmos para otimizar as compras públicas de medicamentos, analisando bases de dados massivas de consumo para prever demandas e evitar desperdícios. Segundo a Secretária de Saúde Digital do ministério, Ana Estela Haddad, esse sistema de IA auxilia na aquisição de medicamentos de forma mais econômica e sem faltas, a partir de 198 milhões de registros de demandas históricas, combinados em modelos preditivos específicos por estado e por fármaco.

Outra frente inovadora, diz respeito ao uso de IA em modelos preditivos de saúde populacional. O Ministério da Saúde reportou a aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina para identificar gestantes de risco e, assim, reduzir a mortalidade infantil na região Amazônica, onde a dificuldade de acesso impõe desafios adicionais.

De modo semelhante, sistemas de inteligência artificial estão sendo testados para a vigilância epidemiológica em tempo real, prevendo surtos de doenças como a dengue antes que se alastrem.

Durante a pandemia de COVID-19, esse tipo de abordagem preditiva mostrou-se promissor para antecipar demandas por leitos e orientar medidas sanitárias, e agora está sendo adaptado a doenças endêmicas do país. Além disso, explora-se a personalização do tratamento oncológico no SUS com auxílio de IA cruzando dados de pacientes oncológicos para sugerir terapias mais adequadas caso a caso.

Essas aplicações evidenciam o compromisso da administração pública em utilizar IA para resolver problemas antes mesmo que ocorram, como o Senador Marcos Pontes ressaltou em audiência pública no Senado, enfatizando que a tecnologia pode interpretar os muitos dados em posse do poder público e melhorar a tomada de decisão proativa em saúde.

A existência de projetos-piloto em IA, cujo foco, também está na melhoria da gestão e qualidade assistencial. Entre as iniciativas lançadas pelo Plano Brasileiro de IA para implementação imediata no SUS, destacam-se: o “Prontuário Falado”, que emprega reconhecimento de voz para transcrever automaticamente consultas médicas de teleatendimento; ferramentas de IA para detecção de anomalias em procedimentos hospitalares e ambulatoriais, ajudando a identificar inconsistências em faturamentos e eventuais fraudes; sistemas inteligentes na área de saúde bucal para rastrear e prever casos de câncer oral; e

plataformas de IA de suporte à gestão de processos de judicialização da saúde, visando antecipar e mediar demandas judiciais por tratamentos e medicamentos.

Há também iniciativas voltadas ao cuidado de grupos específicos, como o projeto "Idoso Bem Cuidado", que utiliza algoritmos para acompanhar indicadores de saúde de idosos e acionar intervenções preventivas quando necessário.

Esses projetos pilotos, implementados com recursos iniciais de aproximadamente R$ 435 milhões alocados para ações imediatas em nove setores prioritários (incluindo a saúde), sinalizam que a IA vem sendo aplicada tanto para ganhos de eficiência administrativa quanto para melhorias clínicas no SUS.

Esperam-se, por exemplo, diagnósticos mais rápidos e precisos, assim, agilizando a detecção de condições críticas como AVC e pneumonia e o apoio inteligente à decisão na logística de medicamentos, identificação de erros ou fraudes em procedimentos e aprimoramentos em áreas específicas como odontologia e cuidados geriátricos.

Essas experiências mostram a IA agregando valor em diferentes níveis: do planejamento macro (compras, alocação de recursos) ao micro (decisões clínicas de diagnóstico e tratamento), sempre com a perspectiva de ampliar o acesso e a qualidade dentro dos princípios de universalidade do SUS.

Um marco importante desse período foi o anúncio, em 2025, da criação do primeiro hospital público inteligente do Brasil, o Instituto Tecnológico de Medicina Inteligente (ITMI-Brasil). Previsto para entrar em operação em 2027 no complexo do Hospital das Clínicas da USP em São Paulo, o ITMI-Brasil combinará IA, conectividade 5G e telessaúde para aprimorar o atendimento de emergências neurológicas e cardíacas.

Com 800 leitos e investimento avaliado em US$ 320 milhões via parceria com o banco dos BRICS, esse hospital inteligente promete reduzir drasticamente o tempo de atendimento em casos graves de até 17 horas, hoje, para cerca de 2 horas integrando ambulâncias conectadas, diagnóstico por imagem com IA e regulação inteligente de leitos.

O projeto, fruto da cooperação entre o Ministério da Saúde, a Universidade de São Paulo e o governo estadual, simboliza uma convergência de esforços em torno da inovação no SUS. Além da assistência, o ITMI atuará como centro de pesquisa e formação em áreas como saúde digital, engenharia clínica e segurança cibernética, indicando uma visão de futuro em que tecnologia e capacitação profissional caminham juntas.

Segundo o Ministério da Saúde, essa iniciativa ilustra o conceito de tecnologia "a serviço do SUS, do médico ao paciente", aliando alta tecnologia a um atendimento mais ágil, preciso e humano.

Outro exemplo de boa prática administrativa é o investimento em infraestrutura de dados e computação para viabilizar a IA. O governo federal incluiu, entre as ações prioritárias do Plano de IA, a atualização do supercomputador Santos Dumont (do Laboratório Nacional de Computação Científica) para torná-lo um dos mais potentes do mundo, bem como

a criação de uma "nuvem soberana" para armazenamento seguro de dados sensíveis do governo.

Essa preocupação com infraestrutura indica o reconhecimento de que projetos de IA em saúde dependem de bases tecnológicas robustas: conectividade nas unidades de saúde, repositórios capazes de armazenar e processar grandes volumes de informações clínicas e padrões de interoperabilidade para integrar sistemas hoje isolados.

De fato, especialistas alertam que muitos dados do SUS ainda estão fragmentados em múltiplos sistemas de hospitais, clínicas, laboratórios com problemas de qualidade e padronização, o que pode comprometer o desempenho dos algoritmos se não houver um esforço coordenado de integração via RNDS e melhoria da qualidade desses dados.

Assim, a aposta em infraestrutura e governança de dados, aliada aos pilotos inovadores mencionados, constitui uma boa prática administrativa: ela cria os alicerces para que as soluções de IA não fiquem restritas a experimentos pontuais, mas possam escalar de forma segura e efetiva dentro do sistema público de saúde.

Em suma, entre 2020 e 2025 o Brasil apresentou avanços notáveis na implementação de IA no SUS, com experiências pioneiras que vão desde algoritmos de previsão de surtos e otimização de compras até hospitais inteligentes. Ainda que muitas dessas iniciativas estejam em fase inicial ou de teste, elas apontam para uma tendência irreversível de integração tecnológica no sistema público, sempre buscando respeitar os princípios norteadores do SUS.

Autores como Davenport e Kalakota (2019) argumentam que o potencial da IA em saúde abrange diagnósticos mais rápidos, predições de doenças e terapias personalizadas, mas, como bem ressalta Mendes (2021), a incorporação dessas tecnologias deve ser feita respeitando a universalidade e a equidade do sistema público.

As boas práticas observadas, planejamento estratégico, projetos pilotos bem monitorados, investimento em infraestrutura, parcerias acadêmicas apenas reforçam que o Brasil está procurando trilhar esse caminho de maneira responsável.

2. Desafios Éticos e Sociais da IA na Saúde Pública

A incorporação da inteligência artificial (IA) na saúde pública brasileira, especialmente entre 2020 e 2025, apresenta oportunidades promissoras, mas também revela uma série de desafios éticos e sociais que precisam ser enfrentados para garantir benefícios equitativos à população. À medida que projetos de IA foram introduzidos no Sistema Único de Saúde (SUS), cresceram as preocupações em torno de vieses algorítmicos, privacidade, responsabilidade e desigualdades.

Um dos principais desafios reside nos possíveis vieses embutidos nos algoritmos. Modelos de aprendizado de máquina dependem dos dados nos quais foram treinados e, se esses dados não refletirem adequadamente a diversidade populacional, os resultados podem ser distorcidos.

A pesquisadora Rosália Torres (UFMG)

alerta que algoritmos treinados com conjuntos de dados não representativos tendem a prejudicar minorias. A OMS também destaca que sistemas desenvolvidos em países de alta renda nem sempre se adaptam bem a contextos de média ou baixa renda, como o Brasil. Por isso, a diversidade de dados do SUS representa uma vantagem potencial, desde que explorada com critério. O Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA) recomenda que os sistemas respeitem as diferenças de gênero, raça e origem, utilizando bancos de dados heterogêneos e monitoramento contínuo para corrigir eventuais distorções.

Outro ponto de atenção, é a privacidade dos dados. Aplicações de IA exigem acesso a volumes consideráveis de informações pessoais de saúde, como históricos clínicos, exames e dados genéticos. Isso aumenta o risco de vazamentos e uso indevido.

Em 2021, o Brasil vivenciou incidentes significativos de segurança digital em sistemas de saúde, o que comprometeu a confiança pública.

A proteção da confidencialidade médico-paciente demanda medidas como criptografia, autenticação reforçada, auditorias e anonimização. A Dra. Torres enfatiza a importância de políticas robustas de proteção de dados. A OMS considera a coleta e uso antiético dessas informações um dos riscos mais sérios da IA em saúde.

A responsabilização por decisões tomadas com apoio da IA levanta outro dilema: quem responde por um erro? O profissional de saúde, o desenvolvedor do algoritmo ou o gestor público? Esse "limbo jurídico" exige revisão das normas de responsabilidade médica e civil. A OMS, nesse aspecto, propõe considerar a responsabilidade desde o fabricante até o usuário profissional.

No plano social, a introdução de IA no SUS não pode ampliar desigualdades já existentes. A tecnologia pode, por um lado, ajudar populações desassistidas por meio de triagem automatizada e telemedicina.

Por outro, pode excluir comunidades com baixa conectividade ou letramento digital. Embora mais de 80% dos lares tenham acesso à internet, há disparidades de uso por faixa etária e renda. O PBIA reconhece a necessidade de investir em conectividade, treinamento profissional e estratégias de inclusão digital. A equidade deve nortear os projetos-piloto e a alocação de recursos.

A aceitação da IA por profissionais e usuários é crucial. Médicos inicialmente receosos passaram a ver valor nas tecnologias que otimizam tarefas repetitivas sem substituir o contato humano.

A capacitação em saúde digital é urgente, pois muitos currículos ainda não abordam IA ou ética tecnológica. Casos de sucesso, como o uso de IA na detecção precoce de doenças, tendem a aumentar a confiança. Experiências no Reino Unido mostram que envolver os profissionais no desenvolvimento das soluções favorece sua adoção.

Para os pacientes, a confiança se fortalece com o uso eficiente dos serviços e comunicação clara. A experiência de conseguir agendar consultas com facilidade ou receber lembretes automatizados gera percepção positiva. A OMS reforça que

a IA deve sempre melhorar a experiência do paciente e ampliar o acesso universal, sendo submetida a avaliação rigorosa antes de sua adoção em larga escala.

3. Comparativos Internacionais

A análise do uso da inteligência artificial na saúde pública mostra que o Brasil pode aprender com experiências internacionais bem-sucedidas. Entre 2020 e 2025, diversos países estruturaram estratégias nacionais robustas de IA voltadas ao setor de saúde, proporcionando exemplos valiosos de boas práticas e alertas sobre desafios recorrentes. Destacam-se os casos do Reino Unido, Estônia e Cingapura, que adotaram abordagens distintas, porém eficazes, no uso da IA para melhorar o cuidado com a população.

O Reino Unido consolidou-se como referência mundial ao implementar uma política nacional articulada por meio do NHS AI Lab, criado em 2019 com aporte inicial de 250 milhões de libras.

O foco do programa foi integrar IA ao National Health Service, o sistema público de saúde britânico. Resultados concretos surgiram rapidamente: cerca de 90% das redes de tratamento de acidente vascular cerebral passaram a utilizar algoritmos como o Brainomix e-Stroke, capazes de interpretar tomografias cerebrais em segundos. Isso permitiu acelerar decisões clínicas críticas, reduzindo pela metade o tempo até o início da trombólise e aumentando significativamente a taxa de recuperação neurológica.

Em paralelo, o NHS investiu 21 milhões de libras em IA para diagnóstico precoce de câncer de pulmão, equipando mais de 60 hospitais com ferramentas que analisam radiografias com maior precisão e velocidade. Esses avanços foram acompanhados de um Código de Conduta específico para soluções de IA na saúde, que definiu parâmetros éticos, técnicos e operacionais para sua validação e adoção.

A integração entre profissionais da saúde e desenvolvedores também foi estratégica: médicos participaram desde a concepção até os testes das tecnologias, o que fortaleceu a confiança e facilitou a incorporação das inovações no cotidiano clínico.

Na Estônia, país com população reduzida, a estratégia digital foi centrada na integração de dados clínicos e genômicos. Desde os anos 2000, o país digitalizou amplamente o setor público, atingindo 99% de prescrições médicas em formato eletrônico. Um de seus diferenciais mais notáveis foi a criação de um Biobanco Nacional e a realização de sequenciamento genético em larga escala. Cerca de 20% da população já teve seu genoma sequenciado e vinculado ao prontuário eletrônico, permitindo que médicos acessem essas informações diretamente durante a consulta.

A IA é utilizada para cruzar dados genéticos, clínicos e comportamentais, o que viabiliza a identificação precoce de indivíduos com alto risco de doenças como o câncer de mama.

A governança de dados é rigorosa: os cidadãos decidem se querem participar, podem visualizar seus dados por meio do portal digital "Meu Genoma" e há comitês independentes para fiscalizar o uso das informações. Essa combinação de tecnologia, transparência e participação

cidadã resultou em confiança pública e efetividade clínica.

O Brasil, com o Programa Genomas Brasil, que visa sequenciar cem mil genomas até 2025, pode seguir essa trajetória, adaptando a abordagem estoniana ao seu contexto epidemiológico e populacional diverso.

Cingapura, por exemplo, incorporou a IA como instrumento central de sua política nacional de saúde preventiva. Diante do impacto crescente das doenças crônicas, como diabetes e hipertensão, o governo desenvolveu sistemas de pontuação de risco personalizados baseados na análise de dados clínicos, genéticos e comportamentais coletados por dispositivos móveis. Indivíduos com risco elevado são monitorados com maior frequência e recebem orientações proativas.

O país também investiu em tecnologias de autocuidado: aplicativos que monitoram sinais vitais, lembram o uso de medicamentos e alertam sobre variações críticas nos indicadores de saúde. O sistema SELENA+, usado para análise de imagens de retina, foi inicialmente concebido para detectar retinopatia diabética com acurácia 70% superior à humana e agora também é usado para prever risco cardiovascular.

A experiência de Cingapura ilustra como a IA pode ser aliada na promoção da saúde e no empoderamento do paciente.

Outros países também oferecem contribuições relevantes. O Canadá tem explorado o uso de IA na saúde mental, enquanto Israel promoveu a abertura de bases de dados anonimizados a pesquisadores e empresas, fortalecendo seu ecossistema de inovação.

Em todos esses exemplos, existem elementos em comum: liderança pública, investimentos estratégicos, infraestrutura digital, marcos regulatórios consistentes e articulação entre setores.

Tais experiências são úteis ao Brasil, que dispõe de um sistema de saúde universal, dados populacionais diversos e capacidade científica instalada. Com governança adequada e planejamento de longo prazo, a IA pode contribuir decisivamente para a qualificação do SUS e para a equidade no acesso à saúde.

4. Percepção da População, Cidades Inteligentes e Digitalização dos Serviços Públicos

A adoção de tecnologias de inteligência artificial na saúde pública deve ser compreendida dentro de um contexto mais amplo de digitalização dos serviços públicos e do desenvolvimento de cidades inteligentes.

O sucesso dessas inovações depende, em grande parte, da aceitação e satisfação da população usuária. Entre os anos de 2020 e 2025, pesquisas e indicadores nacionais sobre governo digital evidenciaram uma tendência favorável à receptividade dos brasileiros quanto às soluções digitais, embora persistam desafios em relação à experiência do usuário e à equidade de acesso.

A população brasileira vem demonstrando maior adesão aos serviços públicos digitais. Segundo levantamento

realizado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) em parceria com o Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos (MGI), cerca de 66,3% dos adultos brasileiros utilizaram ao menos um serviço público digital em 2024. Entre esses usuários, 77,1% avaliaram positivamente a experiência de uso, considerando-a fácil ou muito fácil.

Esses dados indicam que, quando bem concebidos, os serviços digitais governamentais podem atender às expectativas da população em termos de usabilidade. Os serviços de saúde figuraram entre os mais acessados, com destaque para o aplicativo - Conecte SUS, seguido por serviços de documentação civil e trânsito.

O Conecte SUS, impulsionado pela pandemia, popularizou o acesso digital a informações como histórico vacinal, resultados de exames e certificados de vacinação, tornando tangível a ideia de uma cidade inteligente que oferece serviços públicos ágeis e acessíveis na palma da mão.

Entretanto, a mesma pesquisa identificou uma parcela significativa da população que ainda não utiliza ou desconhece os serviços digitais disponíveis, principalmente no âmbito municipal.

Fatores como falta de divulgação, desconfiança e exclusão digital ajudam a explicar essa lacuna. Outro ponto importante é que os cidadãos tendem a avaliar melhor os serviços digitais do setor privado do que os ofertados pelo poder público, o que sinaliza a necessidade de contínua melhoria na oferta estatal.

A administração pública enfrenta, assim, o desafio de ampliar o alcance das ferramentas digitais e, simultaneamente, melhorar sua qualidade e eficácia percebida.

No contexto das cidades inteligentes, estudos realizados em municípios brasileiros indicam uma recepção moderadamente positiva por parte dos cidadãos.

Em São José dos Campos, por exemplo, pesquisa local apontou avaliações medianas para áreas como mobilidade e qualidade de vida inteligente, e notas mais baixas para governança digital. Isso revela que, embora a população reconheça os benefícios da tecnologia no cotidiano, há insatisfação quanto à transparência e participação cidadã nas decisões digitais.

Outro estudo, conduzido na cidade de Pindamonhangaba, mostrou que a dimensão de economia inteligente obteve a melhor avaliação, sugerindo que os habitantes percebem ganhos em inovação e empreendedorismo. Por outro lado, a baixa pontuação na dimensão de gestão e governança esteve relacionada à ausência de sistemas digitais eficientes no SUS municipal.

Essa constatação reforça que, para o cidadão, o conceito de cidade inteligente está intimamente ligado à presença de serviços públicos acessíveis, especialmente na área da saúde. Locais onde os cidadãos ainda enfrentam longas filas para marcar consultas ou não têm acesso digital a resultados de exames tendem a ser percebidos como tecnologicamente atrasados.

Em contraste, cidades que implantaram funcionalidades como agendamento eletrônico, prontuário eletrônico integrado e teleconsultas observam maior satisfação

dos usuários.

A população valoriza não apenas a praticidade, mas também a segurança e a transparência dos sistemas digitais. Pesquisas qualitativas apontam dúvidas recorrentes entre os cidadãos, como o destino dos seus dados, a utilização de sensores e câmeras pelas prefeituras e as alternativas disponíveis em caso de falhas nos sistemas automatizados.

Esse tipo de preocupação evidencia a importância da comunicação institucional e da educação digital. Esclarecimentos sobre a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) e campanhas informativas sobre o uso responsável das tecnologias públicas contribuem para a construção da confiança social.

Diversas iniciativas locais já foram implementadas com o intuito de ampliar a inclusão digital. Algumas cidades oferecem cursos de alfabetização digital voltados a idosos e pessoas com baixa escolaridade, viabilizando o acesso a ferramentas digitais básicas, como o uso de smartphones e navegação em aplicativos de saúde. Essas ações contribuem para reduzir as desigualdades no acesso às tecnologias públicas.

Também é relevante considerar a percepção de risco que pode emergir com o avanço de tecnologias de vigilância, como câmeras inteligentes e reconhecimento facial. Embora essas soluções sejam frequentemente justificadas pela busca por maior segurança pública, em contextos em que foram implementadas sem debate público, houve protestos e resistência.

Isso demonstra a importância do diálogo democrático na implementação de tecnologias sensíveis. No setor da saúde, a pandemia de COVID-19 serviu como experiência pedagógica coletiva, pois muitas pessoas passaram a reconhecer o valor da tecnologia ao utilizarem aplicativos de rastreamento, plataformas de teleconsulta e sistemas de informação em tempo real.

A percepção da população brasileira sobre a digitalização dos serviços públicos e o avanço das cidades inteligentes é, revela ao mesmo tempo, um cenário promissor e desafiador. Há uma disposição crescente para utilizar as tecnologias digitais, principalmente quando estas oferecem soluções concretas e melhorias perceptíveis na qualidade do atendimento.

Contudo, garantir que essa revolução alcance toda a população requer ações coordenadas de inclusão digital, comunicação pública transparente e aprimoramento constante dos serviços.

No caso específico da saúde pública, a inteligência artificial só será legitimada como ferramenta transformadora se estiver vinculada à melhoria tangível no cuidado, ao respeito aos direitos dos usuários e à promoção da equidade no acesso.

Conclusão

Quando analisados através do recorte temporal (2020 - 2025) no Brasil, a transição de um estágio inicial e experimental para uma fase de integração mais sistêmica da IA na saúde pública, impulsionado tanto por estratégias governamentais (como a ESD28 e o Plano “IA para o Bem de Todos”) quanto pela necessidade imposta pela pandemia de COVID-19, o

país avançou em projetos concretos que ilustram o potencial transformador da IA no SUS.

Os benefícios em perspectiva são significativos: sistemas de apoio ao diagnóstico que salvam vidas pela agilidade e precisão, políticas de saúde preventiva guiadas por análise massiva de dados, otimização de recursos escassos, personalização de tratamentos e empoderamento dos pacientes no autocuidado. Em síntese, aponta-se para uma nova era de saúde mais proativa, personalizada e eficiente, potencializada pela inteligência artificial. Contudo, colher esses frutos em toda a sua extensão exige ir além do papel e das promessas, requer enfrentar de frente os desafios e condicionantes discutidos.

Do ponto de vista prático, é necessário investir fortemente na infraestrutura certa (conectividade, bases de dados integradas, poder computacional) e na qualificação da força de trabalho em saúde digital, de modo que médicos, enfermeiros, gestores e técnicos do SUS estejam aptos a trabalhar lado a lado com as máquinas inteligentes.

Na perspectiva institucional, é necessário ajustar os marcos legais e normativos: aprovar uma lei de IA robusta, desenvolver regulamentações específicas para IA em saúde (sob liderança da ANVISA e do CNS, por exemplo), além de reforçar a aplicação da LGPD para proteger a privacidade do cidadão em cada nova solução implantada.

No campo ético, será fundamental manter o foco na equidade e na humanização a tecnologia deve servir para diminuir, e não aumentar, as iniquidades regionais e sociais; deve apoiar os profissionais de saúde, e não os substituir ou desvalorizá-los; deve, enfim, colocar o bem-estar humano no centro, conforme preconizado pela OMS.

O Brasil apresenta iniciativas importantes: o SUS, com sua capilaridade e princípios solidários, provê uma base excepcional para implementações de IA em larga escala, dado o volume e a diversidade de dados de saúde que maneja há décadas.

Há também uma comunidade científica e um ecossistema de startups emergentes em saúde digital que começam a florescer, prontos para colaborar no desenvolvimento de soluções adequadas à nossa realidade.

Os exemplos internacionais pavimentam o caminho, demonstrando o que funciona e o que evitar. Se as instituições como governo, universidades, empresas e sociedade civil atuarem em conjunto, cada qual contribuindo com sua expertise e recursos, o Brasil tem condições de se posicionar na vanguarda da IA em saúde, desenvolvendo soluções em casa para nossos desafios e quiçá exportando esse conhecimento para o mundo.

Trata-se de incorporá-la de forma soberana e responsável, habilitando uma saúde pública mais resolutiva e preditiva, mas sem jamais abandonar os princípios de universalidade e equidade que regem o SUS.

A IA não pode ser pensada como única alternativa nem substituto para investimentos estruturais em saúde, ela é uma ferramenta poderosa que, bem

governada, pode amplificar o impacto de políticas inteligentes, mas, se ela mão for bem conduzida, pode desperdiçar recursos e gerar novas desigualdades.

O relatório da OMS (2021) adverte, para não superestimar os benefícios da IA em detrimento de investimentos básicos necessários para a saúde universal.

Portanto, o caminho brasileiro deve equilibrar o entusiasmo tecnológico com o pragmatismo social: é preciso inovar, mas com avaliação cuidadosa de custo-efetividade; automatizar, mas sem desumanizar o cuidado; coletar dados, mas com respeito absoluto à dignidade e aos direitos dos cidadãos.

Somente assim a inteligência artificial poderá cumprir sua promessa de ser uma aliada transformadora da saúde pública, ajudando a salvar vidas e melhorar a qualidade de vida da população, enquanto fortalece e não enfraquece os valores do nosso sistema público de saúde.



Referências

BRASIL. Ministério da Saúde. Estratégia de Saúde Digital para o Brasil 2020–2028. Brasília: Ministério da Saúde, 2020. Disponível em:https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/estrategia_saude_digital_brasil_2020_2028.pdf. Acesso em: 3 nov. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Ministério da Saúde anuncia criação do primeiro hospital público inteligente do Brasil. Brasília: Ministério da Saúde. Agência Saúde, 04 set. 2025. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br. Acesso em: 3 nov. 2025.

BRASIL. Ministério da Gestão e Inovação. Pesquisa revela que 77% dos brasileiros consideram fácil o acesso a serviços públicos digitais. Brasília: MGI, 16 abr. 2025. Disponível em: https://www.gov.br/gestao/pt-br. Acesso em: 3 nov. 2025.

DAVENPORT, Thomas; KALAKOTA, Ravi. The potential for artificial intelligence in healthcare. Future Healthcare Journal, v. 6, n. 2, p. 94–98, 2019. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6616181/. Acesso em: 3 nov. 2025.

MENDES, Eugênio Vilaça. O cuidado das condições crônicas na atenção primária à saúde: o imperativo da consolidação do SUS. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2021.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Ethics and governance of artificial intelligence for health. Genebra: OMS, 2021. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200. Acesso em: 31 out. 2025.

OPAS – ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Transformação digital dos sistemas de saúde nas Américas. Washington, D.C.: OPAS, 2022. Disponível em: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/64754/OPASPUB240012_por.pdf?isAllowed=y&sequence=1. Acesso em: 05 nov. 2025.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. First global report on Artificial Intelligence in health: six guiding principles. Geneva: WHO, 2021. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200. Acesso em: 05 nov. 2025

fundação juntos podemos

Missão Barcelona

Sobre os Coordenadores e Autores



Alessandro Martello Panno

Advogado com especialização em Direito Eleitoral, Constitucional e Processo Eleitoral. Ampla experiência na gestão pública e na gestão partidária, ocupou cargos públicos no Estado do Rio de Janeiro e é Secretário Nacional do Podemos.



Alexandre Bissoli

Advogado, pós-graduado em Direito Constitucional pela Universidade de Salamanca. Especialista em Direito Eleitoral e Direito Processual Eleitoral pela Escola Judiciária Eleitoral Paulista (EJEP). Tem ampla experiência em processos de controle concentrado de constitucionalidade e na esfera eleitoral.



Andreson Borges dos Santos

Cientista Social pela Universidade Federal de São Paulo e Educador Social. Atualmente é Assistente de Pesquisa na área de Estudos e Pesquisas da Fundação Juntos Podemos.



Caio Cunha

Prefeito de Mogi das Cruzes (SP) (2021-2024) e Vereador (2013-2016; 2017-2020). Especialista em Gestão de Projetos (Esalq/USP), com formações complementares na London School of Economics, Harvard e Universidade de Zurique.



Cleyson Silva dos Santos

Bacharel em Economia pela Universidade Federal do Pará, especialista em Direito Tributário pela PUC-MG e mestre em Desenvolvimento Econômico pela Universidade Estadual de Campinas. É Pesquisador da Fundação Juntos Podemos.



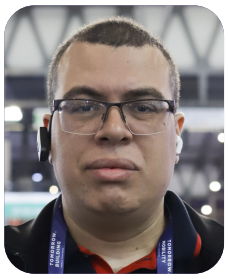
Cristiano Soares

Prefeito de Murutinga do Sul (SP) por dois mandatos consecutivos (2021-2024; 2025-2028) e Presidente reeleito do CIENSP. Tem ampla experiência na alta administração municipal e é bacharel em Administração, com especialização em Gestão Pública.



Felipe Calabrez

Bacharel e Mestre em Ciências Sociais (UEL), Doutor em Administração Pública e Governo (FGV-SP) e pós-doutorado no Sciences Po. Pesquisador do Instituto ReDem e autor do livro Introdução à Economia Política.



Franz Felipe da Luz

Diretor Administrativo da Fundação Juntos Podemos e Tesoureiro-Adjunto do Partido Podemos. Ocupou diversos cargos públicos no Município, no Estado de São Paulo e na União. Bacharel em Comunicação Social e especialista em Marketing pela FGV/SP.



Gabriel Abreu

Vereador do Município de São Paulo (2025-2028), ocupou cargos na gestão pública do Munícipio de São Paulo. Formado em Direito pela Universidade Presbiteriana Mackenzie e especialista em Governabilidade, Gerência Política e Gestão Pública pela FGV.



Gerson Pessoa

Prefeito do Município de Osasco (SP) (2025-2028), Deputado Estadual (2022-2024), ocupou cargos públicos no Município de Osasco. Bacharel em Análise de Sistemas, formado pelo RenovaBR, com especializações em tecnologia, gestão pública e inovação.



Guilherme Barcellos Anhê

Advogado e Professor. Bacharel em Direito e Mestre em Administração Pública pela FGV EAESP. Ocupou cargos públicos em estatais, no Estado e no Município de São Paulo. Atua no assessoramento parlamentar e na gestão pública.



João Lucas Nunes Monteiro

Advogado, Bacharel em Direito pela Faculdade de Direito de São Bernardo do Campo (FDSBC) e especialista em Direito Administrativo e Constitucional pela EPD e Especialista pela Universidade de Salamanca (ESP). Ocupou diversos cargos de direção em municípios, Estado de São Paulo e União, além de empresas privadas. É Presidente da Fundação Juntos Podemos.



Léo Moraes

Prefeito do Município de Porto Velho (RO) (2025-2028). Foi Deputado Estadual (2015-2018) e Deputado Federal (2019-2024) por Rondônia. Bacharel em Direito pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná e ex-Secretário-Geral do Diretório Central dos Estudantes.



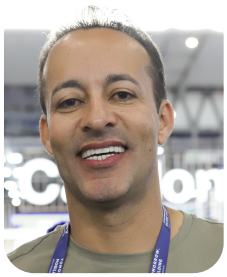
Marcos Dias Pereira

Vereador do Município do Rio de Janeiro (2025-2028). Atuou como Secretário Municipal e Estadual, presidiu diretórios partidários e integra diversas comissões e frentes parlamentares. Formado em Engenharia, Administração e Teologia.



Murilo Félix

Prefeito do Município de Limeira (SP) (2025-2028) e Deputado Estadual (2021-2023). Bacharel em Administração Pública e Administração de Empresas pela FGV, com formações complementares em Harvard e HEC Montreal.



Piter Santos

Prefeito do Município de Vargem Grande Paulista (SP) (2025-2028). Formado em Gestão Pública e Administração. Diplomado pela Alesp como Delegado-Adjunto do Conselho Federal Parlamentar (CONFEP) e atual Presidente Fiscal do Cioeste.



Priscila Gambale

Prefeita do Município de Ferraz de Vasconcelos (SP) (2021-2024; 2025-2028) e Vice-Presidente do Condemat. Pós-graduada e Mestre em Educação pela Pontifícia Universidade Católica, com ampla experiência em gestão escolar.



Reinaldo Alves

Prefeito do Município de São Sebastião (SP) (2025-2028). Foi Vice-Prefeito (2021-2024) e Vereador (2013-2016; 2017-2020), incluindo a Presidência da Câmara. Formado em Fisioterapia, possui ampla experiência em gestão pública.



Renata Abreu

Deputada Federal por São Paulo por três mandatos (2015-2018; 2019-2022; 2023-2026) e Presidente Nacional do Podemos. Formada em Direito pela Universidade Presbiteriana Mackenzie, em Administração de Empresas pela FGV EAESP e pós-graduada em Direito Eleitoral.



Ricardo Pires Calciolari

Advogado, Pesquisador e Professor. Bacharel e Mestre pela Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo (USP) e especialista pela Universidade de Salamanca. Ocupou cargos públicos em municípios e no Estado de São Paulo. Autor de livros, capítulos e artigos.



Roberto Siqueira

Diretor Financeiro da Fundação Juntos Podemos e Bacharel em Direito. Vereador de Guarulhos (SP) (2001-2004), com ampla experiência em administração partidária e atuação em cargos públicos municipais e estaduais.



Rodrigo Rara

Bacharel em Direito pela Universidade Federal da Bahia e especialista pela Universidad de Salamanca e pelo Insper. Atua em inteligência política, consultoria legislativa e coordenação de campanhas eleitorais em diversos estados.



Silvio Almeida

Prefeito do Município de Jaborandi (SP) por três mandatos (1993-1996; 2021-2024; 2025-2028). Foi Deputado Estadual (1999-2002). Especialista em Administração Pública, Mestre em Gestão Empresarial e pós-graduado pela Saint Joseph's University.



Yan Lopes

Prefeito (2025-2028) e Vereador (2021-2024) do Município de Caçapava (SP). Bacharel em Direito e Administração Pública, possui ampla experiência política, é presidente estadual da Juventude do Podemos São Paulo e destaca-se como uma das lideranças políticas mais jovens do país.

Juntos Podemos Pensar Cidades mais Inteligentes

Coordenação

Alessandro Martello Panno
João Lucas Nunes Monteiro
Ricardo Pires Calciolari

Autores

Alexandre Bissoli
Andreson Borges dos Santos
Cleyson Silva dos Santos
Caio Cunha
Cristiano Soares
Felipe Calabrez
Franz Felipe da Luz
Gabriel Abreu
Gerson Pessoa
Guilherme Barcellos Anhê
João Lucas Nunes Monteiro
Léo Moraes
Marcos Dias Pereira
Murilo Félix
Piter Santos
Priscila Gambale
Reinaldo Alves
Renata Abreu
Ricardo Pires Calciolari
Roberto Siqueira
Rodrigo Rara
Silvio Almeida
Yan Lopes

Fundação Juntos Podemos
São Paulo
2025

Veja mais sobre a fundação juntos podemos

Instagram

Site

Cursos

@ fundacaopodemos

/FundaçãoPodemos

fundacaopodemos.org.br/

contato@fundacaopodemos.org.br

Unidade São Paulo: Rua Fernandes Moreira, 507
Chácara Santo Antônio, São Paulo - SP
Unidade Brasília: SRTVS 701, Conj. D.
Bloco B -Sala 609 Asa Sul – Brasília - DF

fundação juntos podemos
construindo pontes, transformando a política

Como transformar a inspiração de uma smart city expo global na realidade de um município brasileiro?

Enquanto gestores públicos e planejadores são expostos a soluções tecnológicas deslumbrantes em palcos mundiais, o retorno ao Brasil revela um cenário de desafios urgentes: orçamentos restritos, a emergência climática cada vez mais presente e a ameaça crescente da "cidade hackeável", onde um ataque cibernético pode ser tão paralisante quanto um desastre natural.

"Juntos Podemos Pensar Cidades mais Inteligentes" é a ponte definitiva entre a visão e a execução.

Esta obra, coordenada por especialistas e fundamentada na experiência prática de gestores públicos, redefine o conceito de "cidade inteligente" para o contexto brasileiro. Demonstra que a verdadeira inteligência não está na simples aquisição de tecnologia, mas na capacidade de usar dados, governança e inovação para resolver problemas reais, com uma arquitetura lógica e implementável.

Com base em quatro pilares essenciais, este livro investiga:

- A Inteligência Fiscal: Como a IA e o geoprocessamento podem revolucionar a arrecadação (ISS e IPTU) de forma justa e como o "IPTU Verde" alinha a política tributária à sustentabilidade, garantindo a viabilidade do projeto.
- A Inteligência da Confiança: Como proteger o sistema? O livro aborda o risco da "cidade hackeável" e apresenta a tecnologia *blockchain* como a arquitetura de segurança essencial para garanti r a privacidade dos dados do cidadão e a integridade dos serviços.
- A Inteligência Resiliente: Como a cidade sobrevive? A obra explora a urgência de integrar o planejamento às "Cidades Esponja" e ao Protocolo de Sendai, preparando nossos municípios para a inevitável realidade climática.
- A Inteligência Humana: Qual o propósito de tudo? Analisando o caso do SUS, o livro debate como a IA deve ser usada para ampliar o acesso e promover a equidade no serviço mais essencial à população, o verdadeiro foco da gestão.

Esta não é uma coletânea de tendências futuristas, mas um guia prático de soluções aplicáveis. É uma ferramenta essencial para prefeitos, secretários, vereadores, servidores públicos, acadêmicos e todos os envolvidos na construção de cidades brasileiras mais eficazes, seguras e humanas.

fundação Juntos podemos construindo pontes, transformando a política

Missão Barcelona

ISBN: 978-65-01-83400-9