



CIDADES INTELIGENTES 360



Caderno Técnico

Mobilidade Urbana



Secretaria de
Desenvolvimento Econômico



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO SÃO TODOS





Caderno Técnico

Mobilidade Urbana

Secretaria de **Desenvolvimento Econômico**  **SÃO PAULO**
GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO SÃO TODOS

São Paulo, 2025

©Secretaria do Desenvolvimento Econômico

Av. Escola Politécnica, 82 – Jaguaré
CEP05350-000
São Paulo SP
Telefone 55 (11) 3718-6500

© Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT

Av. Professor Almeida Prado, 532 –
Cidade Universitária “Armando Salles Oliveira
CEP05508-901
São Paulo SP
Telefone 55 (11) 3767-4000
e-mail ipt@ipt.br
www.ipt.br

Cidades Inteligentes: Cadernos técnicos

Coordenadores

Maria Luiza Otero D’Almeida Lamardo – IPT (malu@ipt.br)
Caio Olmos Marinelli – SDE (comarinelli@sde.sp.gov.br)

Cidades Inteligentes: Caderno Técnico Mobilidade Urbana

Coordenador: Ely Bernardi (ely@ipt.br)

Autores (ordem alfabética):Cristina Maria Ferreira da Silva; Diogo Honorato Montagner; Ely Bernardi; Felipe Augusto Frazão Kleine; Gabriel Borelli Martins; Guilherme Matheus Rafael Parcerão; James Manoel Guimarães Weiss; Renato Monaco Nunes.

Autores dos Anexos: A e C (Maria Luiza Otero D Almeida Lamardo); B (Adriana Camargo Brito; Adriano Galindo Leal; Cristina Maria Ferreira da Silva; Denis Bruno Virissimo; Wagner Luiz Gava).

Apoio:

Edna Baptista dos Santos Gubitoso (bibliografias); Augusto Max Colin, Luiz Gustavo Pinto de Moraes Silviano e Rita de Cassia Parise (revisão do projeto gráfico e de imagens); Luciana Casciny Pacífico (Anexo A); Nereide de Oliveira (Anexo A)

Diagramação

Phábrica de Produções:

Alecsander Coelho, Daniela Bissiguini, Érsio Ribeiro, Kauê Rodrigues,
Paulo Ciola, Rebeca Tonello, Thiago Cordeiro

Capa

Freepik / Phábrica de Produções

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Cadernos técnicos cidades inteligente [livro eletrônico] : caderno técnico mobilidade urbana
/ [coordenação Maria Luiza Otero D’Almeida Lamardo, Caio Olmos Marinelli, Ely Bernardi].
-- 1. ed. -- São Paulo : Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2025. --
(IPT Publicação ; 3078)
PDF
Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-5702-049-4

1. Acessibilidade ao transporte local 2. Acessibilidade urbana 3. Mobilidade urbana 4. Plano Diretor 5. Transporte urbano - Planejamento I. Lamardo, Maria Luiza Otero D’Almeida. II. Marinelli, Caio Olmos. III. Bernardi, Ely. IV. Série.

25-315816.0

CDD-388.4

Índices para catálogo sistemático:

1. Mobilidade urbana 388.4
Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Apresentação

 processo de urbanização crescente tem remetido a questões que precisam ser contornadas para que seus sintomas não venham interferir de modo negativo no funcionamento das cidades e na qualidade de vida dos cidadãos.

Hoje é necessário ter um olhar mais abrangente sobre as cidades, que devem ser funcionais em todos os seus aspectos, além de preparadas para reagir ou minimizar os efeitos de eventos adversos.

Um dos grandes desafios enfrentados pelos gestores municipais é o de tornar suas cidades inteligentes. Neste contexto, a Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo, SDE, teve a iniciativa de, com o apoio do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT, elaborar cinco cadernos técnicos, em temas essenciais para uma cidade, abordando conceitos e pontos relevantes relacionados a cidades inteligentes. Os temas dos cadernos técnicos são os indicados a seguir.

- Caderno Técnico Governança e Planejamento Urbano
- Caderno Técnico Conectividade
- Caderno Técnico Mobilidade Urbana
- Caderno Técnico Serviços
- Caderno Técnico Segurança

Espera-se com esta iniciativa fornecer, para as prefeituras do Estado de São Paulo, um quadro diverso de conceito e soluções, que, embora não tratado de forma exaustiva, venha apoiar os gestores municipais na construção e execução de seus planejamentos, visando tornar seus respectivos municípios Cidades Inteligentes.

Sumário

1. Introdução.....	9
1.1 Cidades Inteligentes, Resilientes e Sustentáveis.....	10
1.2 Os Cadernos Técnicos	13
1.3 O Caderno Técnico Mobilidade Urbana	13
2. Plano de Mobilidade Urbana	16
2.1 Obrigatoriedade da Elaboração do PMU.....	16
2.2 Materiais de Referência para Elaborar o PMU.....	17
2.3 Considerações Gerais na Elaboração de um PMU	17
2.4 Principais Etapas de Elaboração de um PMU.....	18
3. Sistemas Inteligentes de Transportes	20
3.1 Domínios de Serviços.....	20
3.2 Recursos de ITS Utilizados nas Cidades	21
3.3 Dicas para Implantação de um Sistema de ITS.....	27
4. Mobilidade como Serviço (MAAS)	29
4.1 Cenário Atual.....	29
4.2 Exemplos de Aplicações.....	30
4.3 Desafios e Perspectivas Futuras	30
5. Micromobilidade e Mobilidade Ativa	32
5.1 Vantagens e Benefícios	33
5.2 A Micromobilidade Compartilhada	33
5.3 Regulamentações	37
5.4 Pontos de Atenção	38
6. Transporte Público Coletivo – Tipos e Seleção	41
6.1 Caracterização dos Sistemas de TPC	42
6.2 Escolha do Sistema TPC para a Cidade	45

7. Bilhetagem	49
8. Transporte Público Coletivo – Tendências em Controle Ambiental	51
8.1 Planejamento do Transporte Público Coletivo em Cidades Inteligentes	51
8.2 Impactos da Poluição Atmosférica sobre a Saúde da População	51
8.3 Necessidade de Reduzir a Poluição Gerada pelo Transporte Urbano	52
8.4 Eletrificação dos Veículos de Transporte de Passageiros	53
9. Gestão de Emergências e Desastres	61
9.1 Serviços de Emergência	62
9.2 Tecnologias Habilitadoras e Exemplos de Aplicação	62
9.3 Resposta a Desastres e Evacuação	63
9.4 Orientações para Prefeitos	66
10. Centros de Controle Operacional	68
10.1 Exemplos de CCOs	68
10.2 Quando Implementar um CCO	70
10.3 É Indispensável um CCO para uma Cidade Tornar-se Inteligente?	71
10.4 O CCO Resolve os Problemas de Mobilidade Urbana?	71
Glossário	73
Anexos	76
Anexo A - Documentos Legais e Normas Técnicas	77
Anexo B - Inteligência Artificial: Conceitos e Desafios	82
Anexo C - Indicadores: Cidades Inteligentes, Resilientes e Sustentáveis	90



1 Introdução

As cidades são ambientes complexos que impõem diversos desafios aos seus gestores, entre eles o de torná-las sustentáveis, inteligentes e resilientes — conceitos interligados que se reforçam mutuamente (Figura 1.1).

Figura 1.1 – Interação entre Cidades sustentáveis, inteligentes e resilientes



Fonte: Autores, 2025

Ao considerar o cidadão em sua totalidade — tanto como demandante de qualidade de vida quanto como gerador de impactos, como a produção de resíduos — torna-se evidente que a crescente migração do campo para as cidades no Brasil (Tabela 1.1) amplia significativamente os desafios enfrentados pelos gestores municipais. Esse processo tende a agravar questões urbanas que, se não forem adequadamente enfrentadas, podem comprometer o funcionamento das cidades e impactar negativamente a qualidade de vida da população.

Tabela 1.1 – Brasil 1960-2022 – População residente

Censo	População em área urbana (milhões)	População em área rural (milhões)	População total (milhões)	População em área urbana (%)	População em área rural (%)
1960	32,0	39,0	71,0	45,1	54,9
1970	52,9	41,6	94,5	56,0	44,0
1980	82,0	39,1	121,1	67,7	32,3
1991	110,9	36,0	146,9	75,5	24,5
2000	137,8	31,8	169,6	81,3	18,8
2010	160,9	29,8	190,7	84,4	15,6
2022	177,5	25,6	203,1	87,4	12,6

Fonte: Censo IBGE (2010)¹ e Siqueira e Britto (2024)²

A tendência de migração do campo para as cidades não ocorre apenas no Brasil, mas no mundo todo. Segundo o relatório World Population Prospects 2024³, das Nações Unidas, a população mundial que em 2024 atingiu 8,2 bilhões de pessoas deverá atingir 10,3 bilhões na década de 2080, e, então, permanecer ao redor desse valor. A migração do campo para a cidade também deve ocorrer de modo relativamente significativo, chegando a 70% por volta de 2050^{3,4}.

Ao caminhar no sentido de tornar as cidades inteligentes, resilientes e sustentáveis, os gestores municipais devem estar cientes de que não há soluções padronizadas e universais para tal e, tampouco, modelos prontos para serem replicados. Frequentemente soluções existentes devem ser adaptadas.

Particularidades, especificidades e singularidades locais devem ser consideradas na elaboração do planejamento de cidades inteligentes, resilientes e sustentáveis. Deste modo, é importante:

- **planejar** (estabelecer objetivos e processos necessários para obter resultados de acordo com os propósitos da comunidade);
- **fazer** (implementar processos e alcançar metas);
- **acompanhar** (monitorar e medir processos frente à política, objetivos e compromissos da comunidade, e relatar os resultados); e
- **corrigir** (tomar medidas necessárias para melhorar o desempenho).

Como o que não se mede, não se conhece, não se controla e não se melhora, é importante cada gestor municipal definir os indicadores e métricas relevantes, que servirão como parâmetros de referência em sua cidade (ver Anexo C).

1.1 Cidades Inteligentes, Resilientes e Sustentáveis

Cidades Inteligentes

Muitas são as definições de cidades inteligentes, provavelmente pelo termo inteligente ser de certa forma vago e, assim, permitir várias interpretações. Há a questão de conferir à cidade a capacidade de sentir e reagir de maneira dinâmica a situações simples e complexas com auxílio de tecnologias e, principalmente, com infraestrutura para aquisição e processamento massivos de dados e há, também, a questão de criar condições sociais e institucionais melhores para o capital humano. É desejável que a abordagem a essas questões sejam complementares.

A Carta Brasileira Cidades Inteligentes⁵ traz a definição a seguir transcrita para cidades inteligentes:

Cidades inteligentes são cidades comprometidas com o desenvolvimento urbano e a transformação digital sustentáveis, em seus aspectos econômico, ambiental e sociocultural, que atuam de forma planejada, inovadora, inclusiva e em rede, promovem o letramento digital, a governança e a gestão colaborativas e utilizam tecnologias para solucionar problemas concretos, criar oportunidades, oferecer serviços com eficiência, reduzir desigualdades, aumentar a resiliência e melhorar a qualidade de vida de todas as pessoas, garantindo o uso seguro e responsável de dados e das tecnologias da informação e comunicação.

A norma ABNT NBR UM 37122⁶ traz no seu item 3.4 a seguinte definição para cidades inteligentes:

Cidade que aumenta o ritmo em que proporciona resultados de sustentabilidade social, econômica e ambiental e que responde a desafios como mudanças climáticas, rápido crescimento populacional e instabilidade de ordem política e econômica, melhorando fundamentalmente a forma como engaja a sociedade, aplica métodos de liderança colaborativa, trabalha por meio de disciplinas e sistemas municipais e usa informações de dados e tecnologias modernas para fornecer melhores serviços e qualidade de vida para os que nela habitam (residentes, empresas e visitantes), agora e no futuro previsível, sem desvantagens injustas ou degradação do ambiente natural.

Cidades Resilientes

Cidades resilientes são aquelas que têm capacidade de se recuperar rapidamente de impactos causados por desastres, humanos ou naturais. Também têm capacidade de prever os impactos causados por esses desastres e de se antecipar a eles.

A norma ABNT NBR UM 37123⁷ traz no seu item 3.7 a definição a seguir transcrita para cidades resilientes: “Cidade capaz de preparar-se, recuperar-se e adaptar-se aos choques e tensões.”

Cidades Sustentáveis

Cidades sustentáveis são aquelas que adotam uma abordagem holística e não compartimentada, facilitando a cooperação de todas as partes interessadas em construir um sistema de gestão voltado para desenvolvimento sustentável.

O desafio do desenvolvimento sustentável é global, mas as estratégias para lançá-lo nas cidades são locais e podem ser diferentes de cidade para cidade. Cada cidade deve respeitar seus limites planetários e considerar as limitações impostas por eles. A norma ABNT NBR UM 3710⁸ define, em sua introdução, o conceito de limites planetários como abaixo transcrito.

O conceito de ‘limites planetários’ descreve um *framework* no qual a humanidade necessita viver, de forma a continuar a se desenvolver e prosperar para as próximas gerações. Mudanças climáticas, consumo de água, mudanças no uso do solo e perda da biodiversidade são exemplos de limites planetários. Ultrapassar estes limites pode gerar mudanças ambientais bruscas e irreversíveis, ao passo que respeitá-los reduz riscos significativamente. Limites planetários podem ser desagregados, de forma a selecionar medidas que podem ser atribuídas ao nível da comunidade, levando em conta uma situação específica.

Sustentabilidade e suas derivadas

O conceito de Sustentabilidade surgiu em 1987 com um relatório das Nações Unidas⁹ que chamava a atenção para a importância de se ter um desenvolvimento sustentável, para garantir às necessidades do presente e também das gerações futuras. Ao longo dos anos, de modo incremental, ações foram surgindo, tendo em mente que o desenvolvimento sustentável deve ser dinâmico e atender o futuro e as necessidades presentes, conforme indica o relatório das Nações Unidas (Figura 1.2).

Figura 1.2 – Ações relacionadas ao desenvolvimento sustentável



Fonte: Autores, 2025

Dentre as derivadas relacionadas ao desenvolvimento sustentável merece destaque a Agenda 2030 e a questão do Clima.

Agenda 2030

A Agenda 2030¹⁰ é um plano global proposto pelas Nações Unidas em 2015 e adotado por seus países membros que tem como principal objetivo promover o desenvolvimento sustentável em suas dimensões econômica, social e ambiental até o ano de 2030. Ela é baseada em 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, que abordam questões sociais, econômicas e ambientais (Figura 1.3).

Figura 1.3 – Objetivos do desenvolvimento Sustentável (ODS)



Fonte: Nações Unidas Brasil, 2025¹⁰

Clima (CPOs)

As Conferências das Partes (COPs) de países membros das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas têm como objetivo maior conter o aquecimento da temperatura do planeta, por meio da estabilização das concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa (GEE), limitando ou reduzindo suas emissões. Os gases de efeito estufa são: o dióxido de carbono (CO₂); o metano (CH₄); o óxido nitroso (N₂O), o ozônio (O₃) e os gases fluoretados.

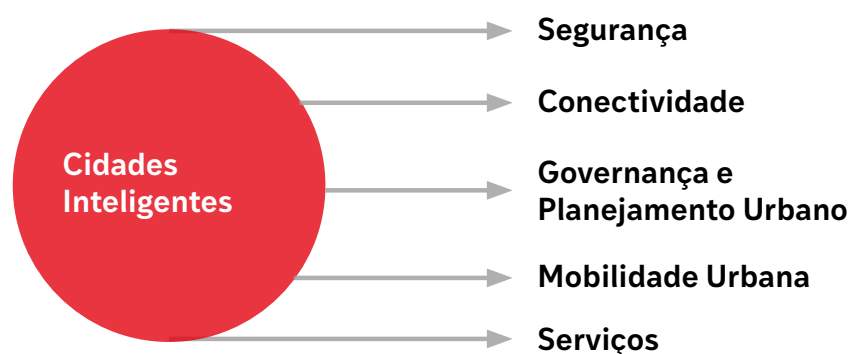
Entre os principais acordos sobre o clima estão: o Protocolo de Kyoto¹¹, por propor metas de controle para os gases de efeito estufa e introduzir a possibilidade do carbono tornar-se uma moeda de troca; e o Acordo de Paris¹², pelo compromisso de manter o aumento da temperatura média global bem abaixo de 2°C acima dos níveis pré-industriais e de buscar esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais. Tão importante quanto as questões climáticas é a preservação dos recursos naturais e da biodiversidade.

1.2 Os Cadernos Técnicos

Para apoiar os gestores municipais, cinco cadernos técnicos foram elaborados (Figura 1.4), tendo como foco principal cidades inteligentes, as quais possuem três qualidades¹³: a primeira é ser instrumentada, com capacidade de capturar dados do mundo real de dispositivos pessoais, sensores e aparelhos; a segunda é ser interconectada, capaz de transmitir dados entre diferentes serviços da cidade; e a terceira é ser inteligente, o que implica no uso de ferramentas analíticas para otimizar as atividades operacionais.

Embora o tema principal seja cidades inteligentes, ao longo dos cadernos podem aparecer textos sobre cidades sustentáveis e cidades resilientes, mesmo não sendo os enfoques prioritários.

Figura 1.4 – Cadernos Técnicos



Fonte: Autores, 2025

Os cadernos técnicos não pretendem ser exaustivos nos temas que tratam, mas apenas pontuar questões consideradas primordiais em cada tema. Espera-se que as informações neles contidas venham apoiar os gestores municipais no processo de tornar suas cidades mais inteligentes.

1.3 O Caderno Técnico Mobilidade Urbana

A mobilidade urbana refere-se à facilidade, à velocidade e à qualidade com que pessoas, bens e serviços podem se movimentar nas áreas urbanas.

Compreende diferentes modos de transporte, bem como o arranjo espacial desses modos em um ambiente construído.

É uma dimensão crucial do direito à cidade. Para as pessoas, a mobilidade implica na possibilidade de acessar espaços de trabalho, educação e lazer de forma segura e otimizada. Para os bens e serviços, representa a facilidade de alcançar, com segurança e em tempo, os locais onde serão utilizados ou consumidos.

Sejam os meios de transportes utilizados motorizados ou não, a mobilidade deve ser encarada como um dos itens prioritários no planejamento das cidades e os gestores precisam estar atualizados e atentos para enfrentar os desafios de propor políticas e aplicar soluções eficientes e eficazes, que garantam acessibilidade, segurança, eficiência, qualidade de vida, dinamismo econômico e inclusão social, com o menor impacto ambiental possível.

Neste caderno, são abordados nove eixos temáticos, a seguir relacionados.

- Plano de Mobilidade Urbana (Capítulo 2).
- Sistemas Inteligentes de Transportes (Capítulo 3).
- Mobilidade como Serviço – MaaS (Capítulo 4).
- Micromobilidade e Mobilidade Ativa (Capítulo 5).
- Transporte Público Coletivo – Tipos e seleção (Capítulo 6).
- Bilhetagem (Capítulo 7).
- Transporte Público Coletivo – Tendências em controle ambiental (Capítulo 8).
- Gestão de Emergências e Desastres (Capítulo 9).
- Centros de Controle Operacional (Capítulo 10).

Adicionalmente, são apresentados três Anexos, contendo informações gerais sobre legislação e normas, Inteligência Artificial e indicadores para cidades inteligentes, resilientes e sustentáveis, além de um pequeno Glossário.

Referências bibliográficas

1. IBGE. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>. Acesso em: 10 mar. 2025.
2. SIQUEIRA, B.; BRITTO, V. **Censo 2022: 87% da população brasileira vive em áreas urbanas**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>. Acesso em: 10 mar. 2025.
3. UNITED NATIONS. **World Population Prospects 2024: Summary of Results**. New York: United Nations, 2024. (UM DESA/POP/2024/TR/NO. 9).
4. NAÇÕES UNIDAS. **ONU prevê que cidades abriguem 70% da população mundial até 2050**. 2019. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2019/02/1660701>. Acesso em: 11 fev. 2025.
5. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Carta Brasileira Cidades Inteligentes**. Disponível em: https://cartacidadesinteligentes.org.br/files/carta_brasileira_cidades_inteligentes.pdf. Acesso em: 03 mar. 2025.
6. ABNT. **NBR ISO 37122:2020. Versão corrigida 2021**. Cidades e comunidades sustentáveis. Indicadores para cidades inteligentes. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/grd.aspx>. Acesso em: 01 mar. 2025.
7. ABNT. **NBR ISO 37123:2021**. Cidades e comunidades sustentáveis. Indicadores para cidades resilientes. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/grd.aspx>. Acesso em: 04 mar. 2025.
8. ABNT. **NBR ISO 37101:2017. Versão corrigida 2021. Errata 1:2024**. Desenvolvimento sustentável de comunidades – Sistema de gestão para desenvolvimento sustentável – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
9. UNITED NATIONS. **Our Common Future**. Report of the World Commission on Environment and Development, From One Earth to One World. United Nations, 1987. Disponível em: <http://www.un-documents.net/ocf-ov.htm>. Acesso em: 05 mar. 2025.
10. NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Como as Nações Unidas apoiam os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 05 mar. 2025.
11. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Protocolo de Kyoto**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto.html>. Acesso em 05.mar.2025

12. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Acordo de Paris**. Disponível em; <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html> Acesso em 05.mar.2025
13. HARRISON, C.; ECKMAN, B.; HAMILTON, R.; HARTSWICK, P.; KALAGNANAM, J.; PARASZCZAK, J.; WILLIAMS, P. Foundations for smarter cities. **IBM Journal of Research and Development**, v. 54, n. 4, p. 1-16, July/Aug. 2010. <https://doi.org/10.1147/JRD.2010.20>

2 Plano de Mobilidade Urbana

O Plano de Mobilidade Urbana (PMU) é o instrumento de implementação da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), instituída pela Lei nº12.587, de janeiro de 2012¹.

Em 2001 foi aprovada a Lei nº 10.257, conhecida como Estatuto da Cidade, que estabelece diretrizes gerais da política urbana². O instrumento principal para que isso ocorra é o Plano Diretor, que deve orientar o desenvolvimento do município pautado pelo bem-estar da comunidade.

Originalmente, o Estatuto da Cidade tratava apenas do transporte urbano, conceito que com o tempo e com o amadurecimento das discussões na sociedade brasileira precisou ser ampliado. Entendeu-se a necessidade da elaboração de políticas que lidassem com a mobilidade de pessoas e de bens no ambiente urbano.

A Lei nº12.587 institui a Política Nacional de Mobilidade Urbana, fundamentada no inciso XX do art. 21 da Constituição Federal, que diz respeito à instituição de diretrizes para o desenvolvimento urbano (inclusive no que se refere a transportes urbanos), e no art. 182 da Constituição Federal, sobre os objetivos da política de desenvolvimento urbano¹.

A PNMU prioriza os modos de transporte não motorizados e os serviços de transporte público coletivo sobre modos de transporte motorizados individuais.

2.1 Obrigatoriedade da Elaboração do PMU

De acordo com a Lei nº12.587, estão obrigados a elaborar o Plano de Mobilidade Urbana (PMU) ¹:

- Os municípios com mais de 20.000 (vinte mil) habitantes;
- Os municípios integrantes de regiões metropolitanas, de regiões integradas de desenvolvimento econômico e de aglomerações urbanas com população total superior a um milhão de habitantes; e
- Os municípios integrantes de áreas de interesse turístico, incluídas cidades litorâneas que têm a sua dinâmica de mobilidade normalmente alterada nos finais de semana, feriados e períodos de férias, em função do aporte de turistas, conforme critérios a serem estabelecidos pelo Poder Executivo.

Há prazos para a elaboração e aprovação do PMU pelos municípios: 12 de abril de 2024 para os municípios com mais de 250.000 (duzentos e cinquenta mil) habitantes, e 12 de abril de 2025 para os municípios com até 250.000 (duzentos e cinquenta mil) habitantes, de acordo com a legislação vigente³. Encerrado o prazo, os municípios que não tenham o PMU aprovado poderão solicitar e receber recursos federais destinados à mobilidade urbana apenas se os recursos forem utilizados para a elaboração do PMU.

2.2 Materiais de Referência para Elaborar o PMU

Além da legislação vigente que trata especificamente sobre Mobilidade Urbana, o gestor público tem acesso a documentos que buscam auxiliá-lo na elaboração do PMU. Dentre estes documentos, destacam-se:

PlanMob – Caderno de referência para elaboração de PMU⁴

Trata-se de documento elaborado em 2015 pela então Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana (SeMob – atual Secretaria Nacional de Mobilidade Urbana), vinculada ao Ministério das Cidades.

O documento faz uma breve análise do processo de urbanização do Brasil, contextualizando a elaboração da Lei nº12.587, em janeiro de 2012. Em seguida, explica os pontos chave da legislação voltada à mobilidade urbana, apresenta os componentes do sistema e sua relação com o meio ambiente e com os Planos Diretores. O planejamento da mobilidade urbana é amplamente discutido, levando em consideração fatores sociais, econômicos, geográficos, ambientais, e muitos outros.

Os dois últimos capítulos são reservados para tratar do conteúdo e do processo de construção de PMUs. Servem como um guia detalhado para auxiliar o gestor na sua elaboração.

Cartilha de apoio à elaboração de Planos de Mobilidade Urbana Locais⁵

A cartilha apresenta uma metodologia simplificada para a elaboração do PMU, tratando do conteúdo mínimo obrigatório. Outros elementos podem ser necessários a depender da realidade, dos objetivos e da complexidade do sistema de mobilidade do município. É um documento particularmente útil para os gestores de pequenos municípios.

2.3 Considerações Gerais na Elaboração de um PMU

Tanto a legislação vigente quanto os documentos de referência indicados anteriormente (Cartilha de apoio à elaboração de PMUs locais⁵ e Caderno de referência para a elaboração de PMU⁴), deixam clara a necessidade de priorização dos meios de transporte não motorizados e dos meios de transporte públicos coletivos. Sendo assim, os municípios que não possuem sistema de transporte coletivo e que não pretendem constituir-lo para atingir os objetivos delineados, devem construir seu PMU com enfoque no planejamento de infraestrutura que seja adequada aos deslocamentos a pé ou por meio de bicicletas, patinetes ou outros meios de transporte não motorizados.

Contudo, é importante ressaltar que isso não significa que o planejamento viário não seja importante, ou que todo o conhecimento adquirido na área deva ser deixado de lado. As boas práticas e o conhecimento adquirido devem ser aproveitados, mas sob um contexto mais amplo, que tenha como enfoque a mobilidade de pessoas e de bens no ambiente urbano, e não a mobilidade de veículos, afinal é um tema que tem impacto direto na qualidade de vida da população.

As políticas de uso e ocupação do solo, fundamentalmente tratadas pelo Plano Diretor, devem levar em consideração a infraestrutura de mobilidade disponível ou devem estar alinhadas às estratégias do município. Densidades de ocupação do território equilibradas têm que ser buscadas, de modo que a infraestrutura para a mobilidade seja suficiente e que haja um adensamento das atividades em regiões de fácil acesso pela população, reduzindo as distâncias e, consequentemente, a necessidade de viagens por meio de veículos motorizados privados.

2.4 Principais Etapas de Elaboração de um PMU

De acordo com o art. 24 da Lei nº12.587, o PMU deverá contemplar¹:

- Os serviços de transporte público coletivo;
- A circulação viária;
- As infraestruturas do sistema de mobilidade urbana, incluindo ciclovias e ciclofaixas;
- A acessibilidade para pessoas com deficiência e restrição de mobilidade;
- A integração dos modos de transporte público e destes com os privados e não motorizados;
- A operação e o disciplinamento do transporte de carga na infraestrutura viária;
- Os polos geradores de viagens;
- As áreas de estacionamento público e privados, gratuitos ou onerosos;
- As áreas e horários de acesso e circulação restrita ou controlada;
- Os mecanismos e instrumentos de financiamento do transporte público coletivo e da infraestrutura de mobilidade urbana; e
- A sistemática de avaliação, revisão e atualização periódica do Plano de Mobilidade Urbana em prazo não superior a 10 (dez) anos.

A Figura 2.1 ilustra bem os tópicos obrigatórios do PMU. Para cada um dos itens deve-se estabelecer objetivos, metas e ações estratégicas. O município precisa compreender sua situação atual, por meio de monitoramento dos aspectos relevantes do sistema. Essa análise, aliada à avaliação criteriosa dos dados coletados e uma visão de futuro para o município, permitirá o estabelecimento de metas mensuráveis e a elaboração de um plano de ações estratégicas voltado ao seu alcance.

Figura 2.1 – Conteúdos mínimos do Plano de Mobilidade Urbana



Fonte: Ministério das Cidades, 2025⁵

É importante ressaltar que os objetivos do município, sejam os de curto ou os de longo prazo, devem ser construídos em conjunto com a comunidade que usufruirá das políticas públicas.

Para cada um dos itens obrigatórios, a Cartilha de apoio à elaboração de Planos de Mobilidade Urbana Locais explica do que se trata e qual deve ser a abrangência dada, além de dar exemplos de diagnósticos, objetivos, metas e ações estratégicas.

No Quadro 2.1, são apresentados exemplos de diagnósticos, objetivos, metas e ações estratégicas de um dos itens obrigatórios da lista do art. 24 da Lei nº 12.587: Integração dos modos de transporte públicos e destes com os privados e não motorizados. Vale ressaltar que vários exemplos para todos os itens obrigatórios são mostrados na Cartilha de apoio à elaboração de Planos de Mobilidade Urbana Locais⁵.

Quadro 2.1 – Exemplos de diagnósticos, objetivos, metas e ações estratégicas para município hipotético considerando a integração dos modos de transporte públicos e destes com os privados e não motorizados⁵

Diagnóstico	Objetivos	Metas	Ações estratégicas
■ Levantamento dos diferentes modos e serviços de transportes presentes no município ■ Existência de serviço de transporte público coletivo (ônibus).	■ Promover a integração do transporte não motorizado com o transporte público coletivo. ■ Fomentar o uso de bicicletas	■ Implantar o serviço de bicicletas compartilhadas em 2 anos. ■ Implantar 2 bicicletários no terminal rodoviário e em pontos de ônibus específicos nos próximos 4 anos. ■ Estruturar áreas visando à conexão entre os diferentes modos de transporte	■ Articulação junto à iniciativa privada para estudo de viabilidade para implantação de serviço de bicicletas públicas. ■ Realização de estudos visando à integração do transporte público coletivo com o modo ciclovitário. ■ Implantação de bicicletários com bicicletas públicas na rodoviária municipal e nos bairros. ■ Implantação de áreas de estacionamento e áreas de transferência de passageiros no terminal rodoviário, incluindo pontos de embarque e desembarque.

Fonte: Adaptado de Ministério das cidades, 2025⁵

Referências

1. BRASIL. Lei Nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis nºs 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e das Leis nºs 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 149, n. 3, 4 jan. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm. Acesso em: 11 mar. 2025
2. BRASIL. Lei Nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 138, n. 133, 11 jul. 2001. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm. Acesso em: 11 mar. 2025.
3. BRASIL. Lei Nº 14.748, de 5 de dezembro de 2023. Altera a Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012, a fim de dispor sobre o prazo para a elaboração do Plano de Mobilidade Urbana pelos Municípios. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 161, n. 231, 6 dez. 2023. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/lei/L14748.htm. Acesso em: 1 abr. 2025.
4. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **PlanMob – Caderno de referência para elaboração de Plano de Mobilidade Urbana**. Brasília: MC, 2015.
5. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Apoio à elaboração de Planos de Mobilidade Urbana Locais – Metodologia Simplificada**. Brasília: MC, 2025.

3

Sistemas Inteligentes de Transportes

Entende-se por Sistemas Inteligentes de Transportes ou ITS (*Intelligent Transportation Systems*), aqueles sistemas que utilizam, com sinergia, diversas tecnologias e conceitos de engenharia de sistemas, para desenvolver, implementar e aperfeiçoar sistemas de transportes de qualquer natureza¹.

Compreendem recursos de hardware, software e telecomunicações que, aplicados na infraestrutura viária e nos veículos, permitem otimizar serviços relativos à circulação de pessoas, mercadorias e veículos em toda a rede de transportes. Fazem uso intensivo de sensores e, mais recentemente, de Internet das Coisas (IoT), ferramentas de Inteligência Artificial e de aprendizado de máquina

3.1 Domínios de Serviços

A arquitetura internacional de ITS² identifica 10 áreas de aplicação ou domínios de serviços de ITS (Figura 3.1), que possuem uma finalidade comum e se encontram a seguir brevemente descritos. Exemplos de recursos utilizados para alguns deles serão abordados a seguir.

Figura 3.1 – Domínios de Serviços de ITS



Fonte: IPT

- **Informações para usuários:** compreendem o fornecimento de informações tanto estáticas quanto dinâmicas sobre a rede de transportes de superfície, antes e durante as viagens, abarcando opções intermodais, baldeações e o status de outros modos de transporte.
- **Operações e gerenciamento de tráfego:** visam garantir a fluidez na circulação de pessoas, mercadorias e veículos em toda a rede de transportes, em especial nas áreas urbanas. Envolvem atividades de fiscalização, monitoramento e controle automatizados, além de processos de tomada de decisão em tempo real para lidar com incidentes e distúrbios na rede. Também incluem o gerenciamento da demanda de viagens, de forma a garantir plena mobilidade dos usuários.
- **Serviços a bordo do veículo:** ajudam a melhorar a segurança e a eficiência operacional, fornecendo avisos e assistência aos motoristas, além de informações sobre a operação do veículo. Podem utilizar dados externos ou informações geradas na própria operação do veículo para, por exemplo, evitar colisões, manter a velocidade máxima permitida, ou alertar sobre mudança de faixa e aproximação de pedestres.
- **Transporte de cargas:** englobam atividades que facilitam as operações de frotas de veículos comerciais e a movimentação de cargas, como o gerenciamento de credenciamentos, o monitoramento de frotas, o fornecimento de informações multimodais e o controle de cargas perigosas.
- **Transporte público:** otimizam os serviços de transporte público em relação à sua eficiência e pontualidade, incluindo aspectos multimodais e compreendendo: monitoramento dos sistemas internos dos veículos, rastreamento de frotas, serviços de horários, dentre outros, e fornecendo informações tanto para os operadores quanto para os usuários.
- **Serviços de emergência:** procuram fazer com que os serviços de emergência sejam mais rápidos, seguros e eficientes, garantindo o acesso a informações corretas e atualizadas, como, por exemplo, notificações de colisão, pedidos de socorro dos usuários, alertas de roubo de veículos e acidentes envolvendo cargas perigosas.
- **Meios de pagamento para serviços de transportes:** referem-se aos pagamentos realizados pelos usuários para acessar a rede de transportes e os serviços de mobilidade, incluindo pedágios.
- **Monitoramento das condições ambientais:** envolvem atividades de monitoramento e notificação aos usuários, responsáveis e gestores da rede de transportes sobre condições climáticas e ambientais que possam impactar a rede e seus usuários.
- **Gerenciamento e coordenação de respostas a desastres:** dizem respeito à operação e ao uso da rede de transportes, de maneira a mitigar o impacto de desastres naturais ou causados pelo homem, gerenciando dados, prevendo evacuações e integrando informações e ações com os órgãos responsáveis por atuar nas emergências.
- **Desempenho do gerenciamento de tráfego:** concentram-se na simulação da operação da rede de transportes de superfície, utilizando dados de monitoramento – tanto em tempo real quanto históricos – do funcionamento da rede.

3.2 Recursos de ITS Utilizados nas Cidades

Radares de Velocidade

A gestão da velocidade continua sendo um dos maiores desafios enfrentados pelos profissionais de segurança viária em todo o mundo³. A velocidade em que um veículo circula influencia diretamente o risco de um acidente, sua gravidade e a possibilidade de morte, pois quanto maior a velocidade de um veículo, maior a distância de parada necessária⁴.

Assim, os radares de velocidade, muitas vezes vistos pelos usuários apenas como parte da “indústria da multa”, exercem um papel importante para inibir a circulação de veículos em excesso de velocidade, reduzindo a quantidade e a gravidade de acidentes de trânsito.

Os radares de velocidade podem ser instalados de três modos: fixo (Figura 3.2), móvel ou embarcado em veículos. Também podem ser instalados de maneira a calcular a velocidade média entre trechos, evitando dessa forma que o usuário freie o veículo apenas num ponto de medição.

São compostos de vários dispositivos, como sensores, câmeras, iluminadores, controladores, antena de comunicação.

Figura 3.2 – Sistema fixo: câmeras, iluminadores, gabinete, antena.



Fonte: IPT

Radares de múltiplo uso

Quando os radares de velocidade são associados a softwares de OCR (reconhecimento automático de caracteres) e sistemas de consulta a bases de dados, é feita a identificação imediata do veículo, podendo então ser verificado seu atendimento à legislação e às normas vigentes, acusados veículos roubados, fiscalizadas vias ou áreas de acesso restrito, como faixas exclusivas para ônibus e zonas em que caminhões não podem circular em determinados horários.

Barreira eletrônica

Quando os radares possuem também um painel que informa ao usuário a velocidade trafegada, são chamados de barreira eletrônica (Figura 3.3).

A barreira eletrônica é utilizada, principalmente, em trechos nos quais se faz necessária uma mudança de velocidade pontual, como escolas e locais de travessia de pedestres.

Figura 3.3 – Barreira eletrônica

Fonte: JM Online

Como funcionam os radares⁵

Para detectar a passagem do veículo e calcular a velocidade, a tecnologia mais amplamente utilizada pelos radares é a dos laços indutivos magnéticos⁴ instalados no pavimento, o que exige – tanto por ocasião da instalação quanto da manutenção – intervenções no pavimento.

Sempre que conveniente, os laços magnéticos são substituídos por sensores não intrusivos, tais como, os sensores a laser, doppler ou câmeras de vídeo, que podem ser instalados em portais, pontes, viadutos ou alguma outra estrutura.

O método de cálculo da velocidade varia dependendo do sensor utilizado.

Para registrar e processar as imagens dos veículos infratores são utilizadas câmeras fotográficas ou de vídeo e técnicas de processamento de imagens aplicadas sobre fotos ou sequências de fotos/*frames* (no caso de vídeos).

Para evitar o efeito “borrão” produzido pelos veículos em velocidade, as câmeras combinam iluminação no espectro de radiação do infravermelho – *flash* embutido que reflete bem as placas e não é visível ao olho humano, com controle flexível do obturador (para reduzir seu tempo). Assim, funcionam bem em altas velocidades e durante o dia e à noite.

Para processar as imagens dos veículos infratores coletadas, os métodos variam desde a análise sobre uma imagem binária, passando pelo processamento dos vários níveis de cinza ou colorido, chegando aos chamados classificadores, que utilizam estatística, redes neurais ou algoritmos genéticos para interpretar a imagem obtida, identificar a região da imagem onde está a placa veicular e extrair a imagem da placa, para a seguir segmentar os caracteres para posterior reconhecimento.

Para realizar o reconhecimento dos caracteres segmentados, são utilizados softwares de OCR (*Optical Character Recognition*) que fazem uso de algoritmos que utilizam classificadores estatísticos, arquiteturas de inteligência computacional e técnicas de reconhecimento de padrões.

Após o reconhecimento da placa, o sistema se comunica com outros sistemas ou bases de dados para, enfim, realizar as funções de ITS para as quais foi projetado. Nessa fase, os dados são analisados, transmitidos e processados, utilizando-se ferramentas de Tecnologia da Informação (TI) e de telecomunicações diversas.

Semáforos Inteligentes

Os sistemas semafóricos instalados nas vias urbanas têm sido utilizados há muitos anos com o objetivo de aumentar a segurança e organizar o fluxo de veículos e pedestres em cruzamentos e intersecções. São constituídos por dispositivos de sinalização controlados por unidades programáveis especialmente configuradas em função do número de faixas, número de intersecções, quantidade de fases etc.⁵

Atualmente, as soluções adotadas nas grandes cidades envolvem o controle semafórico em tempo real, ou seja, os tempos de verde, amarelo e vermelho variam em função das condições atuais do tráfego a cada momento. Esse controle em tempo real é uma alternativa aos sistemas de planos fixos, que operam com ciclos pré-programados, de acordo com a hora do dia, contagens manuais do tráfego ou mesmo com base em parâmetros de tráfego. Também diferem dos sistemas atuados, que apenas prolongam o tempo de verde quando detectam a aproximação de mais veículos, até atingir um tempo máximo.

Nos sistemas de controle em tempo real, as reduções nos tempos de espera e de travessia são otimizadas com base na medição do tráfego feita por sensores e câmeras de vídeo instaladas nas vias, associadas a softwares avançados de modelagem e controle. Esses algoritmos analisam continuamente os dados de tráfego e ajustam automaticamente os tempos dos semáforos, promovendo maior fluidez e eficiência no trânsito.

A incorporação de subsistemas adicionados ao controlador básico permite funcionalidades extras, como priorizar veículos de transporte público e de emergência. Por meio da análise do fluxo e da velocidade dos veículos, também é possível evitar a mudança para o sinal vermelho quando o veículo já estiver numa zona crítica de parada, reduzindo assim o risco de colisões.

O uso de recursos para detecção e rastreamento de pedestres, por meio de câmeras, torna possível ajustar os tempos de travessia de forma mais segura e adaptada à presença de pessoas na via.

Para orientações mais detalhadas sobre as condições ideais para a instalação de semáforos, recomenda-se a consulta à nota técnica da CET-SP⁶, que trata do tema de maneira abrangente.

Painéis de Mensagem Variável (PMVs)

Os Painéis de Mensagem Variável (PMVs) são dispositivos de sinalização e comunicação digital que exibem mensagens em tempo real por meio de painéis de LED. São considerados recursos de sinalização dinâmica, com a função principal de orientar os usuários da via sobre as condições do tráfego.

Instalados em pontos estratégicos, os PMVs têm a finalidade de informar ao usuário sobre situações que afetam a circulação, como acidentes, obras, congestionamentos, condições climáticas adversas ou eventos especiais. Também podem fornecer ao usuário opções alternativas de rotas e desvios.

Para que sua atuação seja eficaz, os painéis precisam estar integrados a uma central de operações, com acesso em tempo real às informações de tráfego da região. A capacidade de transmitir informações rápidas, precisas e úteis só pode ser conseguida com a capacidade de reunir, processar e interpretar dados provenientes de fontes variadas e associadas a sistemas automatizados e otimizados de análise de tráfego.

Os PMVs podem ser classificados em fixos ou móveis.

Os painéis fixos são montados em estruturas permanentes, como pórticos, semipórticos ou colunas, com ampla visibilidade aos usuários (Figura 3.4), e com frequência são utilizados em vias expressas e rodovias. São conectados à rede elétrica e se comunicam com uma central.

Quando móveis, esses painéis são posicionados na lateral da via ou em canteiros centrais (Figura 3.5), podendo ser deslocados com facilidade e de acordo com a necessidade. Nesse caso possuem um gerador de energia, que pode ser uma bateria ou uma célula solar⁸.

Figura 3.4 – PMV fixo

Fonte: Shempo

Figura 3.5 – PMVs móveis

Fonte: Innovia e Shempo

Contadores de Tráfego

Os contadores de tráfego (Figura 3.6.) são dispositivos utilizados para coletar dados sobre o volume de veículos em circulação, podendo processar essas informações localmente e transmiti-las para uma central de controle. Também são capazes de avaliar níveis de congestionamento, e classificar os diferentes tipos de veículos que trafegam na via.

Os sistemas tradicionais utilizam laços magnéticos instalados no pavimento. As tecnologias mais avançadas utilizam câmeras de vídeo associadas a recursos de visão computacional, permitindo que a contagem e a classificação sejam feitas a partir da análise automatizada das imagens, e podendo identificar não somente o fluxo de veículos, mas também o fluxo de pedestres e ciclistas.

Figura 3.6 – Contador de tráfego

Fonte: Siga Mais

Controles de Acesso

Esses sistemas são utilizados para proteger áreas históricas ou residenciais próximas a grandes geradores de tráfego, como estádios ou complexos de entretenimento. Também são aplicados em regiões com altos níveis de poluição ou congestionamento.

Seu principal objetivo é reduzir o tráfego e a quantidade de veículos estacionados na zona controlada, contribuindo para a melhoria da qualidade do ar e facilitando a mobilidade de pedestres e de moradores.

Em geral, o controle de acesso é feito por meio de um *gate* (físico ou virtual) operado por um equipamento ativado por algum tipo de identificador. Nos veículos, instala-se um dispositivo com unidade de comunicação e *smart card*, que possibilita diferentes transações: desde a simples verificação da autorização de acesso até a cobrança de uma tarifa, quando aplicável.

Além disso, em alguns casos, são utilizados sistemas de leitura automática de placas veiculares para realizar o controle.

Controladores de Estacionamento

Os sistemas de gerenciamento de estacionamento oferecem diversas funcionalidades que aprimoram o uso e a operação de áreas de estacionamento, automatizando o controle de estacionamento nas ruas e avenidas, e fornecendo informações sobre vagas e áreas disponíveis.

Esses sistemas utilizam detectores de ocupação, como sensores instalados nas entradas, saídas e em cada vaga, e painéis de mensagens que informam sobre a disponibilidade de vagas nos estacionamentos interligados ao sistema. A informação pode, também, ser acessada por meio da Internet e de dispositivos móveis, como smartphones e celulares.

Sensores para Detecção de Altura de Veículos

Localizados em pontos estratégicos, próximos a passagem sob obras de arte (pontes e viadutos), esses sensores permitem a detecção, identificação e discriminação de veículos. Caso a altura do veículo em movimento (altura dinâmica) exceda a altura máxima permitida, é acionado um alerta tanto para os respectivos condutores quanto para Centrais de Operação, evitando assim acidentes e danos à estrutura das obras de arte.

Circuito Fechado de Televisão (CFTV)

Com a utilização de câmeras de vídeo localizadas em pontos estratégicos e interligadas a uma central de monitoramento, é possível, por exemplo, acompanhar o tráfego em tempo real e detectar incidentes.

Profissionais especializados ou, em alguns casos, recursos de Inteligência Artificial, analisam as imagens para fornecer evidências que auxiliam na tomada de decisões imediatas ou na identificação de áreas que necessitam de maior atenção e planejamento futuro.

3.3 Dicas para Implantação de um Sistema de ITS

Um Sistema de Transporte Inteligente (ITS) compreende um conjunto integrado de tecnologias e subsistemas, cujo desempenho depende diretamente da correta operação e da interação eficiente entre todos os seus componentes.

No caso específico dos radares, por ex., esse conjunto pode incluir: pontos de energia e redes de comunicação; sensores para detecção da passagem e medição da velocidade de veículos, contagem e classificação; iluminadores; dispositivos de captura de imagens (câmeras de vídeo ou de registro fotográfico); sistemas de processamento de imagens para leitura e reconhecimento de placas veiculares; controladores e unidades de processamento local; além de mecanismos para transmissão de dados a centrais operacionais, onde *softwares* especializados auxiliam na tomada de decisões. A falha de qualquer um desses elementos compromete o funcionamento adequado do sistema como um todo.

A implantação de um recurso de ITS exige um planejamento criterioso, baseado em diagnósticos bem fundamentados sobre as reais necessidades dos locais onde será instalado. Uma vez comprovada a necessidade, é fundamental garantir uma instalação de qualidade, viabilizar testes de aceitação (comissionamento) de *hardware*, *software* e dos serviços desejados, acompanhar de forma contínua a operação, assegurar a manutenção preventiva e corretiva, além de realizar avaliações periódicas de desempenho.

Também é essencial dispor de equipes técnicas bem treinadas para operar os sistemas e interpretar os dados gerados. Caso a prefeitura não possua equipe própria para esse fim, é recomendável manter ao menos uma equipe mínima de fiscalização qualificada, capaz de acompanhar e garantir a correta execução das tarefas por parte dos prestadores de serviço, assegurando assim a excelência e a qualidade dos resultados obtidos.

Referências

1. IEEE. **Intelligent Transportation Systems Society**. Disponível em: <https://ieee-itss.org/>. Acesso em: abr. 2024.
2. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14813-1**. Third Edition 2024-08. Intelligent transport systems – Reference model architecture (s) for the ITS sector – Part 1: ITS service domains, service groups and services.
3. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Speed management**: a road safety manual for decision-makers and practitioners. 2 ed. Global Road Safety Partnership, International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, Geneve: WHO, 2023.
4. MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Guia de Medidas de Moderação do Tráfego**. Brasília: MT, 2024. (Coleção Boas Práticas de Segurança no Trânsito).

5. U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. FHWA - Federal Highway Administration. **Traffic Detector Handbook**. 3th Ed. Washington, DC: FHWA, 2006. v. 1. (Publication No. FHWA-HRT-06-108).
6. BERNARDI, E. **Os sistemas de identificação veicular, em especial o reconhecimento automático de placas**. São Paulo, [s.n.], 2015. 150 p.
7. MING, Sun H. **Critérios de Implantação de Semáforos: Filosofia, Objetivo e Método**. São Paulo: Companhia de Engenharia de Tráfego da Cidade de São Paulo, 2023. 71 p. (Notas Técnicas. NT 283).
8. SOUZA, Cláudio P. A. **Painéis de Mensagens Variáveis**. São Paulo: Companhia de Engenharia de Tráfego da Cidade de São Paulo, 2015, 99 p. (Boletins Técnicos. BT 57).

4 Mobilidade como Serviço (MAAS)

A Mobilidade como Serviço (*Mobility as a Service* - MaaS) é definida como a integração de diferentes modais de transporte — como transporte público, bicicletas, carros compartilhados, táxis e serviços de carona — em uma única plataforma digital que oferece mobilidade sob demanda¹.

A ideia é simplificar a experiência do usuário, permitindo que ele planeje, reserve e pague por diferentes serviços de transporte por meio de um único aplicativo.

Esse modelo busca reduzir a dependência de veículos privados, promovendo sistemas de transporte mais sustentáveis e eficientes. Essa visão está alinhada com tendências globais que incentivam a transição para cidades mais inteligentes e ecologicamente responsáveis.

4.1 Cenário Atual

O surgimento do conceito de MaaS está intrinsicamente relacionado a desafios contemporâneos, como a urbanização acelerada, o aumento da demanda por mobilidade e a necessidade de soluções mais sustentáveis para o transporte.

Em países desenvolvidos, plataformas MaaS já estão sendo implementadas com sucesso, promovendo a integração de dados de modais públicos e privados em uma interface unificada.

No Brasil, no entanto, os obstáculos são ainda mais complexos. A elevada concentração populacional em grandes centros urbanos, como São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, intensifica problemas recorrentes como congestionamento, poluição e infraestrutura deficiente do transporte público.

Além disso, fatores como a desigualdade no acesso à tecnologia, a fragmentação dos sistemas de transporte e a escassez de investimentos em infraestrutura dificultam significativamente a implementação de um sistema MaaS abrangente².

Apesar desse cenário desafiador, o Brasil apresenta um potencial considerável para a adoção do MaaS. O crescimento no uso de aplicativos de transporte (como Uber e 99), a popularização de serviços de compartilhamento de bicicletas e patinetes, e as iniciativas de digitalização no transporte público indicam uma tendência positiva.

Para que esse potencial seja plenamente realizado, é fundamental o estabelecimento de parcerias entre governos, empresas e a sociedade civil, com o objetivo de criar ecossistemas de mobilidade mais inclusivos e alinhados às metas globais de redução das emissões de carbono.

Mas por ora, ainda não existem no Brasil plataformas de MaaS plenamente consolidadas. Existem apenas serviços isolados que, embora não integrem um sistema completo, demonstram grande potencial de evolução e poderão, futuramente, compor soluções integradas³.

4.2 Exemplos de Aplicações

São Paulo: Integração via Aplicativos de Transporte Público

Em São Paulo, o aplicativo Moovit⁴ se destaca ao oferecer informações em tempo real sobre linhas de ônibus, metrô e trens, além de permitir o planejamento de rotas multimodais. Embora ainda não seja uma solução MaaS completa, com pagamento unificado, o Moovit representa um passo inicial rumo à integração de dados de transporte público, algo essencial para o MaaS. Projetos pilotos de bilhetagem digital, como o uso de QR Code para pagamento no transporte público⁵, também indicam um movimento na direção de sistemas mais conectados.

Porto Alegre: Programa de Bicicletas Compartilhadas

O sistema BikePOA⁶, operado pela Tembici em Porto Alegre, é um exemplo de transporte ativo integrado a plataformas digitais. Usuários podem alugar bicicletas por meio de um aplicativo, que também fornece informações sobre estações disponíveis. Esse serviço poderia ser incorporado a uma plataforma MaaS mais ampla, combinando-o com ônibus e trens para oferecer uma solução multimodal.

Recife: Projeto Cidades Inteligentes e Mobilidade

Recife tem investido em projetos de cidades inteligentes que incluem a integração de dados de mobilidade. O aplicativo Cittamobi⁷, por exemplo, permite aos usuários acompanhar horários de ônibus em tempo real e planejar viagens. Além disso, a cidade tem explorado parcerias com empresas de transporte por aplicativo para complementar o sistema público⁸, um passo que poderia evoluir para um ecossistema MaaS com maior integração e opções de pagamento unificado.

Florianópolis: Experimentos com MaaS em Escala Local

Em Florianópolis, startups e iniciativas locais têm testado soluções de mobilidade integrada, como o uso combinado de patinetes elétricas (operadas por empresas como Grin e Yellow)⁹ e transporte público. Esses experimentos mostram como o MaaS pode ser adaptado a cidades de médio porte no Brasil, onde a infraestrutura urbana permite uma combinação eficiente de modais leves e coletivos.

Finlândia - MaaS Global (Whim)

A Finlândia é pioneira na implementação do MaaS, com a MaaS Global Ltda, considerada a primeira operadora global de Mobilidade como Serviço. Seu aplicativo Whim integra transporte público, aluguel de bicicletas, carros compartilhados, táxis e serviços de mobilidade ativa em uma única plataforma, permitindo pagamentos unificados. Esse modelo é destacado como um caso de sucesso internacional².

4.3 Desafios e Perspectivas Futuras

Embora o Brasil esteja nos estágios iniciais de adoção do MaaS, há um movimento crescente em direção à integração de serviços de transporte. Para que o modelo alcance todo o seu potencial, será necessário superar desafios como:

- **Falta de interoperabilidade entre sistemas:** A integração de dados entre operadores públicos e privados é essencial para o funcionamento eficiente do MaaS.

- **Inclusão digital:** A garantia de que todos os cidadãos tenham acesso à tecnologia necessária para utilizar plataformas MaaS é fundamental para evitar exclusão social.
- **Políticas públicas colaborativas:** A criação de políticas que incentivem a colaboração entre os setores público e privado é crucial para o sucesso do MaaS.

O MaaS representa uma oportunidade transformadora para melhorar a mobilidade urbana, especialmente em países como o Brasil, onde os desafios de transporte são significativos. A implementação bem-sucedida do MaaS requer não apenas avanços tecnológicos, mas também esforços coordenados entre governos, empresas e a sociedade civil. Os exemplos aqui apresentados demonstram que, embora ainda haja muito trabalho a ser feito, o Brasil está avançando em direção a um futuro mais integrado e sustentável para sua mobilidade urbana.

Referências

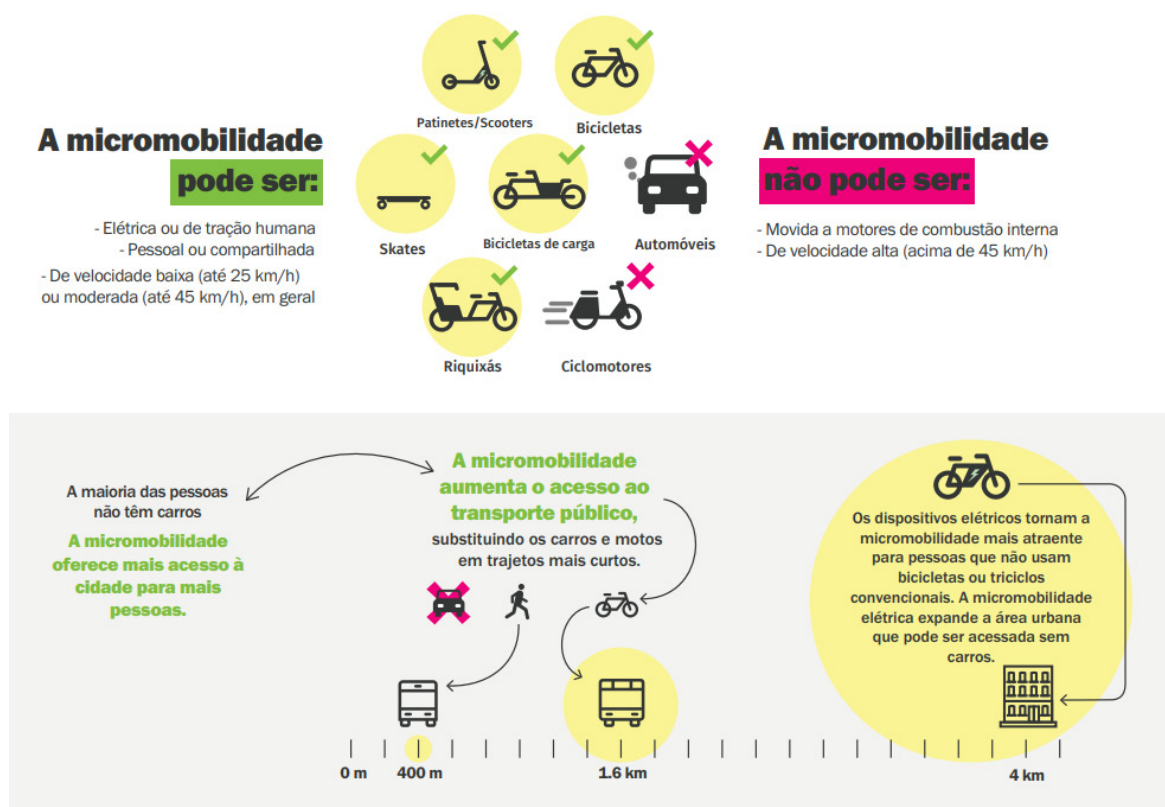
1. MAAS ALLIANCE. **What is MaaS?** Disponível em: <https://maas-alliance.eu/homepage/what-is-maas/>. Acesso em: 24 abr. 2025.
2. REDAÇÃO AGORA É SIMPLES. **Potencial da Mobilidade como Serviço (MaaS) de sistemas internacionais e sua aplicação no Brasil**. 11 mar. 2021. Disponível em: <https://agoraesimples.com.br/mobilidadeurbana/potencial-maas-internacional-e-no-brasil/>. Acesso em 24 abr. 2025.
3. LINGOPASS. **8 benefícios ao implementar o MaaS em sua empresa de transporte**. 28 fev. 2024. Disponível em: <https://www.lingopass.com.br/blog/8-beneficios-ao-implementar-o-maas-em-sua-empresa-de-transporte>. Acesso em 24 abr. 2025.
4. MOOVIT. **About Moovit**. Disponível em: <https://moovit.com/about-us/>. Acesso em 24 abr. 2025. (Não está mais disponível).
5. SÃO PAULO (Cidade). Secretaria Municipal de Mobilidade Urbana e Transporte- SPTRANS. **Pagamento da tarifa por QR Code**. Disponível em: <https://www.sptrans.com.br/pagamento-da-tarifa-por-qr-code/>. Acesso em 24 abr. 2025.
6. PASTL, C. Porto Alegre ganha 500 bicicletas elétricas do BikePOA a partir deste sábado. **Gaúcha Zero Hora**, 21 out. 2023. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/porto-alegre/noticia/2023/10/porto-alegre-ganha-500-bicicletas-eletricas-do-bikepoa-a-partir-deste-sabado-clo052ghy000x016sydjmh5g.html>. Acesso em 24 abr. 2025.
7. CITTAMOBIL. **O que fazemos**. Disponível em <https://www.cittamobi.com.br/o-que-fazemos/>. Acesso em: 24 abr. 2025.
8. RECIFE. (Cidade). Secretaria de Saúde. **Em parceria com a 99 Táxi, a Prefeitura do Recife disponibiliza transporte para pacientes da Rede Pública Municipal de Saúde**. 23 abr. 2024. Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/noticias/23/04/2024/em-parceria-com-99-taxi-prefeitura-do-recife-disponibiliza-transporte-para> Acesso em: 24 abr. 2025.
9. PACHECO, J. Florianópolis retoma serviço de aluguel de patinetes elétricos por aplicativo; veja como funciona. **Portal G1 Globo**, 16 jun. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2023/06/16/florianopolis-retoma-servico-de-aluguel-de-patinetes-eletricos-por-aplicativo-veja-como-funciona.ghtml>. Acesso em 24 abr. 2025.

5 Micromobilidade e Mobilidade Ativa

O conceito de micromobilidade refere-se a veículos com peso inferior a 500kg e que não ultrapassam a velocidade de 45km/h. Essa categoria exclui veículos movidos à combustão, restringindo-se a meios de transporte com propulsão elétrica ou humana.

Entre os principais exemplos de micromobilidade, destacam-se: bicicletas (convencionais ou elétricas, pessoais ou compartilhadas), patinetes (elétricas ou não, pessoais ou compartilhadas), scooters elétricas e patins^{1,2}.

Figura 5.1 – Ilustração representativa da Micromobilidade



Fonte: Yanocha e Allan, 2021³

A mobilidade ativa, por sua vez, refere-se aos meios de locomoção em que o deslocamento é impulsionado exclusivamente pelo esforço humano, sem a utilização, integral ou parcial, de motores, sejam eles elétricos ou a combustão. Dessa forma, exemplos de mobilidade ativa incluem a caminhada, bicicletas não motorizadas, patinetes não motorizados, entre outros⁴.

Há, portanto, um entrelaçamento entre os conceitos de micromobilidade e mobilidade ativa, uma vez que alguns modais de transporte podem ser classificados em ambas as categorias, como é o caso de bicicletas e patinetes não motorizados.

A principal diferença entre esses dois conceitos está na inclusão, por parte da micromobilidade de veículos individuais com propulsão elétrica, o que não se aplica à mobilidade ativa. Além disso, como a micromobilidade se baseia na tipologia dos veículos, ela não inclui a caminhada, que é contemplada exclusivamente pela mobilidade ativa.

Apesar dessas distinções, ambas as formas de deslocamento compartilham vantagens e benefícios semelhantes, especialmente no que diz respeito à sustentabilidade, à redução do trânsito e à melhoria da qualidade de vida nas cidades.

5.1 Vantagens e Benefícios

Uma das principais vantagens da micromobilidade e da mobilidade ativa é a redução das emissões de gases poluentes. Ao substituir veículos de grande porte movidos a combustíveis fósseis por opções elétricas ou de propulsão humana, há uma diminuição significativa na liberação de CO₂ e outros poluentes atmosféricos, contribuindo para a melhoria da qualidade do ar e para a mitigação das mudanças climáticas⁵.

Além dos benefícios ambientais, a adoção desses modais impacta positivamente na eficiência do transporte urbano. Veículos leves ocupam menos espaço nas vias e necessitam de áreas menores para estacionamento, o que ajuda a reduzir congestionamentos e otimiza o uso do espaço público.

O impacto na saúde dos cidadãos também é positivo, uma vez que a utilização de modos ativos de deslocamento contribui para um estilo de vida menos sedentário e mais saudável.

No entanto, a adoção bem-sucedida desses modos de deslocamento em contextos urbanos exige um planejamento integrado, que leve em conta fatores como infraestrutura, intermodalidade, equidade no acesso e a otimização do sistema de transporte como um todo. Cidades que desenvolvem políticas públicas claras voltadas à micromobilidade e à mobilidade ativa, acompanhadas de investimentos em infraestrutura adequada, tendem a obter melhores resultados na incorporação desses modais. Isso contribui para a promoção de deslocamentos mais sustentáveis, acessíveis e eficientes para toda a população.

5.2 A Micromobilidade Compartilhada

Os sistemas de micromobilidade compartilhada se referem aos serviços de aluguel de bicicletas e patinetes disponíveis em ambientes públicos. Constituem-se numa alternativa para usuários que não possuem esses veículos ou que não podem utilizá-los durante todo o trajeto da viagem, facilitando, por exemplo, o trajeto entre a residência do usuário e seu acesso ao transporte público.

Os modos de implementação desses sistemas podem seguir modelos distintos, cada um com vantagens específicas, sendo necessário avaliar qual deles se encaixa melhor na região em que se pretende implantá-los.

Figura 5.2 – Ciclistas utilizando as bicicletas do projeto Bike Rio, no Rio de Janeiro



Fonte: Dmy462, 2018⁶

Sistema com estações físicas

Esse modelo utiliza pontos fixos chamados estações para retirada e devolução de veículos, como bicicletas e patinetes. A capacidade dessas estações é limitada pelo número de vagas disponíveis, e o desbloqueio dos veículos ocorre por meio de códigos, cartões ou aplicativos. A implementação depende da densidade urbana e da demanda dos usuários, pois as estações operam em rede, exigindo um equilíbrio na distribuição dos veículos.

Sistema sem estações

Nesse sistema, os veículos possuem GPS e fechaduras integradas, permitindo o desbloqueio via aplicativo, sem necessidade de estações fixas. O usuário pode iniciar e terminar a viagem em qualquer ponto dentro da área de operação. A ausência de infraestrutura reduz os custos iniciais, mas aumenta os custos operacionais devido à necessidade de realocação dos veículos para evitar concentração em áreas específicas e desorganização no espaço público.

Sistema híbrido

Um sistema híbrido de compartilhamento combina características dos modelos anteriores, buscando equilibrar custos e eficiência. São definidas “estações virtuais” para retirada e devolução dos veículos, otimizando a disponibilidade e minimizando impactos negativos no espaço urbano. Esse modelo melhora a distribuição dos veículos e reduz a necessidade de infraestrutura fixa, tornando-se uma solução flexível para diferentes realidades urbanas.

Exemplos de micromobilidade compartilhada

Bike Sampa: O programa Bike Sampa utiliza um sistema com estações físicas espalhadas pela cidade de São Paulo, nas quais o usuário desbloqueia a bicicleta e faz o pagamento via aplicativo próprio da empresa. Após a utilização, a bicicleta deve ser devolvida em alguma das estações disponíveis na região.

Esse programa faz parte do sistema de aluguel de bicicletas Bike Itaú, operado pela empresa Tembici e patrocinado pelo banco Itaú⁷. Além da cidade de São Paulo, o Bike Itaú está presente nas cidades do Rio de Janeiro, Porto Alegre, Salvador, além das cidades pernambucanas de Recife, Olinda e Jaboatão dos Guararapes, e em Santiago, no Chile.

Figura 5.3 – Estação com bicicletas do projeto Bike SampaFonte: Silvestre, 2013⁸

Programa piloto em Santa Monica: No ano de 2018, a cidade americana de Santa Monica iniciou um programa piloto de mobilidade compartilhada para entender o comportamento dos usuários e avaliar os impactos da inclusão de um sistema de aluguel de patinetes elétricos⁹. O sistema foi planejado para não ter estações, com os usuários podendo deixar as patinetes em qualquer local público dentro da região de abrangência do sistema.

No entanto, devido ao aumento da desorganização causada pelos veículos nas calçadas, a cidade optou por uma abordagem híbrida. Foram criadas 107 áreas de estacionamento para as patinetes espalhadas pela cidade. Apesar de não ter se tornado obrigatório o uso dessas áreas para os usuários das patinetes, foram criados incentivos para aqueles que as utilizavam, como redução nos custos para as próximas viagens e participações em sorteios de viagens gratuitas.

Figura 5.4 – Área de estacionamento para as patinetes em Santa MonicaFonte: City of Santa Monica, 2019⁹

Modos de implementação dos sistemas

Modelo público: Nesse modelo, o sistema é totalmente operado pelo órgão público, desde o planejamento e operação do sistema como também a propriedade dos ativos que o compõe, quer sejam bicicletas, patinetes ou estações distribuídas pela cidade. O financiamento para montar o sistema pode ser parte do orçamento do município ou ser gerado a partir das tarifas cobradas dos usuários.

Um exemplo desse modelo é o sistema Integrabike da prefeitura de Sorocaba, que oferece o aluguel gratuito de bicicletas para a população¹⁰ e conta com diversas estações espalhadas pela cidade, integradas com a rede de transporte coletivo. O usuário precisa ter o cartão do sistema de transporte urbano da cidade e estar cadastrado no sistema Integrabike. Utilizando o cartão ou o CPF e senha, o usuário consegue desbloquear a bicicleta em alguma das estações para utilizá-la por até 1h e devolvê-la posteriormente em alguma estação.

Modelo privado: Os sistemas privados são operados, geridos e financiados por empresas privadas, que também detêm a propriedade dos ativos físicos e digitais. O poder público atua, no máximo, na regulação ou autorização do serviço. A receita é obtida principalmente pela bilhetagem e, em alguns casos, existem patrocínios. O programa Bike Sampa, apresentado acima, funciona nesse modelo.

Modelo híbrido: Já no modelo híbrido, há uma coparticipação entre as empresas privadas e o setor público. Nessa estrutura, o setor público pode financiar parcialmente o sistema ou ser o proprietário dos veículos utilizados, por exemplo, enquanto as empresas ficam responsáveis por complementar o financiamento e por implementar e operar o sistema.

Figura 5.5 – Sistema Integrabike, em Sorocaba.



Fonte: Santinon, 2023¹¹

Na cidade de Fortaleza, o sistema Bicicletar de compartilhamento de bicicletas é operado pela empresa Serttel, mas também recebe financiamento público¹². Para utilizar alguma das bicicletas disponíveis em diversas estações pela cidade, o usuário precisa estar cadastrado no sistema e aderir a algum dos planos disponíveis. A bicicleta é liberada por um aplicativo instalado no celular ou, alternativamente, pela utilização do Bilhete Único do usuário.

Figura 5.6 – Estação do sistema Bicicletar, em FortalezaFonte: Bicicletar¹²

5.3 Regulamentações

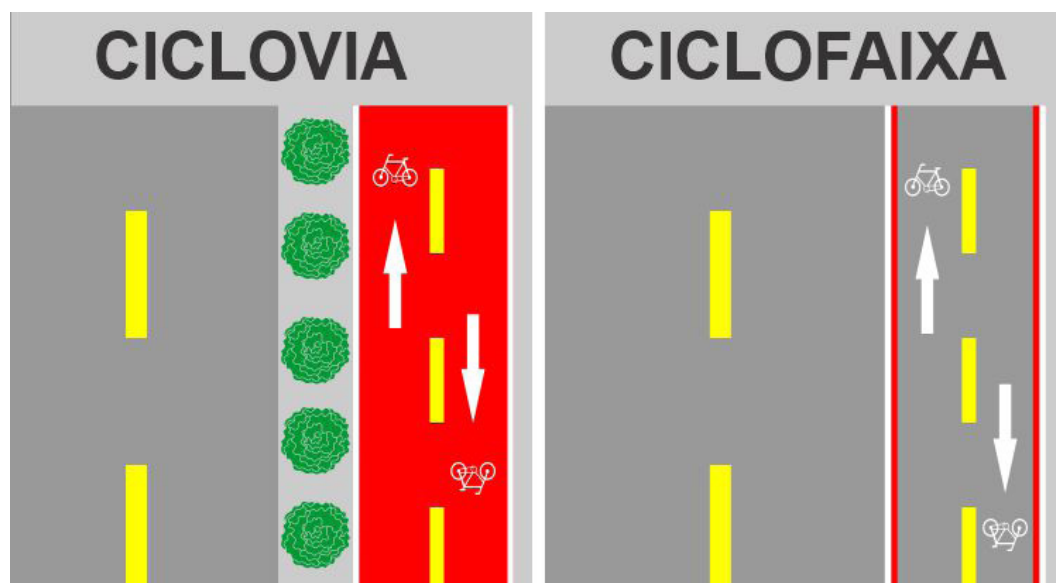
O Código de Trânsito Brasileiro (CTB)¹³ define as bicicletas como “veículo de propulsão humana, dotado de duas rodas, não sendo, para efeito deste Código, similar à motocicleta, motoneta e ciclomotor”. No entanto, o texto do CTB não trata das bicicletas elétricas e nem das patinetes.

A Resolução 465/2013 do CONTRAN¹⁴ faz uma equiparação entre as bicicletas elétricas e as de propulsão humana, desde que sejam cumpridas algumas regras, tais como:

- I** - potência nominal máxima de até 350 watts;
 - II** - velocidade máxima de 25 km/h;
 - III** - sistema que garanta o funcionamento do motor somente quando o condutor pedalar;
 - IV** - não dispor de acelerador ou de qualquer outro dispositivo de variação manual de potência;
- além da necessidade de conterem uma série de equipamentos auxiliares e de segurança.

Cabe, no entanto, à administração municipal a regulamentação da utilização das ciclovias e ciclofaixas por patinetes, skates, patins e demais modos de micromobilidade, visto que o CTB não considera tais equipamentos como veículos¹⁵.

O Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, desenvolvido pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), em seu volume VIII, aborda a sinalização Ciclovária¹⁵. Além de conter normas e regulamentações para implementação e utilização de ciclovias e ciclofaixas, esse volume do Manual também aborda normas gerais de circulação, definições e diretrizes baseadas no CTB e em resoluções nacionais. Esse manual é uma excelente referência para gestores públicos que buscam implementar a micromobilidade como uma opção de transporte no ambiente público.

Figura 5.7 – Diferenças entre Ciclovias e CiclofaixasFonte: Sinal Center, 2024¹⁶

5.4 Pontos de Atenção

Área de Cobertura e Capacidade do Sistema

A implementação de um sistema de micromobilidade compartilhada deve considerar parâmetros claros para definição da área de abrangência e da capacidade de atendimento da demanda. Essa definição inicial deve incluir um plano de expansão, garantindo que a oferta de veículos acompanhe o crescimento da demanda e a distribuição populacional.

Densidade Urbana e Infraestrutura

Cidades com alta densidade urbana têm maior potencial para adoção da micromobilidade, pois concentram mais usuários em áreas reduzidas. No entanto, para que essa adoção seja eficaz, é fundamental investir em infraestrutura apropriada. Ciclovias, ciclofaixas e ciclorrotas bem planejadas, com pavimentação de qualidade, iluminação adequada e controle de velocidade do tráfego motorizado, e um mobiliário urbano adequado, como bicicletários, paraciclos e áreas de estacionamento seguras, são essenciais para facilitar o uso e contribuem significativamente para a segurança e atratividade do sistema.

Integração com Outros Modais de Transporte

A intermodalidade é um dos principais fatores para o sucesso da micromobilidade, portanto, a localização dos pontos de compartilhamento de veículos deve considerar sua proximidade com infraestruturas de transporte já consolidadas. A articulação entre bicicletas, patinetes e o transporte coletivo amplia a mobilidade sustentável nas cidades. Sistemas que facilitam a combinação entre micromobilidade e transporte público, como a inclusão de bicicletários em terminais de ônibus e estações de metrô, tornam a transição entre modais mais fluida e eficiente.

Inclusão e Equidade no Acesso

Apesar do potencial da micromobilidade, desafios de equidade ainda precisam ser superados. Populações de baixa renda muitas vezes não possuem acesso a *smartphones* ou cartões de crédito, dificultando sua participação em sistemas de compartilhamento baseados em tecnologia digital. Além

disso, tarifas padronizadas podem não atender às necessidades de diferentes perfis socioeconômicos. Para garantir um acesso mais inclusivo, é essencial que políticas públicas contemplem subsídios, integrações tarifárias e alternativas de pagamento mais acessíveis.

Atratividade do Sistema

A migração modal para a micromobilidade precisa demonstrar utilidade, especialmente em termos financeiros e de tempo de viagem. Sistemas que oferecem economia em comparação ao uso do carro particular ou do transporte coletivo, e que reduzam o tempo de deslocamento em percursos curtos, tendem a ser mais atraentes financeiramente. Um exemplo disso é a integração tarifária, que permite aos usuários utilizarem múltiplos modais pagando um único valor reduzido, incentivando a adesão ao transporte sustentável.

Segurança pública

Uma questão que pode ser um grande entrave para a adoção de modais de micromobilidade pela população é a segurança pública na região da viagem. Caso o usuário não se sinta seguro para trafegar nas ciclovias, caminhar sozinho até a região onde o micromodal está disponível, ou se o entorno da região sofre com constantes casos de assaltos e roubos, dificilmente ele irá se sentir confortável para adotar a micromobilidade no dia a dia. Afinal, a questão da segurança é o motivo principal para muitos motoristas preferirem fazer os seus trajetos utilizando carros ao invés dos demais modos disponíveis¹⁷.

Dados e Planejamento Estratégico

A coleta e o uso de dados são fundamentais para otimizar os sistemas de micromobilidade. Informações geradas por sensores, aplicativos e dispositivos móveis possibilitam um planejamento mais eficiente, identificando padrões de deslocamento, pontos de maior demanda e necessidades de ajustes operacionais. Para isso, é importante que empresas privadas compartilhem dados relevantes com os municípios, garantindo que a gestão pública possa tomar decisões embasadas na realidade da mobilidade urbana¹⁸.

Referências

1. GIZ. **Guia micromobilidade compartilhada**. 2020. 138 p. Disponível em: <https://guia.micromobilidadebrasil.org/wp-content/uploads/2021/03/GuiaMicromobilidade-Compartilhada-3.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2025.
2. INSTITUTO DE POLÍTICAS DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO. **O que é micromobilidade?** 2020. Disponível em: <https://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2020/04/O-que-é-micromobilidade.pdf>. Acesso em 25 abr. 2025.
3. YANOCHA, D.; ALLAN, M. **Como maximizar a micromobilidade – oportunidades para integrar a micromobilidade ao transporte público** Rio de Janeiro: Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento, 2021. (Resumo Executivo. ITDP). Disponível em: <https://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2021/07/Como-Maximizar-a-Micromobilidade.pdf>. Acesso em 25 abr. 2025.
4. MARINO, F. Novos paradigmas da mobilidade: análises e experiências da mobilidade ativa no espaço urbano brasileiro. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, 6., 2020, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: PPG-FAU/UnB, 2020. Disponível em: <https://enanparq2020.s3.amazonaws.com/SL/22050.pdf>. Acesso em 25 abr. 2025.
5. SEBRAE. Micromobilidade: uma moda passageira ou o futuro dos transportes?. **Portal SEBRAE**, 14 fev. 2023. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/pe/artigos/micromobilidade-uma-moda-passageira-ou-o-futuro-dos-transportes,7942d66923156810VgnVCM1000001b00320aRCRD>. Acesso em: 25 abr. 2025.
6. DMY462. **BikeRio users during ciclovía**. Wikimedia Commons. 12 jun. 2018. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BikeRio_users_during_Ciclovía.jpg. Acesso em 25 abr. 2025.
7. BIKEITAU. **Acesso ao site**. Disponível em: <https://bikeitau.com.br/>. Acesso em 25 abr. 2025.
8. SILVESTRE, D. T. **Bike sharing station**. Wikimedia Commons. 14 nov. 2013. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bike_Sharing_Station_\(10859909534\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bike_Sharing_Station_(10859909534).jpg). Acesso em: 25 abr. 2025.

9. SANTA MONICA (City). **Shared mobility pilot program summary report**. 2019. Disponível em: https://www.smgov.net/uploadedFiles/Departments/PCD/Transportation/SantaMonicaSharedMobilityEvaluation_Final_110419.pdf. Acesso em 25 abr. 2025.
10. INTEGRA BIKE SOROCABA. **Sorocaba dispõe de um novo modelo de serviço de bicicletas públicas compartilhadas, mais moderno e gratuito à população, integrado com a rede de transporte coletivo da cidade**. Participe dessa inovação! Disponível em: <https://integrabike.mobhis.com.br/>. Acesso em 25 abr. 2025.
11. SANTINON, E. **Novo modelo do Integrabike completa seis meses de operação em Sorocaba**. Sorocaba: Prefeitura de Sorocaba, 4 jan. 2023. Disponível em: <https://noticias.sorocaba.sp.gov.br/novo-modelo-do-integrabike-completa-seis-meses-de-operacao-em-sorocaba/>. Acesso em 25 abr. 2025.
12. BICICLETAR. **Acesso ao site**. Disponível em: <https://www.bicicletar.com.br/>. Acesso em: 25 abr. 2025.
13. BRASIL. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 24 set. 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503compilado.htm. Acesso em: 29 abr. 2025.
14. BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito. Resolução nº 465, de 27 de novembro de 2013. Dá nova redação ao Art. 1º da Resolução nº 315, de 08 de maio de 2009, do CONTRAN, que estabelece a equiparação dos veículos cicloelétrico, aos ciclomotores e os equipamentos obrigatórios para condução nas vias públicas abertas à circulação e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 2 dez. 2013. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1751932&filename=LegislacaoCitada%20PL%203053/2019. Acesso em: 29 abr. 2025.
15. CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume VIII: Sinalização Ciclovitária**. Brasília: CONTRAN, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/docs/copy_of__08__MBST_Vol._VIII__Sinalizacao_Ciclovitaria.pdf. Acesso em 25 abr. 2025.
16. SINALCENTER – SINALIZAÇÃO E PLACAS. **Qual a diferença entre ciclovía e ciclofaixa?** 22 jul. 2024. Disponível em: <https://blog.sinalcenter.com.br/qual-a-diferenca-entre-ciclovía-e-ciclofaixa/>. Acesso em: 25 abr. 2025.
17. SANTOS, P. R. G. Análise da influência da segurança pública na escolha do uso do carro como modo de transporte pela população da região metropolitana do Recife. In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL, 9., 2021, Bauru. **Anais [...]**. Bauru: UNESP, 2021. Disponível em: <https://pluris2020.faac.unesp.br/Paper747.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2025.
18. US DEPARTMENT OF TRANSPORTATION – FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Micromobility**. Fact Sheets. (Última atualização em: 31 jan. 2025). Disponível em: https://www.fhwa.dot.gov/livability/fact_sheets/mm_fact_sheet.cfm. Acesso em 25. Abr. 2025.



Transporte Público Coletivo – Tipos e Seleção

O modelo atual de mobilidade urbana no Brasil tem se mostrado pouco eficiente quando olhamos para o fluxo de pessoas nas cidades, tanto em quantidade quanto em velocidade. Isso acontece principalmente porque nosso sistema é baseado, em grande parte, no uso de veículos particulares motorizados, como carros e motos.

Essa dependência dos transportes individuais traz uma série de problemas: aumento dos congestionamentos, mais poluição, maior número de acidentes de trânsito e um custo mais alto para o transporte em geral. Além disso, esse cenário reduz o uso do transporte público coletivo (TPC), comprometendo a capacidade do sistema de atender bem às necessidades de deslocamento da população ¹.

O Sistema de Informações da Mobilidade Urbana, da Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), levantou dados que mostram que os custos relacionados a acidentes e poluição no país chegaram a aproximadamente R\$ 138,4 bilhões no ano de 2018 para as cidades com população superior a 60 mil habitantes. Aproximadamente 87 % desses custos dizem respeito ao transporte individual motorizado, com destaque para os custos com acidentes, que corresponderam a R\$ 114,5 bilhões². Esse dado reforça a urgência de rever o modelo de mobilidade urbana aplicado, buscando soluções que incentivem o uso do transporte público e de meios não motorizados, como a bicicleta e os deslocamentos a pé.

Para que isso seja possível, é fundamental melhorar a qualidade dos serviços de transporte público, além de implementar políticas públicas que desencorajem o uso excessivo dos veículos particulares¹.

Desde a década de 1960, o governo tem tomado iniciativas para melhorar o transporte nas cidades brasileiras. Um marco inicial foi a criação do GEIPOT (Grupo Executivo de Integração da Política de Transportes). Depois vieram a EBTU (Empresa Brasileira de Transportes Urbanos), criada nos anos 1970, a Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, nos anos 1990, e o Ministério das Cidades, instituído em 2003.

Este último tem sido fundamental para o avanço da mobilidade urbana no país. Entre suas ações estão a elaboração de materiais de apoio para os municípios e o financiamento de obras de infraestrutura em parceria com o BNDES¹.

Uma das políticas mais relevantes nesse processo foi a criação da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), instituída pela Lei nº 12.587/2012³. Em 2015, como forma de apoiar os municípios, o Ministério das Cidades lançou o Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana (PlanMob), que orienta os governos locais no planejamento do transporte em seus territórios⁴.

De maneira geral, as políticas mais recentes buscam fortalecer o transporte coletivo como uma alternativa eficiente e viável, reduzindo os impactos negativos causados pelo modelo atual de deslocamento. Mas, para que essas políticas funcionem de verdade, é preciso que haja um esforço contínuo por parte do poder público e da sociedade para promover uma mobilidade mais sustentável e acessível a todos.

6.1 Caracterização dos Sistemas de TPC

Um sistema de transporte público coletivo (TPC) municipal representa a integração da oferta de diferentes modais de transporte coletivo para a população da cidade atendida. O sistema de TPC deve atender aos seguintes objetivos¹:

- Operações mais regulares;
- Oferta adequada de veículos, principalmente nos horários de maior movimento;
- Cobertura ampla do território urbano;
- Atendimento eficiente da demanda por meio de serviços conectados entre si.

Os sistemas de TPC podem ser organizados em três grupos modais:

- **Ônibus:** é o meio de transporte coletivo mais comum nas cidades brasileiras. Utiliza as ruas e avenidas e pode operar com diferentes níveis de prioridade e infraestrutura;
- **Sistemas sobre trilhos:** incluem metrô, trens urbanos e VLTs (Veículos Leves sobre Trilhos), normalmente implantados em cidades de médio e grande porte;
- **Modais especiais:** são usados em situações específicas, como barcas, teleféricos e aeromóveis – quando os meios convencionais não são viáveis.

Para que o sistema funcione bem, é importante que haja integração entre os diferentes meios de transporte. Os principais tipos de integração são¹:

- **Integração física:** garante que as estações e os pontos de parada fiquem próximos uns dos outros, facilitando a troca de transporte;
- **Integração tarifária:** permite que o passageiro use mais de um modal pagando apenas uma tarifa ou pagando menos;
- **Integração operacional:** sincroniza os horários, ajusta a oferta de viagens conforme a demanda e integra os dados que ajudam a monitorar e melhorar o sistema;
- **Integração com o ambiente urbano:** foca em pensar o transporte junto com o desenvolvimento da cidade, ajudando a qualificar áreas urbanas, diversificar o uso do solo, incentivar o comércio e melhorar a acessibilidade e infraestrutura pública.

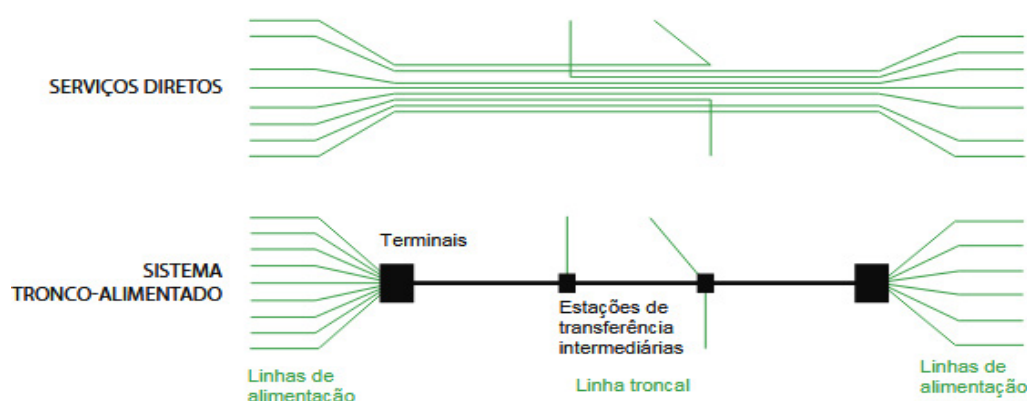
Linhas do Sistema de TPC

Os sistemas de TPC são formados por dois tipos principais de linhas¹:

- **Linhas estruturais (ou troncais):** são as principais rotas, que concentram o maior volume de passageiros e fazem os trajetos mais longos;
- **Linhas alimentadoras:** são as linhas que passam pelos bairros e levam os passageiros até as linhas principais.

A alimentação de serviço nessas linhas pode ser organizada de duas formas¹:

- **Serviços diretos:** quando o passageiro faz todo o trajeto em um único veículo;
- **Sistema tronco-alimentado:** quando há integração entre as linhas alimentadoras e estruturais, permitindo conexões mais eficientes, ilustrado pela Figura 6.1.

Figura 6.1 – Ilustração sobre a composição de sistemas diretos e tronco-alimentados

Fonte: Ministério das Cidades, 2017¹

Segundo o Ministério das Cidades¹, o sistema tronco-alimentado é recomendado por trazer diversos benefícios para o transporte coletivo, como:

- Redução do tempo de viagem dos usuários;
- Diminuição do número de veículos em circulação e dos custos de manutenção viária;
- Eliminação de viagens ociosas;
- Aumento da oferta de ligações transversais e interbairros;
- Redução da incidência tarifária com integrações eficientes;
- Maior confiabilidade, melhor desempenho operacional e mais rapidez;
- Redução de consumo de combustíveis e benefícios ambientais; e
- Melhor circulação nos centros de cidades e nos corredores.

Além disso, usar veículos menores nas linhas alimentadoras e veículos maiores nas troncais melhora a eficiência do sistema, pois os veículos operam com mais passageiros por viagem. Isso reduz o custo por passageiro transportado e aumenta a racionalidade do sistema como um todo.

Sistemas de TPC por ônibus

Os ônibus circulam pelas ruas e avenidas da cidade e, eventualmente, por rodovias que cruzam a cidade. Para que esse meio de transporte funcione bem, é preciso garantir tanto a frequência quanto a velocidade adequada dos veículos – de acordo com as características e demandas locais.

Para melhorar o desempenho dos ônibus, podem ser implementadas medidas que dão prioridade no trânsito para esse tipo de transporte. Os principais modelos de prioridade são¹:

- **Faixa Exclusiva:** reservada apenas para ônibus, ajuda a garantir maior velocidade e regularidade nas viagens;
- **Corredor Central:** promove uma separação parcial entre ônibus e veículos particulares, melhorando o fluxo de veículos em geral;
- **BRT (*Bus Rapid Transit*):** sistema de alta capacidade, com estações exclusivas e embarque no mesmo nível superior de piso, o que agiliza o processo.

A infraestrutura de um sistema de ônibus envolve aspectos como¹: os veículos em si; a pavimentação das vias; os pontos e estações de parada; e os sistemas de informação e controle de tráfego.

Já as especificações dos ônibus podem variar de acordo com¹:

- **Capacidade:** depende do tamanho do ônibus, da quantidade de portas e do layout interno;
- **Tipo de tração:** podem ser movidos a diesel, eletricidade (trólebus ou ônibus elétrico à bateria), energia híbrida ou combustíveis alternativos;
- **Altura do piso:** influencia no conforto e no tempo de embarque/desembarque dos passageiros;
- **Climatização:** ônibus com ar-condicionado oferecem um conforto adequado aos passageiros, mas aumentam os custos operacionais.

Sistemas de TPC por trilhos

Os sistemas sobre trilhos são indicados para cidades maiores, onde há grande volume de passageiros. Eles podem ser classificados conforme a capacidade¹:

- **Média capacidade:** transportam até 25 mil passageiros/hora/sentido (por ex., VLTs);
- **Alta capacidade:** transportam acima de 25 mil passageiros/hora/sentido (ex: trens urbanos, metrô e monotrilhos).

A infraestrutura desse sistema inclui: vias férreas, estações, sistemas de bilhetagem, itens de acessibilidade, integração com o espaço urbano e seus veículos. As especificações de seus veículos variam de acordo com¹:

- **Modo de condução:** podem ou não ter condutor;
- **Tração e controle:** tipo de energia usada e tecnologia para operar os veículos;
- **Layout interno e acessibilidade:** conforto e adaptação para todos os usuários;
- **Integração com plataformas:** com embarque e desembarque facilitados.

Além disso, a infraestrutura de um sistema sobre trilhos precisa de componentes como: vias, cabeamento, subestações, pátios, estações, sistemas de controle operacional, Centro de Controle de Operação (CCO), entre outros.

As estações desse sistema devem considerar recursos importantes para a população que a irá utilizar e para a operação adequada, dentre estes recursos¹: acessos, passarelas, áreas de estacionamento e sistema de circulação; áreas de bloqueios, com os sistemas de validação de tarifas e liberação de acessos; mezanino; sanitários; bilheterias; sala operacional e sala técnica; elevadores e escadas rolantes; e salas de máquinas e equipamentos.

Os sistemas de controle operacional de um sistema de TPC são centralizados em um CCO, contendo funções para gerenciar o tráfego, controlar o fluxo de passageiros, controlar a energia, a sinalização e a manutenção do sistema. O tipo de controle usado pelo sistema, centralizado em sua CCO, depende do nível de automação escolhido para os veículos¹.

Outros Modais de Sistemas de TPC

Em algumas cidades, os sistemas tradicionais (ônibus e trilhos) não são viáveis em certas áreas. Nesses casos, são usados modais alternativos que complementam o sistema, como¹:

- **Teleféricos:** úteis em regiões com relevo acidentado, como morros;
- **Barcas:** ideais para cruzar rios, lagos e baías;
- **Aeromóvel:** é um tipo de transporte sobre trilhos, automatizado e leve, usado para distâncias curtas.

Teleféricos transportam de 6 a 15 pessoas por cabine e operam em torno de 20 km/h. Próximo às estações, a velocidade é reduzida. A capacidade geral é de até 3 mil passageiros por hora em cada direção. As passagens são compradas fora do veículo¹.

Já aeromóveis funcionam em trilhos elevados, de 4,5 a 20 metros acima do solo. Como os seus motores ficam fora do veículo, eles são mais leves e exigem menos infraestrutura. Eles transportam de 150 a 288 passageiros por composição, com velocidade média de 20 km/h ¹.

6.2 Escolha do Sistema TPC para a Cidade

Escolher o tipo de transporte público coletivo (TPC) mais adequado para uma cidade exige um bom planejamento. Essa decisão precisa considerar as necessidades da população e garantir um sistema eficiente, seguro e sustentável.

O Ministério das Cidades propõe uma metodologia estruturada em três etapas para guiar esse processo de escolha. São elas¹:

- **Etapla 1:** levantamento das alternativas de transporte possíveis;
- **Etapla 2:** comparação das opções consideradas viáveis, com base em uma avaliação multicritério;
- **Etapla 3:** análise de fatores externos que podem influenciar a decisão final.

Análise de alternativas

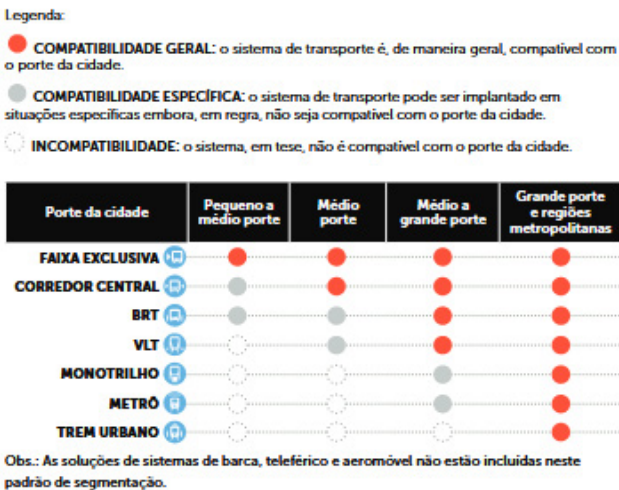
O primeiro passo é levantar e analisar todas as opções de modais de TPC apresentados neste caderno. A ideia é verificar quais modais realmente fazem sentido para a realidade da cidade e eliminar aqueles que, por limitações locais, não seriam viáveis.

Essa análise começa com uma pré-avaliação, que leva em conta alguns pontos importantes¹: população e porte da cidade; densidade urbana, ou seja, quão espalhadas ou concentradas estão as construções e atividades na cidade; e extensão dos corredores de transporte.

Com base nisso, é feita uma verificação de compatibilidade entre as soluções de transporte e as características locais, como porte da cidade, ilustrada na Figura 6.2, ou densidade urbana, ilustrada na Figura 6.3 e que pode ser classificada em¹:

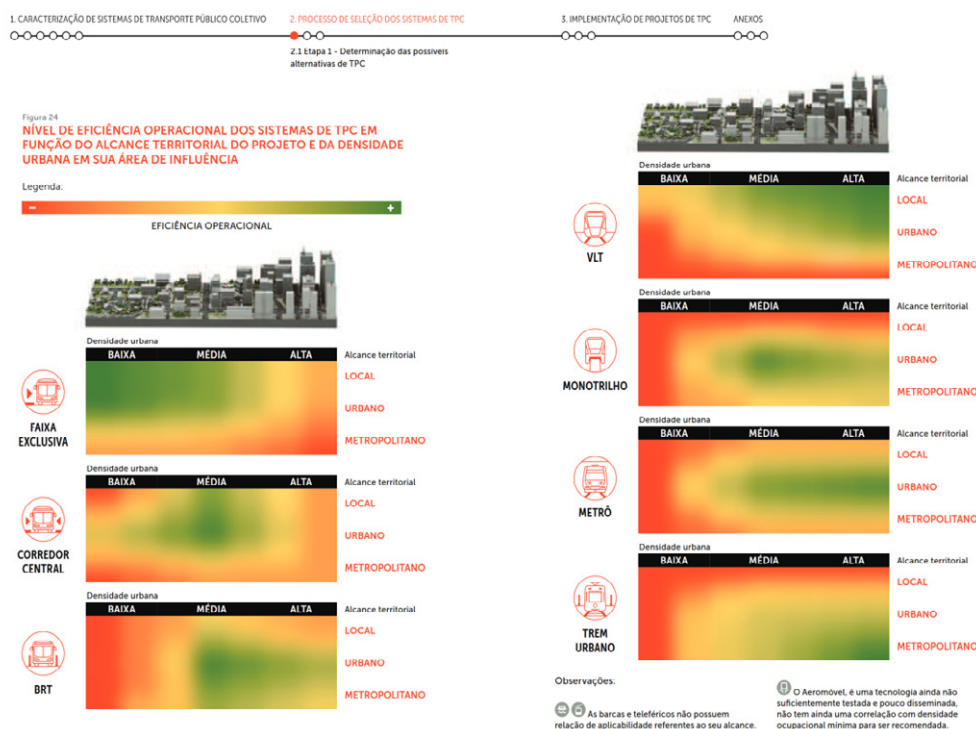
- **Densidade baixa:** caracteriza-se por uma ocupação urbana pouco concentrada, predominando casas ou prédios baixos, geralmente distantes uns dos outros. Essas áreas costumam incluir muitos terrenos vagos ou grandes espaços públicos abertos;
- **Densidade média:** refere-se a áreas com ocupação intermediária, que podem apresentar uma distribuição relativamente equilibrada entre espaços mais e menos adensados, ou uma mescla de núcleos urbanos não uniformes com trechos mais esparsos;
- **Densidade alta:** corresponde a regiões com grande concentração de moradias, comércios, indústrias e serviços, onde predominam construções verticalizadas e uma distribuição urbana bastante compacta.

Figura 6.2 – Verificação de compatibilidade de uma solução TPC com o porte da cidade



Fonte: Ministério das Cidades, 2017¹

Figura 6.3 – Nível de eficiência operacional do TPC em função do alcance territorial e da densidade urbana



Fonte: Ministério das Cidades, 2017¹

Depois dessa triagem inicial, os modais adequados passam por uma avaliação mais aprofundada, baseada em quatro critérios¹:

- **Critério 1 - Características locais:** população e porte da cidade; uso e ocupação do solo (como os terrenos são utilizados) e densidade; perfil social e econômico da população; relevo (declives e subidas viárias); condições do solo (geotecnia); fluxo de veículos e pessoas; e tamanho das ruas e avenidas.
- **Critério 2 - Orientações de política urbana:** regras do Plano Diretor do município que orientam o crescimento, a ocupação e o adensamento da cidade e, com isto, como devem ser estruturadas as soluções de mobilidade estudadas; e diretrizes de planejamento da estrutura viária em relação aos corredores de transporte.
- **Critério 3 - Diretrizes de mobilidade urbana referente a orientações de política urbana:** propostas já existentes para estruturar o sistema viário e o transporte coletivo; planos de uso do solo e mobilidade territorial em diferentes níveis; informações sobre os padrões de deslocamento da população; dados sobre o desempenho atual do sistema (como dados sobre velocidades operacionais dos veículos, entre outros).
- **Critério 4 - Fatores externos (exógenos):** recursos orçamentários disponíveis na cidade; condições de acesso a linhas de financiamento público e exigências de contrapartida e garantias associadas; e interesse do mercado em desenvolver determinadas áreas para comércio ou serviços.

Essa etapa garante que as opções analisadas estejam alinhadas com as características físicas, sociais, políticas e econômicas da cidade.

Comparação de Alternativas Viáveis

Depois de elencadas as opções viáveis na Etapa 1, o próximo passo é compará-las para entender qual oferece o melhor desempenho para a cidade. Para isso, pode ser usada uma avaliação multicritério: um

método qualitativo que analisa várias informações sobre cada alternativa de forma racional e estruturada. Este processo segue as seguintes etapas¹:

- Reunir dados quantitativos e qualitativos sobre cada alternativa, com base nas expectativas de diferentes grupos envolvidos (como usuários, gestores públicos e a sociedade em geral);
- Transformar cada informação em um valor, obtendo assim a pontuação dos atributos;
- Atribuir pesos (fatores de ponderação) aos critérios, indicando quais são mais importantes, para com eles combinar todas as pontuações dos atributos de forma ponderada;
- Calcular uma nota final para cada alternativa, além das notas parciais por critério, ajudando a tomar uma decisão final mais embasada.

Os critérios estudados na avaliação multicritério geralmente incluem¹:

- **Disponibilidade e frequência:** quanto tempo o passageiro espera para ser atendido, o que é associado à frequência do atendimento ou intervalos;
- **Acessibilidade e cobertura da rede:** quão perto estão os pontos de embarque dos locais onde as pessoas moram ou trabalham;
- **Confiabilidade e pontualidade:** confiança dos usuários no quanto o sistema cumpre os horários previstos;
- **Segurança operacional:** riscos de acidentes durante o uso do serviço.

Uma forma comum de executar esta avaliação multicritério é por meio de uma matriz de decisão, por meio da qual obtém-se uma pontuação para cada solução elencada, permitindo ao gestor escolher aquela mais adequada tendo como base os critérios previamente estabelecidos, seus pesos e notas¹.

Avaliação das Alternativas Segundo Outros Condicionantes

Mesmo depois de escolher as alternativas que tecnicamente são as melhores, é preciso considerar outros fatores externos que podem afetar no sucesso da implementação do sistema. Esses fatores ajudam a verificar se o projeto é realmente viável e sustentável a longo prazo.

Eles são divididos em quatro categorias¹:

- **Econômico-financeiros:** existe recurso disponível para executar o projeto? A cidade pode assumir dívidas ou buscar financiamento?
- **Administrativos:** o município atende aos critérios para conseguir apoio financeiro? Existem contratos vigentes que possam atrapalhar a implementação? Há risco de problemas na gestão pública do sistema?
- **Técnicos:** o projeto é compatível com o licenciamento ambiental? Há interferência com outras obras ou projetos em andamento?
- **Político-sociais:** o sistema causará remoções ou mudanças forçadas na vida das pessoas? Quais grupos específicos serão mais afetados (positiva ou negativamente)?

Essa última etapa é essencial para garantir que o sistema escolhido não apenas seja tecnicamente adequado, mas também possível de ser executado, respeitando o contexto local e a população.

Referências

1. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Guia TPC – Orientações para seleção de tecnologias e implementação de projetos de transporte público coletivo**. Rio de Janeiro: BNDES, 2017. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/14921>. Acesso em 25 abr. 2025.

2. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS -ANTP. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Públicos – SIMOB/ANTP. Relatório geral 2018**. São Paulo: ANTP, maio 2020.
3. BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis nºs 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e das Leis nºs 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 149, n. 3, 4 jan. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm. Acesso em: 11 mar. 2025
4. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **PlanMob – Caderno de referência para elaboração de Plano de Mobilidade Urbana**. Brasília: MC, 2015.

7 Bilhetagem

A integração dos sistemas de transporte deve ser abordada de maneira ampla e estratégica. Para além da integração física entre os diversos modais - como, por ex., o planejamento e a construção de locais próprios para bicicletários seguros e próximos às estações de transporte público coletivo¹, é fundamental considerar também a integração tarifária e dos sistemas de bilhetagem, bem como a unificação das informações oferecidas aos usuários.

Em outras palavras, o foco deve estar na redução das barreiras ao deslocamento, sobretudo no que diz respeito aos modos de transporte não motorizados e ao transporte público coletivo, conforme preconiza a Lei nº12.587².

Nesse contexto, é importante distinguir entre tarifa e bilhetagem. As tarifas referem-se ao valor pago pelo usuário para realizar a viagem, ao passo que a bilhetagem corresponde ao sistema utilizado pelos operadores para viabilizar a política tarifária, ou seja, é o mecanismo que assegura a cobrança e o registro dos pagamentos efetuados pelos passageiros³.

Até pouco tempo, o cobrador desempenhava um papel central na arrecadação das tarifas no transporte público coletivo sobre pneus. Essa realidade começou a mudar após o Metrô de São Paulo adotar um sistema automático, baseado em bilhetes magnéticos (bilhetes Edmonson)⁴. Desde então, a tecnologia evoluiu significativamente, acompanhando tendência de modernização dos meios de pagamento, com a ampliação do uso de cartões sem contato e, mais recentemente, com a adoção de soluções digitais, como o pagamento por meio de aplicativos e dispositivos móveis⁵.

O sistema de bilhetagem eletrônica (ou automática) pode ser encarado como um instrumento de eficiência do sistema de transporte, que permite⁴:

- Melhorar a qualidade do sistema de transporte público para o cidadão, com a adoção de políticas tarifárias condizentes com os serviços prestados, a inclusão e a redução dos tempos de viagem;
- Melhorar a gestão da rede de transportes e do planejamento de novas operações no sistema a partir da coleta de dados e da adoção de medidas condizentes às necessidades de mobilidade dos municípios; e
- Aumentar a segurança e reduzir fraudes.

Com relação à política tarifária, um sistema eletrônico permite maior flexibilidade, com a adoção de tarifas que considerem, por ex., dia da semana, horário, perfil do usuário e integração temporal, tornando possível, portanto, a adoção de tarifas mais justas pelo serviço prestado a cada usuário.

Cabe ressaltar, contudo, que a estruturação de uma política tarifária flexível e integrada envolve considerável complexidade. Isso se deve ao fato de que uma implementação eficaz exige a articulação de diversos operadores, municípios, regiões e estados. Sendo assim, diversos interesses estão envolvidos e questões burocráticas e políticas não podem ser menosprezadas.

Por outro lado, essa integração não é inédita no mundo. Diversos casos podem ser relatados, como o Movingo na Suécia, o Oyster em Londres, o Octopus em Hong Kong, além dos Verkehrsverbünde (VVs), apenas para citar alguns. Neste último, o sistema integra serviços, tarifas e bilhetagem, além de coordenar o planejamento do transporte público, marketing e as informações aos usuários em diversas regiões de três países diferentes: Alemanha, Áustria e Suíça⁶.

Sob o aspecto de planejamento da rede e gestão operacional, a bilhetagem eletrônica também pode desempenhar papel importante. A coleta de dados (respeitando a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais) pode fornecer informações úteis aos gestores, especialmente no que diz respeito aos hábitos dos usuários e ao uso das linhas. Com isso, é possível atuar de forma mais focada nas deficiências do sistema e promover melhorias na mobilidade dos cidadãos que utilizam o transporte público coletivo.

Também merece ser mencionada a tendência de utilização de sistemas de arquitetura aberta, com o objetivo de facilitar integrações, reduzir riscos relacionados à dependência de um sistema proprietário, e reduzir custos de longo prazo⁵.

Por fim, cabe mencionar que a utilização de um sistema de bilhetagem eletrônica tende a aumentar a segurança e a reduzir o número de fraudes. Ademais, pode agregar serviços que melhorem a experiência do usuário, como formas de pagamento alternativas, recarga automática, clube de vantagens, etc.

Referências

5. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **PlanMob – Caderno de referência para elaboração de Plano de Mobilidade Urbana**. Brasília: MC, 2015.
6. BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis nºs 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e das Leis nºs 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 149, n. 3, 4 jan. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm. Acesso em: 11 mar. 2025.
7. ALHASSAN, I. B. *et al.* Public transport users' willingness-to-pay for a multi-county and multi-operator integrated ticket: Valuation and policy implications. **Research in Transportation Business & Management**, v. 45, 2022.
8. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Série Cadernos Técnicos – Bilhetagem automática e gestão nos transportes públicos**. São Paulo: ANTP, 2003. v.1.
9. PINNA, M. **Tendências mundiais em bilhetagem eletrônica e meios de pagamento**. Technibus, 2025. Disponível em: <https://technibus.com.br/2025/03/25/tendencias-mundiais-em-bilhetagem-eletronica-e-meios-de-pagamento/>. Acesso em: 2 mar. 2025.
10. BUEHLER, R.; PUCHER, J.; DÜMMLER, O. Verkehrsverbund: The evolution and spread of fully integrated regional public transport in Germany, Austria and Switzerland. **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 13, n. 1, p. 36-50, 2018.



Transporte Público Coletivo – Tendências em Controle Ambiental

As Cidades Inteligentes adotam e operam infraestruturas avançadas com múltiplos objetivos: apoiar o desenvolvimento das empresas locais, proteger o meio ambiente, proporcionar transporte público de qualidade, facilitar a mobilidade nas vias urbanas, favorecer a saúde da população, e incentivar um estilo de vida saudável para seus cidadãos.

O conceito de Cidade Inteligente não se limita à adoção de tecnologias digitais. Envolve o planejamento e a operação dos recursos e infraestrutura para manter a cidade sustentável e resiliente. E isso se traduz em um conjunto harmônico de serviços para Cidades Inteligentes.

8.1 Planejamento do Transporte Público Coletivo em Cidades Inteligentes

O planejamento da Mobilidade Urbana em Cidades Inteligentes engloba ações efetivas para a melhoria da infraestrutura do transporte público coletivo. Isto requer a requalificação e/ou implantação de sistemas integrados de transporte público coletivo, com ampliação da capacidade de transporte, terminais de integração modal, e equipamentos para a integração, controle e modernização dos sistemas de transporte. Além dos sistemas de transporte estruturantes, o planejamento engloba ações para a elaboração e implantação de sistemas de transporte não motorizados, tais como passeios públicos com acessibilidade e ciclovias¹.

O transporte público é a espinha dorsal das estratégias de mobilidade sustentável e desempenha um papel fundamental para aumentar a mobilidade da população, combater as mudanças climáticas, reduzir o ruído local e limitar as emissões de poluentes atmosféricos.

O planejamento do Transporte Público Coletivo abrange duas categorias importantes de serviços característicos das Cidades Inteligentes: Transporte e Mobilidade (Operação de Transportes) e Qualidade de Vida (Controle de Poluição).

O Transporte Público Coletivo eficiente proporciona melhora na mobilidade urbana, pois oferece opções seguras e eficientes de transporte para os cidadãos, diminuindo a necessidade do uso do automóvel. A diminuição da circulação de veículos nos centros urbanos aumenta a mobilidade urbana e diminui a emissão de poluição atmosférica.

8.2 Impactos da Poluição Atmosférica sobre a Saúde da População

A poluição do ar gera um grande risco ambiental, sendo uma causa importante de morbidade e mortalidade humana. Uma ampla gama de efeitos nocivos da poluição do ar ambiente sobre a saúde

tem sido documentada por estudos conduzidos em várias partes do mundo. A Organização Mundial da Saúde (OMS) revisa periodicamente as evidências científicas acumuladas sobre este tema e atualiza suas diretrizes para a qualidade do ar nas cidades. Essas diretrizes consideram todas as regiões do mundo e apresentam metas uniformes para a qualidade do ar, capazes de proteger a grande maioria dos indivíduos dos efeitos adversos da poluição atmosférica².

A OMS estimou que, em 2012, cerca de 7 milhões de pessoas morreram — ou seja: uma em cada oito das mortes globais — como resultado da exposição à poluição do ar³. Essas análises mostraram que a poluição atmosférica foi responsável por uma grande incidência de doenças fatais tais como: câncer no pulmão, doença pulmonar obstrutiva crônica, doença cardíaca isquêmica, acidente vascular cerebral e infecções respiratórias⁴.

Em 2020, a poluição emitida por veículos de transporte contribuiu com até 61% do material particulado em cidades ao redor do mundo. Estima-se que a exposição a partículas tenha sido associada a 4,2 milhões de mortes prematuras, em 2019, com cerca de 89% dessas mortes ocorrendo em países de baixa e média renda⁵.

Revisões sistemáticas e meta-análises procuram analisar os muitos efeitos adversos dos poluentes atmosféricos para a saúde humana. A poluição do ar, por exemplo, foi associada ao desenvolvimento de asma, uma doença inflamatória crônica das vias aéreas caracterizada por prejuízos à qualidade de vida e necessidade de internações hospitalares⁶.

Um grande número de estudos epidemiológicos indicou altos níveis de material particulado, menores do que 2,5 microns de diâmetro ($PM_{2,5}$), como um importante fator de risco cardiovascular. A maioria dos estudos foi conduzida em países de alta renda, onde os níveis médios de $PM_{2,5}$ são muito menores, em comparação com países de baixa e média renda cujo perfil socioeconômico, carga de doenças e composição do material particulado são muito mais severas⁷.

Na América Latina, 81% da população já vive em áreas urbanas. No Brasil, de 210 milhões de pessoas, 84% vivem nas áreas urbanas de mais de 5.570 cidades, agravando a emissão de poluentes atmosféricos. Além das dificuldades para seus habitantes, as cidades respondem por grande parte das emissões de carbono do mundo, consumindo cerca de 2/3 da energia do mundo e produzindo aproximadamente 70% das emissões de gases de efeito estufa⁸.

8.3 Necessidade de Reduzir a Poluição Gerada pelo Transporte Urbano

Reduzir as emissões de poluentes atmosféricos [como dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x) e material particulado (MP)] é um problema urgente para os países em desenvolvimento. De todos os setores emissores, o setor de transporte rodoviário é um dos principais emissores de poluentes atmosféricos.

A poluição urbana é fortemente afetada pela circulação de veículos pesados movidos a diesel (basicamente, ônibus e caminhões). Na Europa, entre 2014 e 2016, o tráfego rodoviário contribuiu com cerca de 11% do material particulado (PM), 28% do carbono negro e 39% das concentrações de NO_x . Os veículos pesados (caminhões e ônibus com motores diesel), que representam menos de 5% da população de veículos em algumas grandes cidades europeias, contribuem com 40–60% das emissões de MP e NO_x geradas pelo tráfego rodoviário⁹.

Para melhorar a qualidade do ar, padrões de emissão de veículos mais rigorosos foram introduzidos para ônibus e caminhões fabricados na Europa a partir de 2014. Atualmente os padrões de emissão Euro VI foram também introduzidos nos caminhões e ônibus fabricados no Brasil. Os novos padrões de emissão para veículos pesados incluíram limites de emissão mais rigorosos para hidrocarbonetos (HC), NO_x , MP e, pela primeira vez, incluíram o número de partículas sólidas (PN) e NH_3 . O Regulamento 49 da Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa (UNECE) definiu o procedimento de medição de PN e estabeleceu o limite para 6×10^{11} PN/kWh para motores padrão Euro VI¹⁰.

Estudo realizado pelo Instituto Ambiental de Stockholm, em parceria com o Pacto Global de Prefeitos, estimou o potencial de redução de GEE (Gás de Efeito Estufa) urbano e os meios para alcançá-lo por

diferentes níveis de governo em seis países: Brasil, China, Índia, Indonésia, México e África do Sul. De acordo com este estudo, há potencial para reduzir as emissões de carbono em 90% até 2050, implementando soluções de Cidades Inteligentes, tornando a infraestrutura mais eficiente, incorporando energia renovável em edifícios, usando diferentes materiais para construir infraestrutura e melhorando o transporte urbano¹¹.

É necessário repensar o modelo rodoviário nacional, de modo a priorizar o TPC e o transporte não motorizado, promovendo a qualidade dos serviços de TPC e desestimulando o uso do transporte individual motorizado. O poder público e os operadores são responsáveis solidários pelos impactos ambientais negativos da operação do sistema de TPC, o que implica em custos de mitigação e ações para aumento da atratividade do sistema por meio do uso de fontes de energia renováveis e redução das emissões atmosféricas. Neste contexto os sistemas movidos a energias elétrica apresentam fortes vantagens em relação aos sistemas movidos a combustíveis fósseis¹².

Figura 8.1 – Sistema BRT em Curitiba/PR.



Fonte: Ministério das Cidades, 2015¹

Há uma necessidade de esforços contínuos para expandir o transporte público, promover o desenvolvimento orientado ao transporte e reduzir a demanda por viagens motorizadas. A cidade brasileira de Curitiba, por exemplo, foi pioneira no desenvolvimento inicial de sistemas de ônibus rápido (BRT), que foram amplamente adotados no Brasil e em todo o mundo.

No entanto, a maior parte dos moradores urbanos do Brasil ainda não têm acesso ao transporte público adequado. Esforços nacionais e locais para controlar a expansão urbana, expandir os sistemas de transporte urbano e desenvolver infraestrutura para caminhadas e ciclismo podem reduzir significativamente as emissões de poluentes atmosféricos. Esses esforços além de evitar emissões de poluentes, juntamente com conexões intermodais adequadas, podem também melhorar a logística do transporte de cargas¹¹.

8.4 Eletrificação dos Veículos de Transporte de Passageiros

Um estudo realizado pelo Boston Consulting Group (BCG) prevê uma grande mudança no mercado de veículos: espera-se que, em 2030, uma combinação de propulsores híbridos e totalmente elétricos reduza em cerca de 50% o mercado global dos motores de combustão interna (MCIs). Os motores de combustão interna continuarão a desempenhar um importante, mas diferente papel na indústria automotiva, pois a maior parte dos veículos eletrificados deverá ser equipada com propulsão híbrida¹³.

São também esperados grandes aumentos da eficiência energética dos motores a combustão interna nos próximos anos. Enquanto o limite de Carnot para a eficiência de motores de combustão interna

é de 37%, os motores modernos de combustão interna atuais apresentam eficiência de aproximadamente 20%¹⁴. Os motores elétricos, por sua vez, são altamente eficientes (alcançando de 95% a 98% de eficiência).

Sendo os motores elétricos altamente eficientes, os veículos elétricos *plug-in* podem ser duas a três vezes mais eficientes do que um veículo equivalente a gasolina, em uma base de comparação “do tanque para as rodas”. Além disso, os veículos elétricos são economicamente competitivos, pois a eletricidade é, na maioria dos casos, mais barata por quilômetro rodado do que os combustíveis líquidos. Os veículos elétricos e híbridos, quando usados no modo elétrico, operam com nível zero de emissões de gases de escape. A ampla adoção desses veículos, se associada à expansão da infraestrutura de geração de energia elétrica por fontes de baixo carbono, permitiria reduzir substancialmente as emissões globais de gases de efeito estufa.

Esforços nacionais para definir padrões mais rigorosos de eficiência e/ou emissões de veículos, desenvolver combustíveis de baixo carbono e estabelecer incentivos para veículos híbridos e ZEVs (veículos de zero emissões) serão essenciais para alcançar reduções de emissões poluentes mais profundas no setor de transporte urbano. Os governos municipais podem complementar esses esforços, por meio de compras públicas de ZEVs e adoção de combustíveis de baixo carbono, facilitando o desenvolvimento de infraestrutura de carregamento de veículos elétricos e fornecendo incentivos locais para a adoção de ZEVs¹¹.

Modos de Eletrificar o Transporte Público Coletivo

A adoção de ônibus elétricos na frota de TPC contribui decisivamente para diminuir a concentração de gases poluentes nos Centros Urbanos. A eletrificação e a tecnologia de baterias reduzem significativamente as emissões globais de carbono e a poluição do ar, melhorando a saúde pública e a qualidade de vida da população. A mudança para tecnologias limpas nos transportes é fundamental para garantir vidas mais saudáveis e mobilidade ecologicamente correta, tanto local, quanto globalmente.

Figura 8.2 – Ônibus elétrico do sistema de transporte público em uma rua em Paris, França.



Fonte: Institute for Transportation and Development Policy, 2025¹⁷

O transporte público coletivo especificamente tem a capacidade de criar impactos sociais, econômicos e ambientais positivos. Os ônibus elétricos apresentam vantagens claras sobre os ônibus com motor

de combustão interna, pois resolvem questões urbanas urgentes. Eles oferecem alternativas limpas e silenciosas que reduzem as emissões gerais, mesmo em cidades com redes de eletricidade que não são totalmente descarbonizadas. Com o número de ônibus elétricos previsto para chegar a 175 milhões até 2030, essa tecnologia está se tornando mais acessível e adaptável em várias paisagens urbanas¹⁵.

Os ônibus elétricos são uma escolha excelente para transporte urbano sustentável. Eles melhoram a segurança, por proporcionar melhor controle de direção, eliminam a poluição sonora dos motores a diesel, garantindo acesso a transporte público, limpo e confiável para a população.

Ao eletrificar frotas de TPC, diversas cidades inteligentes do mundo estão substituindo sistemas de ônibus a motores diesel por infraestruturas de eletrificação. Essa diferença fundamental tem muitas implicações operacionais. O planejamento de operações e manutenção precisará mudar com eletrificação. Haverá também mudanças no planejamento de rotas, na infraestrutura, nas estratégias de reabastecimento/ carregamento de baterias e nas práticas de manutenção¹⁶.

Embora a adoção mais ampla de soluções de mobilidade elétrica esteja disponível, questões-chave devem ser equacionadas para garantir a sua viabilidade, entre as quais: a infraestrutura energética, a disponibilidade de energia, as soluções de armazenamento de energia e os incentivos econômicos para esta transição.

Figura 8.3 – Ônibus elétricos em Santiago, Chile, em um terminal de carregamento que também utiliza energia solar.



Fonte: Institute for Transportation and Development Policy, 2025¹⁷

Planejar a operação de ônibus elétricos implica em projetar adequadamente a infraestrutura elétrica, considerando a contribuição das energias renováveis, e desenvolver um plano operacional de recarga para que é essencial para melhorar a eficiência e garantir a durabilidade das baterias.

Os planejadores precisam avaliar os tipos de infraestrutura de carregamento, quantidade de carregadores, as estações de recarga para cada tipo de bateria, o espaço disponível para estações de carregamento e a capacidade da rede elétrica para a implantação de projetos piloto e de expansão do TPC bem-sucedidos.

O planejamento e a modelagem do serviço dependerão do tipo de carregador que o sistema de TPC decidir utilizar e do que for mais viável, dadas as restrições geográficas e disponibilidade no mercado

local. Os carregadores podem exigir diferentes tipos de infraestrutura e de espaço para carregamento.

Existem três tipos principais de carregamento de OEB (Ônibus Elétricos à Bateria): *plug-in* tradicional, carregamento pantográfico (carregamento flash ou carregamento em movimento) e carregamento sem fio (indutivo). Alguns tipos podem ser combinados dependendo do plano de estratégia de carregamento desenvolvido. Entretanto o tipo mais comum é o uso de pantógrafos. O carregamento em movimento, por meio do contato com a rede de trólebus, é uma opção viável e econômica para cidades pequenas e médias.

Quadro 8.1 – Tipos principais de carregamento de ônibus elétricos à bateria.

	 Carregamento Plug-in	 Carregamento por pantógrafo	 Carregamento indutivo
Como transfere a eletricidade?	Também conhecido como carregamento noturno. Método mais comum e acessível.	Contato entre um pantógrafo e as hastes instaladas no teto do veículo.	O carregamento indutivo ou por oportunidade usa um campo eletromagnético para transferir eletricidade.
Tempo de recarga	Lento: de 5 a 8 horas para atingir a carga total.	Rápido: de 5 a 20 minutos.	Rápido e dinâmico. De 20 minutos a 1 hora para atingir a carga total.
Localização da recarga	No fim/início das rotas ou em garagens	No fim/início das rotas; em garagens ou nas estações; e recarga ao longo da rota (no caso dos trólebus com baterias).	No fim/início das rotas, ao longo das rotas ou em garagens.

Fonte: BRASIL. Caderno Técnico de Referência para Eletromobilidade nas cidades brasileiras (Volume I). 2022¹⁸

O carregamento em movimento é uma forma de carregamento de OEB que combina os ônibus elétricos a bateria padrão com as linhas aéreas tradicionais de um sistema de trólebus padrão.

Figura 8.4 – Carregamento direto de ônibus elétricos em rede aérea de trólebus, em Oberhausen, Alemanha.



Fonte: EU Urban Mobility Observatory, 2017¹⁹

Em sistemas de trólebus tradicionais, os ônibus eram alimentados pelas linhas aéreas e não tinham bateria. Então, eles não podiam sair do corredor onde estas linhas estavam localizadas. Com o carregamento

em movimento, o ônibus pode rodar usando sua bateria de bordo e, quando necessário, usar as linhas aéreas para carregar a bateria de bordo, enquanto se movimenta, diminuindo a necessidade de linhas aéreas ao longo de toda a rota.

Por exemplo, o transporte público por ônibus e bondes desempenha um papel central nos conceitos de mobilidade do futuro na cidade de Oberhausen (Alemanha). Para atender à crescente demanda por mobilidade sem efeitos negativos no meio ambiente, a *Stadtwerke Oberhausen GmbH* em cooperação com a associação de transporte *Verkehrsverbund Rhein-Ruhr (VRR)* iniciou em 4 de outubro de 2015 a operação de duas linhas urbanas 962 e 966 com um ônibus elétrico (padrão de 12 m) em cada linha, convertendo completamente essas rotas do modo diesel para o elétrico. Nesses veículos, todos os equipamentos auxiliares, como ar condicionado e aquecimento, são alimentados eletricamente. Para carregamento rápido, a infraestrutura de linhas aéreas existente é usada para carregar as baterias durante a operação¹⁹.

Barreiras Econômicas à adoção do TPC eletrificado

Os ônibus com motor a combustão exigem mais manutenção que os veículos elétricos. Com os veículos elétricos não há gastos com troca de óleo, diesel e componentes como o chicote do ar-condicionado. A economia é considerável²⁰.

No Brasil, os ônibus elétricos representam uma redução de ao menos 50% nos custos de manutenção e de pelo menos 65% nos custos com combustível, na comparação com veículos movidos a diesel, segundo estimativas da Enel X e dos fabricantes de ônibus elétricos do mercado²¹.

Apesar das inúmeras vantagens dos ônibus elétricos, atualmente, existem importantes barreiras à adoção desses veículos no TPC. A principal delas é o custo atual dos ônibus elétricos.

O alto investimento para aquisição dos ônibus é considerável, já que um veículo elétrico custa cerca de três vezes mais do que um movido a diesel. Enquanto um ônibus convencional a diesel custa de R\$ 500 mil a R\$ 700 mil, no mercado nacional, a depender do modelo, uma versão movida a bateria custa, em média, R\$ 2,4 milhões²².

Outra barreira importante é o investimento em infraestrutura elétrica. A recarga de ônibus elétricos requer infraestrutura específica, geralmente de alta tensão e subterrânea. O investimento para a infraestrutura nas garagens é expressivo. No Brasil, um consumidor solicitante da rede de alta tensão terá de arcar com toda a infraestrutura de expansão da conexão subterrânea que vai até a porta da garagem. Entretanto, qualquer outro usuário que estiver no meio do caminho poderá utilizar esta conexão, sem precisar investir²³.

A eletrificação do TPC na Cidade de São Paulo

A meta de descarbonizar a frota de ônibus urbanos de São Paulo é antiga. Os debates começaram em 2009, quando a Prefeitura, atendendo a Lei de Mudanças Climáticas fixou um prazo até 2018 para a conversão total dos ônibus a diesel para sustentáveis.

A regra não foi cumprida e passou por uma emenda, que se transformou na Lei 16.802/2018, que definiu o prazo para redução de 50% das emissões em 2028 e de 100% até 2038.

Em janeiro de 2025, a capital paulista dispunha de um total de 13.277 ônibus urbanos em operação, sendo 201 trólebus (veículos elétricos que operam conectados por cabos aéreos à rede elétrica das ruas)²³.

Em 3/04/2025, a Prefeitura de São Paulo integrou, à frota de ônibus da capital, mais 115 novos ônibus elétricos à bateria. Com esses novos ônibus, cidade passou a contar com 728 ônibus elétricos, sendo 527 movidos à bateria²⁴.

Os ônibus elétricos são completamente diferentes dos ônibus convencionais, pois não emitem gases poluentes, não fazem barulho, são leves para dirigir, e são equipados com ar-condicionado, conexão de internet por Wi-Fi e área para carregar celular por USB.

A falta de estrutura de recarga é o principal desafio para a expansão da frota de ônibus elétricos na capital paulista. É consenso entre prefeitura e as concessionárias de ônibus de que não há hoje pontos

de recarga suficientes para o abastecimento dos veículos com energia elétrica na cidade²².

Os custos tendem a se diluir ao longo do tempo de operação devido ao gasto menor com manutenção e consumo, mas o investimento inicial é elevado e foi um dos obstáculos apontados pelas empresas inicialmente. A prefeitura decidiu subvencionar a compra dos ônibus, pagando a diferença entre um elétrico e um diesel diretamente às fornecedoras. Se um coletivo diesel custa R\$ 500 mil e o equivalente movido a energia elétrica sai por R\$ 2,5 milhões, a prefeitura banca a diferença de R\$ 2 milhões, por exemplo — o subsídio é pago diretamente ao fabricante do veículo.

Figura 8.5 – Veículos que serão utilizados na linha 809 L-10 Lapa-Campo Limpo, em São Paulo.



Fonte: Divulgação Viação Transcap

Já foram gastos quase meio bilhão de reais (R\$ 464 milhões) para a aquisição de 219 ônibus, distribuídos entre dez empresas que operam em São Paulo²⁵.

Estima-se que 90% das garagens da capital paulista poderiam receber até 50 ônibus elétricos, sem alteração significativa na estrutura de fornecimento de energia, e até 150 ônibus elétricos, com pequenas e médias alterações. Para promover mudanças mais profundas, o valor seria relativamente elevado e a principal parte dos recursos sairia das empresas. Há dois anos, o custo da infraestrutura elétrica para fornecer carregamento a 20% da frota de ônibus da capital, entre subestações de energia e instalação de carregadores, era estimado em cerca de R\$ 2 bilhões²⁵.

Planejamento para a eletrificação do Transporte Público Coletivo

Os ônibus urbanos apresentam forte potencial para eletrificação, devido à existência de rotas fixas e distâncias de viagem relativamente curtas. Na União Europeia, em 2023, os veículos elétricos a bateria atingiram uma participação de vendas de 43% do total de ônibus urbanos, demonstrando progresso em direção à meta europeia de 100% das vendas de ônibus urbanos serem veículos de emissão zero (ZEVs) até 2035²⁶.

Na América Latina, os municípios ainda enfrentam muitos desafios para uma adesão efetiva à eletrificação devido a inúmeras barreiras econômicas e jurídicas. Nesse contexto, implementar ônibus elétricos no TPC implica no planejamento de um novo sistema para o transporte público do município. Apesar dos desafios, é uma excelente oportunidade para inovar e aprimorar a mobilidade urbana como um todo (e não apenas o serviço de transporte de passageiros).

Os estágios de implementação de corredores ou linhas que usem ônibus elétricos devem prever o detalhamento do modelo de regulamentação; a definição do financiamento da frota; a definição da rota a ser eletrificada; a definição do tipo e localização das infraestruturas de recarga; o monitoramento e gestão da operação; a manutenção; e as atividades de suporte ao novo sistema.

O *Caderno Técnico de Referência para Eletromobilidade nas Cidades Brasileiras* indica caminhos viáveis para superar estes obstáculos, especialmente os financeiros. O investimento inicial é alto, pode variar de 260 mil dólares americanos a 475 mil dólares americanos (por ônibus, na América Latina). Por outro lado, os custos com a operação e manutenção de frotas elétricas (inclusive baterias e infraestruturas de recarga) têm o potencial de ser de até 70% inferiores aos dos ônibus convencionais a diesel. Para garantir que o projeto de eletrificação gere resultados efetivos, este documento fornece orientações para o planejamento da eletromobilidade do transporte público coletivo. As lições aprendidas e compartilhadas por cidades pioneiras na América Latina, como Santiago e Bogotá, demonstram que introduzir a eletromobilidade nas cidades brasileiras é possível. O caderno indica os caminhos mais recomendados e viáveis para uma transição exitosa para frotas ônibus de emissão zero¹⁸.

Referências

1. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **PlanMob – Caderno de referência para elaboração de Plano de Mobilidade Urbana**. Brasília: MC, 2015.
2. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Review of evidence on health aspects of air pollution**. REVIHAAP Project. [S.l.]: WHO, 2013. (Technical Report).
3. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. 7 million deaths annually linked to air pollution. **Central European Journal Public Health**, v. 22, p. 53-59, 2014.
4. MANNUCCI, P. M., FRANCHINI, M. Health effects of ambient air pollution in developing countries. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, n. 9, p. 1048, 2017.
5. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Ambient (outdoor) air pollution**. 24 out. 2024. Disponível em: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health). Acesso em 29 abr. 2025.
6. ZHENG, X. *et al.* Short-term exposure to ozone, nitrogen dioxide, and sulphur dioxide and emergency department visits and hospital admissions due to asthma: a systematic review and meta-analysis. **Environment International**, v. 150, p. 106435, 2021.
7. JAGANATHAN, S. *et al.* Association of long-term exposure to fine particulate matter and cardio-metabolic diseases in low-and middle-income countries: a systematic review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 14, p. 2541, 2019.
8. DELLOITE; NEC. Insights sobre Cidades Inteligentes no Brasil para formuladores de políticas e gestores públicos. Alavancando tecnologias para o desenvolvimento sustentável. Mar. 2023. 75p.
9. GIECHASKIEL, B. *et al.* Emission factors of a Euro VI heavy-duty diesel refuse collection vehicle. **Sustainability**, v. 11, n. 4, p. 1067, 2019.
10. MENDOZA-VILLAFUERTE, Pablo *et al.* NOx, NH3, N2O and PN real driving emissions from a Euro VI heavy-duty vehicle. Impact of regulatory on-road test conditions on emissions. **Science of The Total Environment**, v. 609, p. 546-555, 2017.
11. STOCKHOLM ENVIRONMENT INSTITUTE. **Zero Carbon Cities By 2050**. [S.l.]: SEI, Oct. 2021. Disponível em: <https://urban-transitions.global/en/publication/zero-carbon-cities-by-2050>. Acesso em 29 abr. 2025.
12. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Guia TPC – Orientações para seleção de tecnologias e implementação de projetos de transporte público coletivo**. Brasília: BNDES, 2017. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/14921>. Acesso em: 25 abr. 2025.
13. MOSQUET, X. *et al.* The Electric Car Tipping Point-The future of powertrains for owned and shared mobility. **The Boston Consulting Group**, v. 18, 2018.

14. CHANDLER, D. L. Explained: The Carnot Limit. **MIT News Office**, 19 May 2010. Disponível em: <https://news.mit.edu/2010/explained-carnot-0519>. Acesso em: 29 abr. 2025.
15. FULTON, Lewis; REICH, D. Taylor. **The compact city scenario—Electrified**: The only way to 1.5 C. 2021. Disponível em: <https://itdp.org/publication/the-compact-city-scenario-electrified/>. Acesso em 19 abr. 2025.
16. INSTITUTE FOR TRANSPORTATION & DEVELOPMENT POLICY. **Advancing E-Buses**: A Guide to Batteries and Charging. New York: ITDP, Feb. 2025. 69 p. Disponível em: <https://itdp.org/publication/advancing-e-buses-a-guide-to-batteries-and-charging/>. Acesso em: 29 abr. 2025.
17. INSTITUTE FOR TRANSPORTATION & DEVELOPMENT POLICY. **Transport Matters**. 17 Feb. 2025. Disponível em: <https://itdp.org/transport-matters-blog>. Acesso em 29 abr. 2025.
18. BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Banco Mundial. **Caderno Técnico de Referência para Eletromobilidade nas Cidades Brasileiras**. Brasília, 2022. 202 p. v. 1.
19. COMISSÃO EUROPÉIA. **Using tram infrastructure to re-charge e-buses in Oberhausen (Germany)**. 12 Apr. 2017. Disponível em: https://urban-mobility-observatory.transport.ec.europa.eu/resources/case-studies/using-tram-infrastructure-re-charge-e-buses-oberhausen-germany_en. Acesso em 29 abr. 2025.
20. VENDITTI, M. S. Ônibus elétricos: Concessionária de transporte coletivo de SP compra nove veículos da BYD. **O Estado de São Paulo**, 10 set. 2024. Disponível em: <https://mobilidade.estadao.com.br/mobilidade-para-que/descarbonizacao-concessionaria-de-transporte-coletivo-de-sp-investe-na-compra-de-onibus-eletricos/>. Acesso em 29 abr. 2025.
21. CESAR, J. São Paulo recebe nova frota com 50 ônibus elétricos nacionais. **UOL Notícias**, 18 set. 2023. Disponível em: <https://insideevs.uol.com.br/news/687267/sao-paulo-frota-onibus-eletricos/>. Acesso em 29 abr. 2025.
22. UOL. ‘Se carregar, bairro apaga’: 37 ônibus elétricos estão parados no Jabaquara. **UOL Notícias**, São Paulo, 14 mar. 2025. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2025/03/14/onibus-eletricos-sp.htm>. Acesso em: 29 abr. 2025.
23. VENDITTI, M. S. Descarbonização. O que deve ser feito para ‘destravar’ a eletrificação dos ônibus urbanos de SP. **O Estado de São Paulo**, 14 jan. 2025. Disponível em: <https://mobilidade.estadao.com.br/inovacao/descarbonizacao-o-que-deve-ser-feito-para-destravar-a-eletrificacao-dos-onibus-urbanos-de-sp/>. Acesso em: 29 abr. 2025.
24. SÃO PAULO (Cidade). **Prefeitura entrega mais 115 novos ônibus elétricos à bateria, sendo 5 com câmeras integradas ao Smart Sampa**. 3 abr. 2025. Disponível em: <https://capital.sp.gov.br/web/prefeitura-de-sao-paulo/w/prefeitura-entrega-mais-115-novos-%C3%B4nibus-el%C3%A9tricos-%C3%A0-bateria-sendo-5-com-c%C3%A2meras-integradas-ao-smart-sampa>. Acesso em: 29 abr. 2025.
25. CARDOSO, W. Atraso: entenda por que só 3,7% da frota de ônibus de SP é elétrica. **Metrópoles**, 9 dez. 2024. Disponível em: <https://www.metrosoles.com/sao-paulo/atraso-entenda-por-que-so-37-da-frota-de-onibus-de-sp-e-eletrica>. Acesso em: 29 abr. 2025.
26. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Global EV Outlook 2024**. France: IEA Publications. 2024

9

Gestão de Emergências e Desastres

Inundações, acidentes de trânsito e incêndios são exemplos de emergências e desastres que geram prejuízos à sociedade e, muitas vezes, ao meio ambiente. Esses eventos têm apresentado impacto crescente a cada ano, impulsionado pelo aumento populacional, pela expansão da frota de veículos e pelas mudanças climáticas. Nessas situações, o atendimento deve ser realizado com a máxima agilidade, por meio de ambulâncias, carros de bombeiros, viaturas policiais e outros veículos de emergência, que frequentemente enfrentam vias congestionadas. Reduzir o tempo de resposta nessas ocorrências é essencial para minimizar os danos e aumentar significativamente as chances de sobrevivência das vítimas¹.

Os atendimentos a ocorrências dessa natureza compartilham boa parte de recursos e infraestrutura física. Dentre os domínios de serviços de ITS citados na Norma Técnica ISO 14813-1⁴, destacam-se os seguintes:

- **Operações e Gerenciamento de Tráfego:** envolve o uso de câmeras de CFTV, sensores e radares, controle semafórico, redes de comunicação (rádio, internet, telefonia móvel), GPS (Sistema de Posicionamento Global ou Global Positioning System) e ferramentas de mapeamento. Tais recursos permitem o monitoramento contínuo das vias e fornecem dados em tempo real para centros de controle, salas de situação ou comitês de crise, possibilitando decisões rápidas e assertivas.
- **Informações para usuários:** abrange os canais de comunicação com a população, com o envio de alertas e mensagens por meio de PMVs, rádio, aplicativos móveis, websites, entre outros, contribuindo para a orientação segura dos motoristas e usuários em geral.
- **Serviços de emergência:** são acionados por usuários na ocorrência de acidentes com veículos, incluindo transporte de cargas perigosas e roubos de veículos.
- **Gerenciamento de evacuação e de resposta a desastres:** utiliza sistemas de apoio à decisão, que auxiliam os gestores públicos na definição de estratégias de resposta, com base em dados atualizados, simulações e modelagens preditivas.
- **Monitoramento das condições ambientais:** integra dados meteorológicos e previsões climáticas, permitindo a emissão de alertas antecipados sobre eventos adversos, como chuvas intensas, ventos fortes ou outros riscos naturais.

A seguir, estão relacionados os principais grupos de serviços envolvidos na resposta a emergências e desastres, incluindo avanços tecnológicos recentes que contribuem para o aprimoramento desses serviços e seus respectivos desafios. Na sequência, encontram-se exemplos de soluções implementadas no contexto de cidades inteligentes, resilientes e sustentáveis, além de orientações para gestores públicos na adoção de soluções adequadas à realidade de cada município.

9.1 Serviços de Emergência

Acionados quando usuários, sistemas de monitoramento e de emissão de alertas comunicam, por exemplo, acidentes, roubos de carros ou problemas no transporte de materiais perigosos, os serviços de emergência são projetados para melhorar a eficiência, segurança e rapidez de resposta, minimizando impactos e protegendo vidas. A Norma Técnica ISO 14813-1⁴ (item 12) menciona quatro grupos principais de serviços:

- **Chamadas de Emergências:** disparadas por usuários (motoristas ou passageiros) ou sistemas de notificação automática de incidentes (eCall), relacionadas ao transporte e à segurança pessoal.
- **Recuperação de Veículos Roubados:** rastreamento de veículos após roubo e imobilização remota para garantir a segurança e facilitar a recuperação.
- **Gestão de Veículos de Emergência:** rastreamento em tempo real, gestão de frotas e coordenação do tráfego, de modo a priorizar o acesso dos veículos de bombeiros, viaturas de polícia, ambulâncias, entre outros, aos locais de ocorrência de incidentes.
- **Notificação e Gestão de Materiais Perigosos:** rastreamento e monitoramento de veículos que transportam materiais perigosos, como por ex., produtos químicos, gestão de rotas e resposta a incidentes envolvendo esses materiais.

9.2 Tecnologias Habilitadoras e Exemplos de Aplicação

A integração da Internet das Coisas (IoT), redes de sensores sem fio, sistemas de GPS e a computação em nuvem tem impulsionado significativamente o avanço na gestão de sistemas de tráfego. Esses recursos fornecem dados em tempo real e poder computacional que permitem reduzir o tempo de resposta em situações de emergência. Técnicas de aprendizado de máquina, otimização evolutiva, sistemas adaptativos e teoria de controle são aplicadas para otimizar o fluxo de tráfego, gerenciar cruzamentos, prevenir colisões e realizar o roteamento eficiente de veículos de emergência.

Além disso, tecnologias inteligentes de conectividade, baseadas em redes e protocolos de comunicação, como Veículo-a-Veículo (V2V), Veículo-a-Infraestrutura (V2I) e Veículo-para-Tudo (V2X), contribuem para melhorar a coordenação entre os veículos e a infraestrutura viária, agilizando as respostas em cenários críticos. Plataformas de redes sociais também têm sido utilizadas como fontes complementares de informação para detectar eventos nas vias e monitorar as condições do trânsito.

No entanto, a implementação de soluções utilizando tecnologias mais recentes requer o envolvimento de especialistas com maior conhecimento técnico. Como referência, seguem alguns exemplos:

- Automatização das chamadas de emergência: detecção automática de um acidente, compartilhamento de informações e envio de apoio com brevidade sem intervenção humana são de implementação mais complexa, embora mais eficaz;
- Monitoramento do transporte de materiais perigosos: identificação do problema e da resposta adequada ao tipo de material transportado, em caso de acidente;
- Coordenação do tráfego para veículos de emergência: além do conhecimento do sistema viário para intervenção no trânsito em tempo real, requer a comunicação e colaboração com todas as agências envolvidas na resposta à emergência, tais como, empresas de energia, gestores de infraestrutura. E, ainda, o compartilhamento de dados relevantes entre as equipes atuantes (agentes de trânsito, ambulâncias, bombeiros, etc.), tais como, localização, tipo de emergência, riscos e rotas disponíveis, entre outros.

Desafios ligados a implementação de soluções inteligentes

Os sistemas de gestão de emergências operam em ambientes dinâmicos complexos e em cidades com características socioeconômicas diversas. A implementação de soluções inteligentes enfrentará os seguintes possíveis desafios¹:

- indisponibilidade de dados históricos ou fornecidos por outras fontes;
- indisponibilidade de serviço, ocasionada pelo acidente ou por danos à infraestrutura física;
- reutilização de sensores locais existentes, instalados para atender outras finalidades, os quais podem apresentar características que dificultem sua integração ao sistema de gerenciamento e resposta;
- sensibilidade ao atraso nas decisões e falta de agilidade da resposta;
- grande volume de dados e precisão (assertividade) das decisões tomadas face às ocorrências;
- tratamento de dados coletados em vários formatos (texto, imagem, vídeo, som, dados ambientais, etc.);
- prevenção e ou redução de interrupções adicionais em dispositivos de controle de tráfego como semáforos, por exemplo.

9.3 Resposta a Desastres e Evacuação

Motivação para a adoção de soluções integradas

As mudanças climáticas recentes e seus impactos ambientais têm desencadeado desastres naturais com intensidade e frequência cada vez maiores. Um estudo coordenado pela Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), em parceria com outras instituições, revelou que os desastres climáticos no Brasil aumentaram 250% entre 2020 e 2023, em comparação com aqueles registrados na década de 1990. No período de 1991 a 2023, 92% dos municípios brasileiros relataram algum tipo de dano associado a eventos climáticos extremos. Dentre esses eventos, 27% foram causados por inundações, enxurradas e enchentes, enquanto 19% tiveram origem em tempestades³.

Para além da mobilidade urbana, a gestão de desastres e emergências envolve aspectos relacionados à segurança pública, governança e planejamento urbano². As Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), impulsionadas pela transformação digital e pela conectividade, fornecem a base para a implementação de soluções integradas, fundamentais para a construção de cidades mais inteligentes, resilientes e sustentáveis.

Nesse contexto, os Sistemas Inteligentes de Transportes representam uma ferramenta estratégica importante, ao incorporar tecnologias avançadas ao planejamento e à gestão urbana e proporcionar benefícios como: a detecção rápida de eventos críticos, uma melhor coordenação dos serviços de emergência, o aprimoramento da comunicação entre a população e os órgãos envolvidos, além do suporte aos gestores públicos para a tomada de decisões com base em dados mais precisos e em tempo real, oferecendo recursos capazes de mitigar impactos que ameaçam a segurança da população e a integridade da infraestrutura urbana.

Serviços em resposta a desastres

A Norma Técnica ISO 14813-1⁴, em seu item 15, aborda aspectos voltados à coordenação e ao gerenciamento da resposta a desastres, destacando os seguintes grupos de serviços de ITS:

- gerenciamento de dados de desastres: tratamento de dados provenientes de ocorrências de emergências e desastres, e seu compartilhamento com usuários e outros atores envolvidos;
- gerenciamento da resposta a desastres e evacuação: serviços que permitam a operação e uso das vias, restrição do acesso a áreas de risco por pessoas não autorizadas, desobstrução, mitigação dos impactos e gerenciamento de evacuações, incluindo a elaboração de plano de resposta e evacuação além da reutilização da via após ações emergenciais; e
- coordenação de ações com autoridades e entidades envolvidas no atendimento emergencial, tais como emissão de alertas e disseminação de informações, planejamento de estratégias, priorização

de rotas de tráfego para veículos de resgate e socorro, tais como ambulâncias, viaturas policiais, bombeiros, entre outras atividades.

A Figura 9.1, a seguir, ilustra de maneira esquemática as ações ligadas à gestão de desastres e os principais domínios de serviços de ITS atuantes nesses cenários.

Figura 9.1 – Ações e domínios de serviços de ITS atuantes na resposta a desastres



Fonte: IPT

Para cada ação ligada à gestão de desastres (Figura 9.1), aspectos relevantes relacionados aos serviços de ITS são apresentados a seguir.

- **Coleta de dados:** as informações necessárias para orientar a tomada de decisões pelos responsáveis são coletadas, a partir de dados obtidos de sistemas desenvolvidos e utilizados especificamente pela cidade ou provenientes de outras fontes, como entidades, bases de dados abertos, entre outras. A implementação dessa fase envolve questões relacionadas ao armazenamento de dados, padronização de informações, integração entre sistemas, entre outras.
- **Prevenção:** identificação de áreas de risco (por exemplo, zonas de inundação), monitoramento da infraestrutura de transportes e outras ações prioritárias focadas na gestão de riscos, anteriores às ocorrências, de maneira a evitar ou reduzir a instalação de novos riscos de desastres.
- **Mitigação:** adoção de medidas e atividades imediatas para reduzir ou evitar as consequências adversas de desastres já ocorridos.
- **Preparação:** elaboração de planos de resposta e evacuação, que ajudarão a gerir emergências de forma eficiente, planejar rotas de evacuação, testar sistemas de alerta e adequar a infraestrutura de apoio utilizada na resposta a desastres.
- **Resposta:** execução de ações emergenciais durante ou após um desastre, tais como, direcionamento do trânsito, envio de alertas e apoio no acesso aos locais afetados pela emergência.
- **Recuperação:** coordenação de ações pós-desastre para restaurar e avaliar danos ao transporte; comunicação com órgãos responsáveis pelo apoio às emergências, tais como, Defesa Civil, Cetesb, Polícia Rodoviária, Bombeiros, concessionárias de rodovias e empresas de transporte público; e reabertura do trânsito.
- **Predição:** identificação de cenários que antecedem a ocorrência de eventos críticos e seleção de ações eficazes em atendimentos passados e de dados, históricos e em tempo real, que permitirão a

realização de simulações. O objetivo é fazer projeções fundamentadas de situações emergenciais, que ajudem a antecipar medidas preventivas e a preparar respostas mais adequadas às possíveis ocorrências. A implementação dessa fase depende da aplicação de tecnologias avançadas, tais como, inteligência artificial, conectividade de alta capacidade, infraestrutura tecnológica adequada, entre outros recursos.

A implementação das ações ligadas à gestão de desastres pelas prefeituras deve ser adequada às necessidades e realidades específicas de cada município, considerando fatores como a disponibilidade de dados sobre desastres e eventos ocorridos anteriormente, recursos humanos, infraestrutura existente, características socioeconômicas, entre outros aspectos⁵.

Neste caderno, o foco das ações descritas no âmbito da gestão de desastres está voltado à mobilidade urbana. Contudo, parte dessas ações pode ser executada de maneira integrada com soluções específicas de outras áreas de risco consideradas relevantes pelos gestores públicos.

Alguns municípios, como é o caso de Valinhos-SP, já possuem mapeamento de áreas urbanas suscetíveis a deslizamentos de terra e planos de evacuação da população, entre outras informações^{7,8}. Nesse caso, é recomendável que os gestores ampliem a identificação de riscos, considerando não somente aqueles relacionados à rede de transportes, mas também outros fatores que colocam a população em situação de vulnerabilidade. Uma abordagem integrada contribui para uma gestão de desastres mais eficiente, coordenada e alinhada às particularidades de cada município.

Assim como as aplicações voltadas para serviços de emergência, soluções que envolvem a predição de desastres empregam tecnologias especializadas em armazenamento e análise de grandes volumes de dados (Big Data e Analytics), conectividade avançada, além de inteligência artificial. Para serem implementadas de forma eficaz, é necessário considerar vários aspectos em termos de planejamento, capacitação de recursos humanos, participação em programas governamentais, além do estabelecimento de parcerias com diferentes instituições⁶.

Exemplos de soluções

Centro Integrado de Comando e Controle: O Município de Campinas - SP dispõe do Centro Integrado de Comando e Controle (CICC), apresentado na Figura 9.2, que integra diversos órgãos de segurança pública, proteção civil, trânsito, mobilidade urbana e gestão de crises e emergências na cidade, além de monitorar as escolas municipais. Inaugurado em julho de 2024⁹, substituiu a Central Integrada de Monitoramento de Campinas, criada em 2007¹⁰, e unificou serviços das secretarias de Segurança Pública, Educação, Saúde, Transportes, Clima e Desenvolvimento Sustentável, Urbanismo, Guarda Municipal, Defesa Civil, Emdec, Setec, Sanasa e Rede Mário Gatti de Urgência e Emergência.

O complexo conta, também, com a participação das polícias Militar, Civil e Federal, além da Abin (Agência Brasileira de Inteligência). Ocupando uma área de quatro mil metros quadrados, conta com duas salas de monitoramento, que recebem imagens de mais de três mil câmeras de vigilância, incluindo CFTV, leitores de placas de veículos e colaboradores do programa Monitora Campinas.

Figura 9.2 – Centro de Controle de Informações de Campinas



Fonte: Prefeitura de Campinas/Divulgação, foto: Rogério Capela⁹

ViaSegura - Ferramenta lançada pelo BID baseada em inteligência artificial: Em 2022, o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) lançou a ViaSegura¹¹, uma ferramenta de código aberto baseada em Inteligência Artificial (IA) que viabiliza a detecção de elementos de segurança viária, como ciclovias, delineação, condição do pavimento, acessos, interseções, iluminação, entre outros, a fim de melhorar a tomada de decisões e a priorização de investimentos para melhorar a segurança viária.

A ferramenta usa modelos treinados e visão computacional para pontuar 14 atributos, reduzindo em aproximadamente 30% o tempo gasto na classificação dos elementos de segurança viária e o número de pessoas envolvidas. Após seu lançamento, a ViaSegura tem sido utilizada em 5 países da região da América Latina e do Caribe, com o apoio do BID, avaliando mais de 60.000 quilômetros de estradas, permitindo que agências rodoviárias, governos e outras entidades melhorem a segurança de milhares de pessoas.

Sua utilização tem permitido encaminhar os investimentos em infraestrutura rodoviária de forma idônea, preservando a integridade física de pedestres, motoristas, ciclistas e motociclistas.

9.4 Orientações para Prefeitos

Tecnologias associadas à inteligência artificial (IA), ao armazenamento e análise de grandes volumes de dados (*Big data* e *Analytics*), bem como à conectividade, vem sendo aplicadas em soluções voltadas ao monitoramento e à prevenção de desastres. Essas tecnologias permitem desde a identificação precoce de eventos críticos e a emissão de alertas até a realização de simulações, avaliação de desempenho dos sistemas e apoio à tomada de decisões.

Considerando a possível integração entre diferentes sistemas de informações no âmbito do município, é fundamental que as bases de dados acessadas e as ferramentas adotadas apresentem características que garantam a integração, interoperabilidade, segurança, qualidade e atualização contínua dos dados. Esses requisitos são essenciais para garantir a eficácia e a confiabilidade das soluções adotadas na gestão de desastres.

Referências

1. GOLPAYANI, F. et al. Urban Emergency Management using Intelligent Traffic Systems: Challenges and Future Directions. In: IEEE INTERNATIONAL SMART CITIES CONFERENCE (ISC2), 2021, Manchester, UK. **Proceedings [...]**. Piscataway: IEEE, 2021. doi: 10.1109/ISC253183.2021.9562937.
2. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Carta Brasileira Cidades Inteligentes**. Disponível em: https://cartacidadesinteligentes.org.br/files/carta_brasileira_cidades_inteligentes.pdf. Acesso em: 03 mar. 2025.
3. MARTINEZ, A. et al. **Brasil em transformação 1 - 2024: o ano mais quente da história**. Disponível em: <https://maredeciencia.eco.br/materiais/brasil-em-transformacao-1-2024-o-ano-mais-quente-da-historia/>. Acesso em 25 abr. 2025.
4. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14813-1: Intelligent transport systems – Reference model architecture (s) for the ITS sector – Part 1: ITS service domains, service groups and services**. 3. Ed. Geneve: ISO, 2024.
5. DELOITTE. **Insights sobre cidades inteligentes no Brasil para formuladores de políticas e gestores públicos - Alavancando tecnologias para o desenvolvimento sustentável**. [S.l.]: Deloitte, 2023.
6. MINISTRY OF ELECTRONICS & INFORMATION TECHNOLOGY. **Empowering Public Sector Leadership: a Competency Framework for AI Integration in India**. [S.l.]: India, 2025. Disponível em: <https://indiaai.s3.ap-south-1.amazonaws.com/docs/empowering-public-sector-leadership.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2025.
7. GRAMANI, M. F. et al. **Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco de deslizamentos e inundações do Município de Valinhos (SP)**. São Paulo: IPT, 2021. 150 p. (Relatório Técnico IPT n°164411-205). Disponível em: <https://www.valinhos.sp.gov.br/portal/secretarias-paginas/386/relatorio-ipt---mapeamento-de-areas-de-risco/>. Acesso em: 10 abr. 2025.
8. MACEDO, E. S. et al. **Mapeamentos de áreas de risco na cidade de São Paulo: ferramenta para a gestão de riscos em tempos de mudanças climáticas**. São Paulo: IPT, 2021. 17 p. (Comunicação Técnica IPT n. 177537). Disponível em: <https://escriba.ipt.br/pdf/177537.pdf>. Acesso em 24 abr. 2025.
9. FELIX, L. Novo Centro de Operações substitui Cimcamp e inicia operações hoje. **A Cidade ON Campinas**, 04 jul. 2024. Disponível em: <https://www.acidadeon.com/campinas/cotidiano/novo-centro-de-operacoes-substitui-cimcamp-e-inicia-operacoes-hoje/>. Acesso em 29 abr. 2025.

10. MONEDA, C. A. et al. **Subsídios técnicos e legais para a implantação de central de monitoramento integrado**. Campinas: Empresa Municipal de Desenvolvimento de Campinas, 2007. Disponível em: http://files-server.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2013/01/21/2C2FCC13-A1C8-48FE-B565-277C5C6FF7C2.pdf. Acesso em 24 abr. 2025.
11. BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO - BID. ViaSegura: lições aprendidas sobre o uso de inteligência artificial na segurança viária. **Blog IADB**, 31 maio 2024. Disponível em: <https://blogs.iadb.org/transporte/pt-br/viassegura-lecciones-aprendidas-e-inteligencia-artificial-al-servicio-de-la-seguridad-vial/>. Acesso em 24 abr. 2025.

10

Centros de Controle Operacional

Um Centro de Controle Operacional (CCO) é uma unidade estratégica responsável por centralizar o monitoramento, a coordenação e a tomada de decisões voltadas à gestão de operações críticas em cidades, empresas ou instituições.

Para desempenhar suas funções com eficiência, um CCO deve dispor de uma infraestrutura robusta de tecnologia da informação (TI), incluindo servidores para armazenamento e processamento de dados, além de monitores e painéis de controle para visualização de informações em tempo real. A integração com sensores, câmeras, sistemas de transporte, monitoramento do tráfego em tempo real, além de outras bases de dados como, por exemplo, de segurança pública e condições meteorológicas, é fundamental para garantir a coleta de dados relevantes, permitindo análise contínua e resposta ágil a eventos ou incidentes.

Outra questão essencial é dispor de uma equipe técnica qualificada, capaz de interpretar os dados, tomar decisões estratégicas e acionar entidades parceiras sempre que necessário para manter a operação em pleno funcionamento.

Em linhas gerais, um CCO pode ter funções variadas e denominações distintas, dependendo do contexto de atuação. No setor de transporte, por exemplo, são utilizados para gerenciar operações e tomar decisões estratégicas em situações que possam comprometer a continuidade da operação. Já no contexto urbano um CCO pode ser utilizado para monitorar a segurança pública, coordenar o deslocamento de ambulâncias ou gerenciar o tráfego durante desastres climáticos, como alagamentos causados por chuvas intensas.

Os CCOs são especialmente eficazes em contextos que exigem respostas rápidas em eventos críticos. Ao centralizarem dados, sistemas de monitoramento e equipes multidisciplinares, esses centros operacionais conseguem atuar de maneira ágil e coordenada na resolução de problemas, muitas vezes em parceria com outras entidades que atuam conjuntamente no mesmo espaço físico.

10.1 Exemplos de CCOs

Metrô-SP: O Metrô de São Paulo possui um CCO¹ no qual é monitorada e regulada toda a movimentação do sistema metroviário paulista. Nesse CCO, computadores modernos controlam o desempenho e o intervalo entre os trens, a energia elétrica do sistema e supervisionam todas as estações e equipamentos da rede, efetuando ajustes quando necessário.

Figura 10.1 – Centro de Controle Operacional do Metrô de São Paulo.Fonte: Moreira, 2022²

SPTrans: A SPTrans³, empresa responsável pelos serviços de gestão e fiscalização do transporte coletivo urbano de passageiros na cidade de São Paulo, possui um Centro de Operações⁴ localizado no bairro do Pari. Esse centro é responsável pelo monitoramento em tempo real da frota de ônibus da capital, acompanhando todas as partidas e chegadas dos veículos, e permite à SPTrans fornecer informações atualizadas à população por meio da plataforma Olho Vivo⁵. Além disso, mantém comunicação constante com as equipes em campo, com as empresas operadoras do sistema e com diversos órgãos externos, como a Companhia de Engenharia de Tráfego (CET), Polícia Militar, Guarda Civil Metropolitana (GCM), Corpo de Bombeiros, Defesa Civil e SAMU. Entre as atribuições desse centro está também a coordenação do Plano de Apoio entre Empresas de Transporte Frente a Situações de Emergência (PAESE).

Sorocaba-SP: Em Sorocaba, a prefeitura construiu o Centro de Controle Operacional Integrado⁶, responsável pelo controle de mais de 2500 câmeras de videomonitoramento espalhadas pela cidade, com o objetivo de promover a segurança pública e assegurar agilidade e eficiência no atendimento a ocorrências de mobilidade urbana e trânsito.

Santos-SP: A cidade de Santos conta com um avançado Centro de Controle Operacional⁷, que promove a integração dos serviços públicos e das forças de segurança de cidade, visando maior eficiência das equipes em atividades diárias e situações de emergências, como acidentes de trânsito, alagamentos e ocorrências policiais.

Figura 10.2 – Centro de Controle Operacional da Cidade de Santos.Fonte: Prefeitura de Santos⁸

CCR: A Concessionária de Rodovia CCR RodoAnel⁹ também mantém um CCO, responsável pela gestão dos recursos operacionais voltados ao atendimento de ocorrências e ao monitoramento dos trechos sob concessão. Por meio do contato permanente com as viaturas do Serviço de Atendimento ao Usuário (SAU) e da operação 24 horas por dia, todos os dias da semana, garante agilidade na resposta a incidentes, manutenção do fluxo de veículos em condição ideal de tráfego e atendimento aos usuários com rapidez e segurança.

Barretos-SP: A cidade de Barretos implementou um CCO¹⁰ voltado para a segurança pública, operando com câmeras de videomonitoramento e viaturas de inspeção 24 horas por dia. Esse CCO monitora o tráfego, atende chamadas de emergência e aciona serviços de atendimento adequados para cada ocorrência. Utiliza tecnologia de inteligência artificial para reconhecimento facial e identificação de placas de veículos roubados. Um diferencial é que o programa permite que moradores da cidade integrem seus sistemas particulares de vigilância ao CCO, ampliando a cobertura do monitoramento urbano.

COR Rio: Na cidade do Rio de Janeiro, o Centro de Operações e Resiliência (COR Rio)¹¹ foi criado em 2010 para monitorar e integrar ações públicas com o objetivo de reduzir o impacto de ocorrências climáticas e operacionais. Antes de sua criação, eventos como chuvas intensas frequentemente pegavam a administração e a população de surpresa. O COR Rio antecipa soluções, alertando setores responsáveis sobre riscos e acionando medidas urgentes em momentos de crise. O modelo de gestão integrada do COR Rio serviu de base para a norma ABNT PR 1021 - Centro de Operações de Cidade – Implementação¹², que orienta a implementação desse modelo em outras cidades.

Figura 10.3 – Centro de Operações e Resiliência do Rio de Janeiro.



Fonte: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Crédito: Divulgação COR¹³

10.2 Quando Implementar um CCO

A decisão de implementar um CCO precisa ser embasada em uma análise detalhada de infraestrutura urbana e dos desafios enfrentados pelo município. Algumas condições que justificam sua implementação incluem:

- Pontos de alagamento recorrentes: Um CCO pode integrar sensores meteorológicos e imagens de satélite para prever e minimizar impactos de enchentes.
- Trânsito intenso e desorganizado: A integração de câmeras e sistemas inteligentes de tráfego pode melhorar a fluidez e reduzir congestionamentos.
- Ocorrências ambientais e riscos naturais: Regiões suscetíveis a deslizamentos, queimadas e eventos climáticos extremos podem se beneficiar com um sistema de controle de monitoramento contínuo.

- Alta taxa de criminalidade: O uso de videomonitoramento, inteligência artificial e integração com forças de segurança pode melhorar a resposta a crimes e aumentar a segurança pública.
- Grandes eventos e turismo: Cidades que recebem eventos de grande porte podem utilizar um CCO para gerenciar multidões e melhorar a logística de transporte público.

Além desses fatores, uma consultoria especializada pode ajudar a definir o melhor modelo de CCO para atender às necessidades específicas do município.

10.3 É Indispensável um CCO para uma Cidade Tornar-se Inteligente?

Embora um CCO agregue elementos de uma “Cidade Inteligente”, sua ausência não impede que uma cidade implemente soluções inteligentes para mobilidade urbana e segurança. A característica essencial de uma cidade inteligente é a capacidade de integrar tecnologia, dados e governança para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos.

Soluções como sistemas de monitoramento ambiental, iluminação pública inteligente, sensores de tráfego e redes de transporte conectadas podem ser aplicadas independentemente da existência de um CCO. O fundamental é identificar quais tecnologias são mais adequadas para atender aos desafios urbanos locais.

Cidades de menor porte ou com baixo fluxo de veículos e menor incidência de eventos ambientais extremos podem optar por soluções mais simples, como sistemas descentralizados, plataformas digitais de gestão, ou outras tecnologias que agreguem inteligência à gestão da mobilidade urbana. Em vez de investir na construção de um Centro de Controle Operacional (CCO) físico, podem ser adotadas alternativas mais acessíveis e adaptadas à sua realidade, garantindo eficiência no monitoramento e na operação do sistema de transporte.

10.4 O CCO Resolve os Problemas de Mobilidade Urbana?

Embora um CCO tenha condições de orquestrar entidades e agentes para organizar o trânsito em casos de eventos imprevistos que alterem a configuração atual da mobilidade urbana, ele não resolve problemas estruturais. Questões como planejamento inadequado, crescimento desordenado e infraestrutura deficiente precisam ser abordadas por meio de políticas urbanas de longo prazo.

Um CCO pode otimizar semáforos, reduzir tempos de resposta a acidentes e melhorar a fiscalização do transporte público, mas não substitui ações fundamentais como:

- Expansão e modernização da infraestrutura viária: Ruas e avenidas bem planejadas são essenciais para a fluidez do tráfego.
- Descentralização de núcleos comerciais: A redução da necessidade de deslocamentos longos para as zonas comerciais centrais minimiza congestionamentos.
- Incentivo ao transporte público e alternativo: Melhorar a qualidade e a abrangência do transporte público reduz a dependência de veículos individuais.

Portanto, um CCO deve ser visto como uma ferramenta estratégica dentro de um planejamento mais amplo de cidade e não como a solução definitiva para os desafios da cidade.

Referências

1. SÃO PAULO (Estado). Portal do Metro do Estado de São Paulo. **O Metrô em operação**. Disponível em: https://www.metro.sp.gov.br/pt_BR/tecnologia/operacao/. Acesso em 24 abr. 2025.
2. MOREIRA, W. **Metrô de São Paulo vai modernizar o Centro de Controle Operacional**. Diário dos Trilhos. 23 de maio de 2022. Disponível em: <https://diariodostrilhos.com/2022/05/23/metro-de-sao-paulo-vai-modernizar-o-centro-de-controle-operacional/>. Acesso em: 30 abr. 2025.

3. SÃO PAULO (Cidade). Secretaria Municipal de Mobilidade Urbana e Transporte - SPTRANS. **Competências e atribuições**. 11 nov. 2024. Disponível em: https://capital.sp.gov.br/web/mobilidade/w/institucional/sptrans/acesso_a_informacao/179602. Acesso em 24 abr. 2025.
4. SÃO PAULO (Cidade). Centro de operações da SPTrans ganha projeto de modernização. **Notícias**, 3 fev. 2022. Disponível em: <https://capital.sp.gov.br/w/noticia/centro-de-operacoes-da-sptrans-ganha-projeto-de-modernizacao>. Acesso em 24 abr. 2025.
5. SÃO PAULO (Cidade). Secretaria Municipal de Mobilidade Urbana e Transporte - SPTRANS. **OLHOVIVO – Sistema de Monitoramento do Transporte**. Disponível em: <https://olhovivo.sptrans.com.br/>. Acesso em: 24 abr. 2025.
6. REDAÇÃO DA BAND. Centro de Controle Operacional Integrado é inaugurado em Sorocaba. **Band Multi Campinas e Região**, 28 nov. 2023. Disponível em: <https://www.band.uol.com.br/band-multi/campinas-e-regiao/noticias/centro-de-controle-operacional-integrado-e-inaugurado-em-sorocaba-16650499>. Acesso em 24 abr. 2025.
7. SANTOS (Cidade). Centro de Controle Operacional de Santos completa quatro anos e profissionais ganham tablets para maior agilidade. **Notícias**, 28 out. 2024. Disponível em: <https://www.santos.sp.gov.br/?q=noticia/centro-de-controle-operacional-de-santos-completa-quatro-anos-e-profissionais-ganham-tablets-para-maior-agilidade>. Acesso em 24 abr. 2025.
8. SANTOS(Cidade). **Portal CCO**. Disponível em: <https://www.santos.sp.gov.br/taxonomy/term/16565>. Acesso em 30 abr. 2025.
9. CCR RODOANEL. **Serviços CCR**. Disponível em: <https://rodovias.grupoccr.com.br/rodoanel/servicos/servicos-ccr/>. Acesso em 24 abr. 2025.
10. BARRETOS(Cidade). **Portal do CCO**. Disponível em: <https://cco.barretos.sp.gov.br/>. Acesso em 24 abr. 2025.
11. RIO DE JANEIRO(Cidade). Centro de Operações e Resiliência. **História**. Disponível em: <https://cor.rio/historia/>. Acesso em 24 abr. 2025.
12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Prática Recomendada ABNT PR 1021**: Centro de operações de cidade – Implementação. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.
13. RIO DE JANEIRO(Cidade). **Centro de Operações e Resiliência - História**. 2022. Disponível em: <https://cor.rio/historia/>. Acesso em: 30 abr. 2025.

Glossário

- **Transporte urbano:** conjunto dos modos e serviços de transporte público e privado utilizado para o deslocamento de pessoas e cargas nas cidades.
- **Mobilidade Urbana:** condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano.
- **Acessibilidade:** facilidade disponibilizada às pessoas, que possibilite a todos autonomia nos deslocamentos desejados, respeitando-se a legislação em vigor.
- **Modos de transporte motorizado:** modalidades que se utilizam de veículos automotores.
- **Modos de transporte não motorizado:** modalidades que se utilizam do esforço humano ou tração animal.
- **Transporte público coletivo:** serviço público de transporte de passageiros acessível a toda a população mediante pagamento individualizado, com itinerários e preços fixados pelo poder público.
- **Transporte privado coletivo:** serviço de transporte de passageiros não aberto ao público, para a realização de viagens com características operacionais exclusivas para cada linha e demanda.
- **Transporte público individual:** serviço remunerado de transporte de passageiros aberto ao público, por intermédio de veículos de aluguel, para a realização de viagens individualizadas.
- **Transporte urbano de cargas:** serviço de transporte de bens, animais ou mercadorias.
- **Transporte remunerado privado individual de passageiros:** serviço remunerado de transporte de passageiros, não aberto ao público, para a realização de viagens individualizadas ou compartilhadas solicitadas exclusivamente por usuários previamente cadastrados em aplicativos ou outras plataformas de comunicação em rede.
- **Transporte público coletivo intermunicipal de caráter urbano:** serviço de transporte público coletivo entre Municípios que tenham contiguidade nos seus perímetros urbanos.
- **Transporte público coletivo interestadual de caráter urbano:** serviço de transporte público coletivo entre Municípios de diferentes Estados que mantenham contiguidade nos seus perímetros urbanos.
- **Intermodalidade:** A intermodalidade trata do uso de mais de um modal para a realização de uma única viagem, podendo envolver transportes coletivos ou individuais de diferentes dimensões e alcances.
- **Micromodal:** Veículo leve, de uso individual movido a tração elétrica ou humana e que se enquadra na definição de micromobilidade.

- **Ciclo:** Veículo de pelo menos duas rodas, movido a propulsão humana.
- **Ciclovía:** Pista própria destinada à circulação de ciclos, separada fisicamente do tráfego comum.
- **Ciclofaixa:** Parte da pista de rolamento destinada à circulação exclusiva de ciclos, delimitada por sinalização específica.
- **Ciclorrota:** via com velocidade máxima reduzida, características de volume de tráfego baixo e com sinalização específica, indicando o compartilhamento do espaço viário entre veículos motorizados e bicicletas, criando condições favoráveis para sua circulação, interligando ciclovias, ciclofaixas e pontos de interesse.
- **Bicicletário:** estacionamento de bicicletas, em área pública ou privada, dotado de zeladoria presencial ou eletrônica.
- **Paraciclo:** suporte para a fixação de bicicletas, que pode ser instalado em área pública ou privada.



ANEXOS



ANEXO A

Documentos Legais e Normas Técnicas

A.1. Documentos Legais

O ordenamento jurídico tem por finalidade regulamentar as relações sociais para garantir a paz e a segurança jurídica de um país. No Brasil é caracterizado como um conjunto de normas jurídicas escritas e interdependentes, que segue predominantemente o Sistema “Civil Law” (sistema jurídico que se baseia na lei escrita também conhecido como sistema romano-germânico ou direito continental), dispostas hierarquicamente com obediência ao princípio da supremacia constitucional.

Desta forma, a hierarquia das leis brasileiras está organizada de acordo com a “Pirâmide de Kensel” (representação gráfica do sistema hierárquico de um Estado, criada pelo jurista e filósofo austríaco Hans Kelsen) tendo como base a teoria do direito constitucional, em que as de menor grau obedecem às normas de maior grau, iniciando a pirâmide pelo topo com a Carta Magna, assim dispostas.

NORMAS CONSTITUCIONAIS

Constituição Federal de 1988

No topo do ordenamento jurídico brasileiro estão a Constituição e todas as suas emendas, que servem de parâmetro de validade a todas as demais espécies normativas. Entre as normas constitucionais tem-se: (a) as **normas constitucionais originárias** (elaboradas pelo Poder Constituinte Originário, ou seja, poder que desenvolve uma nova constituição; (b) as **normas constitucionais derivadas** (emendas que foram adicionadas à Constituição Federal posteriormente à sua promulgação pelo Poder Constituinte Derivado, ou seja poder que altera a Constituição).

Tratados Internacionais de Direitos Humanos

Os tratados internacionais de direitos humanos aprovados por meio do rito ordinário são nomeados supralegais, isto é, ficam abaixo da Constituição e de suas emendas e acima das demais normas legais. Porém, já são considerados infraconstitucionais.

NORMAS INFRACONSTITUCIONAIS

Abaixo dos tratados internacionais de direitos humanos estão situadas as normas infraconstitucionais, são elas: as leis (complementares, ordinárias e delegadas), as medidas provisórias, os decretos legislativos, as resoluções e os tratados internacionais de direitos humanos aprovados por meio do rito ordinário.

Leis Complementares

São aquelas regulamentadas com a intenção de complementar e explicar a Constituição por exigência da mesma, ou seja, em casos onde a Constituição Federal estabelecer que haverá uma lei específica para regulamentar a matéria em questão, é criada uma lei complementar.

Leis Ordinárias

São normas jurídicas que tratam de assuntos de competência do Estado, como direitos e deveres dos cidadãos, organização dos poderes, e políticas públicas. As leis ordinárias têm a função de complementar as normas constitucionais que não foram tratadas pelas leis complementares.

Leis Delegadas

São normas jurídicas elaboradas pelo Poder Executivo, com autorização do Poder Legislativo, que permite ao Executivo legislar sobre determinados assuntos.

Medidas Provisórias

Editadas pelo Poder Executivo em casos de relevância e urgência, com prazo para conversão em lei pelo Congresso Nacional.

NORMAS INFRALEGAIS

As normas infralegais são regulamentos, decretos, portarias, resoluções e instruções normativas editadas por órgãos administrativos para detalhar e facilitar a aplicação das leis infraconstitucionais. Essas normas não podem criar obrigações novas ou ir além do escopo das leis que as autorizam, servindo principalmente para organizar a administração pública e assegurar que a lei seja implementada corretamente. Tem-se:

Decretos

Emitidos pelo Presidente da República, governadores de estado e prefeitos. Esses decretos são instrumentos normativos utilizados para regulamentar leis federais, estaduais ou municipais e organizar a administração pública

Portarias

Atos normativos editados por uma ou mais autoridades singulares, por meio das quais são expedidas instruções sobre organização e funcionamento de serviços e outros atos de sua competência.

Resoluções

São atos normativos editados por colegiados legalmente constituídos

Instruções normativas

São atos administrativos que complementam leis e decretos, disciplinando a execução de atividades. São expedidas por autoridades administrativas com o objetivo de orientar agentes públicos para padronizar rotinas e atividades, e garantir a continuidade do serviço público.

HIERARQUIA ENTRE LEIS

No sistema jurídico brasileiro ainda existe uma hierarquia entre leis federais, estaduais, municipais ou distritais, fundamentada na distribuição de competências estabelecida pela Constituição Federal.

Leis federais

Têm alcance nacional e supremacia sobre as demais, abordando matérias de competência exclusiva da União ou em casos de conflitos entre legislações de diferentes esferas.

Leis estaduais

São aplicáveis dentro dos limites de cada estado, seguindo as diretrizes federais e abrangendo questões não exclusivas da União nem municipais.

Leis municipais

Regem dentro dos municípios e devem alinhar-se às leis federais e estaduais, focando em assuntos de interesse local como urbanismo e serviços públicos.

A legislação pertinente ao tema Mobilidade Urbana foi apresentada ao longo dos capítulos deste Caderno Técnico

Tão importante quanto às leis indicadas ao longo deste caderno, é a Carta Brasileira para Cidades Inteligentes¹, documento de referência, lançado em 2020, que define um conceito de cidades inteligentes no Brasil e orienta políticas e programas sobre a transformação digital urbana. Ela traz 160 recomendações apoiadas em 8 objetivos estratégicos (Quadro A.1.1).

Tabela A.1.1 – Objetivos estratégicos da Carta Brasileira para Cidades Inteligentes

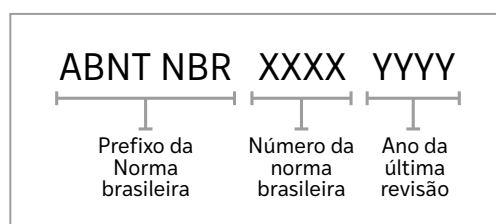
Objetivo 1	Integrar a transformação digital nas políticas, programas e ações de desenvolvimento urbano sustentável, respeitando as diversidades e considerando as desigualdades presentes nas cidades brasileiras.
Objetivo 2	Prover acesso equitativo à internet de qualidade para todas as pessoas.
Objetivo 3	Estabelecer sistemas de governança de dados e de tecnologias, com transparência, segurança e privacidade.
Objetivo 4	Adotar modelos inovadores e inclusivos de governança urbana e fortalecer o papel do poder público como gestor de impactos da transformação digital nas cidades.
Objetivo 5	Fomentar o desenvolvimento econômico local no contexto da transformação digital.
Objetivo 6	Estimular modelos e instrumentos de financiamento do desenvolvimento urbano sustentável no contexto da transformação digital.
Objetivo 7	Fomentar um movimento massivo e inovador de educação e comunicação públicas para maior engajamento da sociedade no processo de transformação digital e de desenvolvimento urbanos sustentáveis
Objetivo 8	Construir meios para compreender e avaliar, de forma contínua e sistêmica, os impactos da transformação digital nas cidades

A.2. Normas Técnicas

Normas técnicas são procedimentos estabelecidos por consenso entre as partes interessadas. Possibilitam a criação de uma linguagem comum, reduzem a variabilidade de interpretações e sistematizam a formulação e aplicação de regras.

Há vários tipos de normas, cada qual com sua finalidade, como por exemplo as de terminologia, de processos e de serviços, entre várias.

No Brasil é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que tem a missão de prover a sociedade brasileira com documentos normativos. Para a elaboração das normas ela conta com Comitês Técnicos, que coordenam, planejam e executam as atividades de normalização relacionadas ao seu âmbito de atuação. As normas ABNT são consideradas normas brasileiras, por isso são codificadas como ABNT NBR e são escritas como indicado a seguir.



A ABNT dispõe de um catálogo de normas, por meio do qual elas podem ser adquiridas. O número da norma não muda, mas elas passam por revisões, portanto é importante ao usar uma norma verificar se ela se refere à última edição.

As normas não têm obrigatoriedade de atendimento, exceto quando são citadas em documentos legais como acontece, por exemplo, na Lei Federal Nº8.078 de 11 de setembro de 1990 (Código de Defesa do Consumidor). Por outro lado, na falta de documentos legais as normas brasileiras (ABNT NBR) frequentemente são usadas como tal.

As normas também têm alcances diferentes, podendo ser: internacionais, por exemplo as normas da *International Organization for Standardization* (ISO); regionais, por exemplo as normas do Comitê Europeu (EU); sub-regionais, por exemplo as normas MERCOSUL; nacionais, que são referentes a um país, como por exemplo as normas da ABNT NBR.

A ABNT é membro fundador da ISO e sempre que internaliza norma desta instituição deve colocar a sigla ISO no prefixo da norma, que passa a ser ABNT NBR ISO.

As normas pertinentes ao tema Mobilidade Urbana foram apresentadas ao longo dos capítulos deste Caderno Técnico.

Normas técnicas de aplicação geral

Dentre as normas técnicas de aplicação geral merecem destaques as que seguem, as quais podem ser adquiridas por meio do Catálogo de Normas ABNT².

- ABNT NBR ISO 37101:2017. Versão corrigida 2021. Emenda 1:2024 – Desenvolvimento sustentável de comunidades- Sistema de gestão para desenvolvimento sustentável - Requisitos com orientação para uso.

Esta norma estabelece requisitos para um sistema de gestão para desenvolvimento sustentável em comunidades, incluindo cidades, utilizando uma abordagem holística, visando assegurar a coerência com a política para desenvolvimento sustentável de comunidades.

- ABNT NBR ISO 37104:2024. - Cidades de comunidades sustentáveis. Transformando nossas cidades – Recomendações para a implementação prática da ABNT NBR ISO 37101 no âmbito local.

Este documento fornece orientações sobre como implementar e manter um sistema de gestão para o desenvolvimento sustentável com base nos princípios da ABNT NBR ISO 37101, especificamente no contexto das cidades, mas aplicável a outras formas de assentamento. Estabelece uma estrutura metodológica para avaliação sistemática as iniciativas e resultados para o desenvolvimento sustentável na cidade ou em outros assentamentos, cm base na análise cruzada dos seis propósitos de sustentabilidade e das 12 áreas de ação da ABNT NBR ISO 37101

- ABNT NBR ISO 37120:2021 - Cidades e comunidades sustentáveis - Indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida

Esta norma define e estabelece metodologias para um conjunto de indicadores, a fim de orientar e medir o desempenho de serviços urbanos e qualidade de vida. Ela se aplica a qualquer cidade, municipalidade ou governo local que intencione medir seu desempenho de uma forma comparável e verificável, independentemente do tamanho e da localização.

Os indicadores contidos nesta norma podem ser utilizados para rastrear e monitorar o progresso do desempenho da cidade e assim avaliar a gestão de seus serviços urbanos e de sua prestação de serviços.

- ABNT NBR ISO 37122:2020. Versão corrigida 2021. Errata 1:2021.- Cidades e comunidades sustentáveis - Indicadores para cidades inteligentes

Esta norma especifica e estabelece definições e metodologias para um conjunto de indicadores de cidades inteligentes. Ela se aplica a qualquer cidade, municipalidade ou governo local que intencione medir seu desempenho de uma forma comparável e verificável, independentemente do tamanho e da localização. Ela, juntamente com a ABNT NBR ISO 37120, se destina a fornecer um conjunto completo de indicadores para medir o progresso em direção a uma cidade inteligente.

- ABNT NBR ISO 37123:2021 - Cidades e comunidades sustentáveis - Indicadores para cidades resilientes

Esta norma especifica e estabelece definições e metodologias para um conjunto de indicadores de cidades resilientes. Ela se aplica a qualquer cidade, municipalidade ou governo local que intencione medir seu desempenho de uma forma comparável e verificável, independentemente do tamanho e da localização. Ela, juntamente com a ABNT NBR ISO 37120, se destina a fornecer um conjunto completo de indicadores para medir o progresso em direção a uma cidade resiliente.

Referências

1. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Carta Brasileira Cidades Inteligentes**. Disponível em <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/desenvolvimento-urbano-e-metropolitano/projeto-andus/carta-brasileira-para-cidades-inteligentes>. Acesso em: 8 abr. 2025.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Consulta ao catálogo. Rio de Janeiro, ABNT, 2025. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/>. Acesso em: 09 mar. 2025

ANEXO B

Inteligência Artificial: Conceitos e Desafios

B.1 Introdução

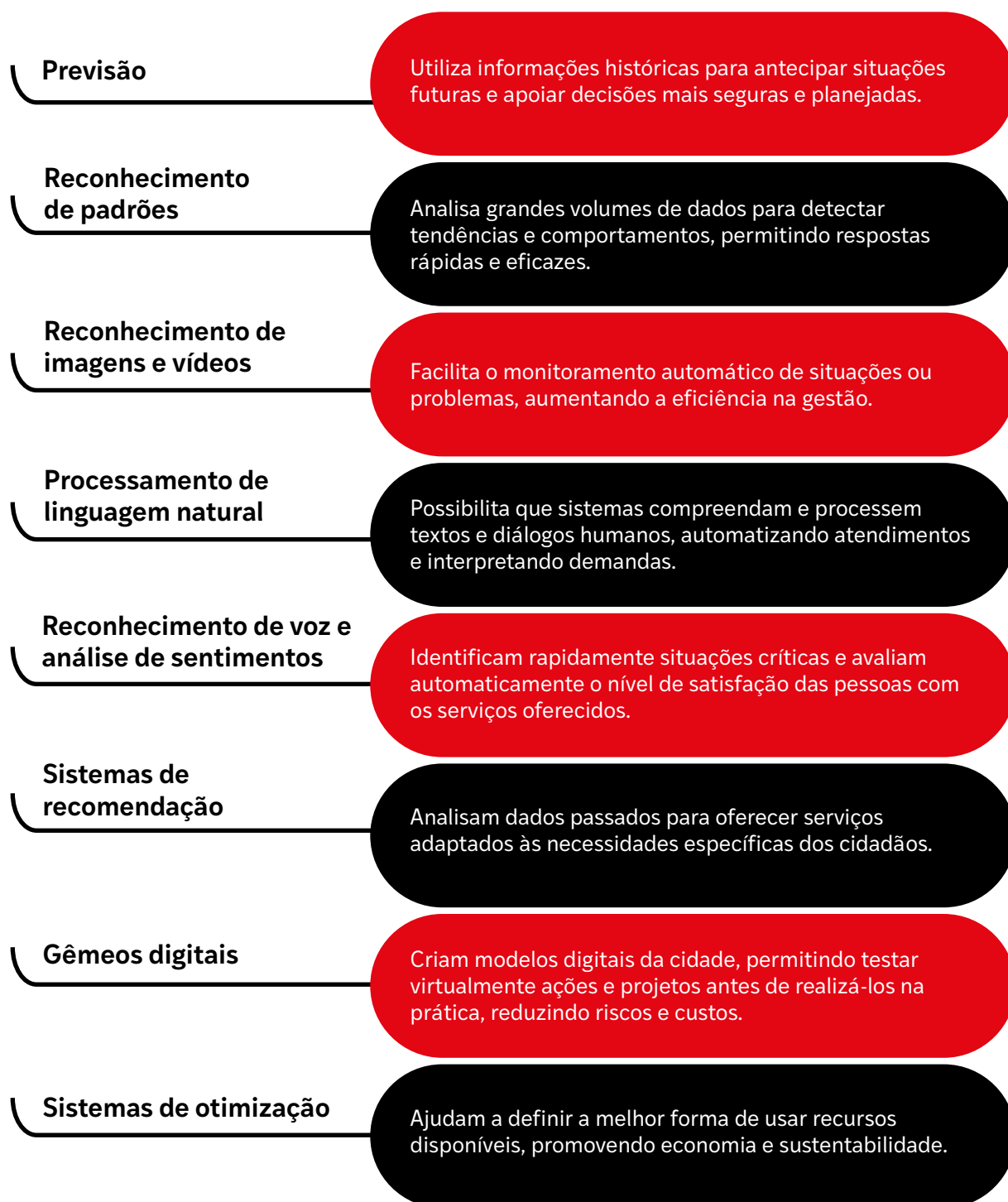
Até pouco tempo atrás, a Inteligência Artificial (IA) era algo presente somente em laboratórios de pesquisas científicas. Para o público em geral, era conhecida apenas em filmes de ficção científica. Atualmente, essa realidade mudou completamente, o tema tem se difundido por todas as mídias e já se pode observar o uso de IA no dia a dia das pessoas. Isso está acontecendo diante dos grandes avanços recentes nesse campo, que permitiram o desenvolvimento de aplicações práticas que estão revolucionando as mais diversas áreas de atuação humana¹.

Os primeiros estudos formais de IA surgiram nos anos 1950, com pesquisadores como Allen Newell e Herbert Simon nos EUA, mas o campo evoluiu enormemente desde então. No século XXI, a IA ganhou protagonismo graças ao aumento do poder computacional, do volume de dados disponíveis e de avanços em algoritmos de *machine learning* (aprendizado de máquina), *deep learning* (aprendizado profundo) e outras subáreas².

De forma simplificada, podemos dizer que a Inteligência Artificial (IA) consiste em simular mecanismos de raciocínio humano por meio da computação, com algoritmos que podem analisar grandes quantidades de dados³, tomar decisões com base em regras ou padrões aprendidos e “acumular conhecimento” durante o processo¹. A importância da utilização da IA na administração pública cresce à medida que as cidades enfrentam problemas cada vez mais complexos e lidam com volumes massivos de dados⁴. O conceito de cidades inteligentes surgiu nesse contexto, exatamente para destacar o uso efetivo de tecnologias digitais na gestão urbana. IA pode ser peça-chave ao ser adotada por prefeituras e órgãos públicos, abrindo novas possibilidades para o planejamento urbano, a prestação de serviços e o atendimento às demandas da população de forma mais ágil, personalizada e com menor custo⁴.

Em vez de decisões baseadas apenas na intuição, os gestores passam a dispor de ferramentas que permitem extrair informações relevantes de grandes volumes de dados digitais, gerando maior eficiência no uso de recursos públicos e uma nova forma de tomar decisões, orientada por evidências. Isso significa que as informações obtidas com o uso de tecnologias digitais e IA permitem que se tenha uma espécie de camada invisível sobre o mapa de uma cidade, que auxilia a mensurar muitos fatores antes imensuráveis.

Entre as principais aplicações da Inteligência Artificial (IA) na gestão pública destacam-se as indicadas na Figura B.1.1.

Figura B.1.1 – Principais aplicações da IA na gestão pública^{5, 6, 7}.

Essas aplicações, combinadas, capacitam as administrações públicas a atuar de forma mais proativa, inteligente e eficaz, potencializando os esforços governamentais em cumprir seu papel e melhorar a qualidade de vida das pessoas nas cidades.

B.2 Vantagens e Limitações do Uso de IA em Cidades Inteligentes

Vários benefícios do uso da Inteligência Artificial podem ser destacados. A Figura B.2.1 apresenta alguns.

Figura B.2.1 – Benefícios do uso da Inteligência Artificial



Apesar dos benefícios é preciso atentar aos obstáculos e cuidados ao introduzir IA na esfera municipal. A seguir são indicados alguns desafios.

Qualidade e disponibilidade dos dados

A eficácia de qualquer modelo de IA depende diretamente da quantidade e qualidade dos dados disponíveis para treiná-lo. Muitas prefeituras ainda enfrentam bases de dados fragmentadas entre secretarias, informações desatualizadas ou inconsistentes. É necessário investir em governança de dados, integrando bancos de dados das diversas áreas do município e garantindo que estejam limpos, atualizados e anonimizados quando contêm dados pessoais. Sem dados confiáveis, a IA pode gerar

resultados imprecisos.

Infraestrutura tecnológica insuficiente

Algoritmos avançados demandam infraestrutura de TI adequada – conexões de internet rápidas, servidores ou serviços de nuvem com poder de processamento e armazenamento, e dispositivos IoT (sensores, câmeras) espalhados pela cidade para coletar informações. No Brasil, ainda há uma lacuna de conectividade, pois poucos municípios contam com cobertura 5G, recurso cada vez mais essencial para suportar aplicações urbanas inteligentes.

Capacitação técnica e recursos humanos

A presença de profissionais qualificados em ciência de dados, análise de dados e desenvolvimento de IA no quadro das prefeituras é necessária. O mercado de TI já demanda mais especialistas em IA do que as universidades conseguem formar, e o setor público compete com o privado por esse talento escasso. Assim, governos locais precisam investir na capacitação de suas equipes e/ou buscar parcerias para suprir essa expertise. Além disso, é importante promover uma cultura organizacional aberta à inovação, treinando também servidores não técnicos a interagir com as novas ferramentas.

Custos iniciais e sustentabilidade

Implementar inteligência artificial (IA) pode exigir investimentos significativos na fase inicial – compra de equipamentos, contratação de sistemas ou consultorias, treinamento de pessoal. Para prefeituras com orçamento limitado, justificar esses gastos requer planejamento e talvez adoção gradual (projetos-piloto). Além disso, é preciso prever os custos de manutenção dessas soluções a longo prazo (atualizações, suporte técnico, renovação de licenças), evitando que projetos morram após o entusiasmo inicial por falta de recursos continuados.

Questões éticas, legais e de privacidade

O uso de IA na gestão pública traz responsabilidade de respeitar a privacidade dos cidadãos e evitar vieses discriminatórios. Sistemas de reconhecimento facial, por exemplo, levantam preocupações legais (conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados – LGPD) e éticas (possibilidade de identificar erroneamente alguém inocente). Decisões automatizadas precisam de transparência e supervisão humana, principalmente em áreas sensíveis como segurança e assistência social, para garantir que direitos individuais não sejam violados. As prefeituras devem implementar IA de forma responsável, com algoritmos auditáveis e adoção de diretrizes para evitar preconceitos embutidos nos modelos.

Em suma, a incorporação da Inteligência Artificial na gestão municipal deve ser feita com planejamento e cautela. Não se trata de uma solução mágica, mas sim de uma ferramenta poderosa que requer dados de qualidade, infraestrutura, pessoas capacitadas e bom senso na aplicação. Uma visão clara dos problemas a serem resolvidos e do objetivo almejado com a IA é fundamental para que a tecnologia gere valor público efetivo e não se torne um investimento subutilizado.

B.3 Modelo de Maturidade para Implantação de IA nas Cidades

Cada cidade está em um estágio diferente de prontidão para adotar soluções de gestão de dados e IA. Enquanto algumas cidades já possuem infraestrutura avançada e equipes dedicadas à análise de dados, muitos municípios, especialmente os menores, estão apenas começando a digitalizar seus processos básicos⁸.

Para orientar a evolução tecnológica das cidades, é fundamental utilizar um Modelo de Maturidade⁹. Esse modelo consiste em uma estrutura de níveis ou estágios que permite verificar o quão preparada uma cidade está para se tornar mais inteligente e capaz de implantar IA de forma eficaz, bem como quais passos deve seguir para alcançar esse objetivo.

No contexto brasileiro, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) lançou recentemente a plataforma Inteligente¹⁰, que oferece um diagnóstico de maturidade para Cidades Inteligentes e Sustentáveis. Esse diagnóstico foi construído com base em um modelo internacional da União Internacional de Telecomunicações (UIT/ITU) adaptado à realidade dos municípios brasileiros. Nele, a maturidade da cidade é avaliada em quatro dimensões principais – econômica, ambiental, sociocultural e capacidades institucionais – e cada dimensão possui indicadores que posicionam o município em um determinado nível de desenvolvimento tecnológico/digital.

São definidos sete níveis de maturidade (Figura B.3.1) no modelo da UIT, que vão desde estágios iniciais (onde a cidade tem infraestrutura muito básica e quase nenhum serviço digitalizado) até estágios avançados (cidade altamente integrada digitalmente, com uso extensivo de tecnologias de análise de dados e IA em serviços e processos). Ferramentas como essa permitem às prefeituras identificar em que patamar estão e traçar um plano de evolução, alinhado a padrões internacionais, para avançar na escala de cidades inteligentes.

Figura B.3.1 – Os sete níveis de maturidade do modelo UIT



Para avaliar a prontidão e planejar a implantação de análise de dados e IA, alguns critérios de maturidade são particularmente importantes, como a disponibilidade de dados, infraestrutura e capacitação de equipes, como destacado a seguir.

Disponibilidade e Qualidade de Dados

É possivelmente o critério mais importante¹¹. Uma cidade madura para efetuar análises avançadas de dados e uso de IA precisa ter dados abundantes, acessíveis e confiáveis sobre seus diversos setores. Isso envolve desde manter bases cadastrais atualizadas (de cidadãos, imóveis, empresas) até coletar dados operacionais contínuos (sensores de trânsito, registros de atendimento, indicadores de saúde etc.).

Além da existência dos dados, é necessário que eles possuam boa qualidade e sejam integrados entre os setores interessados. Cidades mais avançadas no caminho de se tornarem inteligentes já implementam *data warehouses* ou *data lakes* centralizados, onde diferentes bancos de dados municipais se conectam, possibilitando correlações e análises intersetoriais.

Em uma avaliação de maturidade as perguntas efetuadas sobre dados visarão identificar: *que dados a cidade tem? Em que formato? Com que frequência são coletados e atualizados? Eles estão prontos para alimentar algoritmos de IA.* Quanto mais respostas positivas para perguntas como essas, maior o nível de maturidade da cidade.

Infraestrutura tecnológica¹²

Refere-se aos meios físicos e digitais disponíveis para suportar soluções de IA. Isso inclui conectividade (redes de internet rápidas, Wi-Fi público, cobertura móvel 4G/5G), equipamentos (servidores, computadores, câmeras, sensores IoT nas ruas) e plataformas de software adequadas (sistemas em nuvem, ferramentas de big data etc.).

Uma cidade com baixa maturidade talvez não tenha computadores suficientes ou internet estável nas repartições públicas, enquanto uma cidade com alta maturidade investe em centros de dados robustos e pode ter infraestrutura mais robusta, como redes 5G e computação em nuvem híbrida. A diferença entre esses casos é muito significativa: municípios com tecnologia deficiente terão dificuldade em rodar algoritmos complexos ou coletar dados em tempo real, ao passo que cidades bem equipadas conseguem implementar projetos mais avançados em tecnologias digitais, como semáforos inteligentes, vigilância com IA, aplicativos móveis integrados, dentre outros.

Ao avaliar maturidade, verifica-se o nível de informatização da gestão, a presença de sensores e automação na cidade (por exemplo, iluminação pública telecontrolada, semáforos conectados) e a capacidade de armazenar e processar dados em larga escala (localmente ou via cloud). A existência de uma boa infraestrutura denota que a cidade pode não só implantar como também escalar soluções de IA.

Capacitação de equipes

Um critério fundamental para a transformação das cidades em inteligentes é avaliar o capital humano e a cultura institucional da prefeitura para lidar com dados e IA. Cidades mais avançadas possuem em seu quadro (ou ao alcance por meio de parceiros) especialistas como cientistas de dados, analistas de TI, engenheiros de software e gestores de inovação. Por outro lado, cidades iniciantes no assunto, geralmente não dispõe de uma equipe de TI própria estruturada.

É importante destacar que evoluir em maturidade é um processo contínuo. Uma boa prática é começar com projetos piloto de análise de dados e IA em áreas estratégicas e, aprender com eles, e expandir o conhecimento adquirido a outros setores. Paralelamente, investir em melhorar a infraestrutura de dados e capacitar pessoas garante que, ao longo do tempo, a prefeitura suba os degraus da maturidade.

O modelo de maturidade serve como um mapa para a cidade se orientar na jornada da transformação digital. Ele mostra onde a cidade está, onde pode chegar, e quais lacunas precisa preencher – seja melhorar sua base de dados, modernizar equipamentos ou treinar sua equipe – para implantar a Inteligência Artificial de forma bem-sucedida e colher todos os benefícios das tecnologias emergentes.

B.4 Salas de Situação e Compartilhamento de Dados

Salas de situação

Uma sala de situação é um espaço físico (ou virtual) onde informações de múltiplas fontes são reunidas e analisadas em conjunto por uma equipe multidisciplinar, para o monitoramento e a coordenação das ações da cidade. Representa a materialização prática do conceito de gestão orientada por dados (*data-driven*). Ela cria um ambiente onde a IA, os sistemas de monitoramento e as equipes humanas trabalham em sintonia, resultando em uma administração municipal mais conectada, informada e preparada para otimizar serviços no dia a dia quanto para enfrentar crises quando necessário.

Uma sala de situação moderna assemelha-se a um centro de controle, onde telões exibem mapas da cidade, imagens de câmeras espalhadas pelo município e gráficos de indicadores atualizados a cada minuto. Em torno dessas telas, ficam posicionados profissionais de várias secretarias e analistas de dados, todos acompanhando as informações e trabalhando de forma coordenada.

Um ponto fundamental de salas de situação é a integração de dados entre diferentes níveis de governo e setores. Muitos problemas urbanos atravessam as fronteiras departamentais – ou até mesmo as fronteiras municipais – e requerem cooperação. Por isso, essas salas costumam ser alimentadas não só por dados da própria prefeitura, mas também por informações de órgãos estaduais e federais e de entidades privadas parceiras. Isso significa que, ao detectar pela câmara um veículo roubado, por exemplo, o alerta chega simultaneamente à guarda municipal na sala e polícia militar, que pode interceptar o carro. Ou, no caso de um incêndio em um prédio, os Bombeiros são acionados imediatamente e podem coordenar a resposta junto com a Defesa Civil municipal.

Em resumo, a sala de situação traz consciência situacional para a administração municipal: uma visão unificada e em tempo real de tudo o que importa na cidade, facilitando decisões baseadas em dados e a atuação conjunta das áreas envolvidas.

Compartilhamento de dados (portais de dados abertos)

Enquanto na sala de situação o foco é o uso interno das informações pelos gestores públicos para operação e planejamento em tempo real os portais de dados abertos são aqueles que disponibilizam publicamente dados governamentais em formato acessíveis e licenciados para reutilização, permitindo que qualquer pessoa (cidadãos, pesquisadores, empresas) os analise e crie aplicações a partir deles. No Brasil, a Lei de Acesso à Informação e a Política de Dados Abertos incentiva os órgãos públicos a publicar suas bases de dados não sigilosos.

Uma boa integração de dados (interna e entre entes federativos) que alimenta a sala de situação também facilita a publicação de dados abertos padronizados, e vice-versa. Em ambos os casos, a interoperabilidade e a atualização contínua dos dados são vitais.

É fundamental que os dados abertos sejam anonimizados e tratados para não expor informações pessoais sensíveis. A prefeitura deve remover identificadores pessoais (como nome, CPF, endereço específico) e agregar dados quando necessário, para cumprir a LGPD e garantir a privacidade. Feito isso, a maioria das bases – especialmente dados estatísticos ou geográficos – pode ser liberada sem receios. Outro ponto é fornecer os dados em formatos padronizados e fáceis de consumir (CSV, JSON, APIs abertas), para atrair a comunidade de desenvolvedores.

Referências

1. LEE, K.; BARBAO, M. **Inteligência Artificial**. Rio de Janeiro: Globo Livros, 2019. 292 p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=cNYfywEACAAJ>. Acesso em: 02 maio 2025.
2. RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. **Artificial intelligence: a modern approach**. Hoboken, NJ: Pearson Education, 2016.
3. MARTIAN, N. **Smart cities and urban innovation: a simplified guide for everyone**. [S. l.: s. n.], 2025. 232 p.
4. ADJE, K. D.; LETAIFA, A. B.; HADDAD, M.; HABACHI, O. Smart city based on open data: a survey. **IEEE Access**, v. 11, p. 56726–56748, 2023. Doi:10.1109/access.2023.3283436
5. COZMAN, F. G.; PLONKI, G. A.; NERI, H.G. A. **Inteligência artificial: avanços e tendências**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Estudos Avançados, 2021. 414 p. Doi:10.11606/9786587773131
6. INÁCIO, A. D.; LEAL, A. G.; GAVA, V. L.; SANTOS, A. S. Salas de Situação: Implantação de monitoramento inteligente como suporte às Políticas Públicas. In: WORKSHOP DE COMPUTAÇÃO APLICADA EM GOVERNO ELETRÔNICO, 2021, Florianópolis. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. p. 283–290. Doi:10.5753/wcge.2021.15997
7. BHATIA, V.; JAGLAN, V. Integrating Artificial Intelligence and IoT for Smart Cities. In: DALAL, S. et al. Reshaping Intelligent Business and Industry: Convergence of AI and IoT at the Cutting Edge. Hoboken, NJ: Wiley, 2024. Cap. 17.
8. ALJOWDER, T.; ALI, M.; KURNIA, S. Systematic literature review of the smart city maturity model. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATION AND INTELLIGENCE FOR INFORMATICS, COMPUTING, AND TECHNOLOGIES (3ICT), 2019, Bahrain. **Proceedings [...]**. Piscataway: IEEE, 2019. p. 1–9. Doi:10.1109/3ict.2019.8910321
9. KLAR, R.; ARVIDSSON, N.; ANGELAKIS, V. Digital Twins' Maturity: The Need for Interoperability. **IEEE Systems Journal**, v. 18, n. 1, p. 713–724, 2024. Doi:10.1109/jsyst.2023.3340422
10. PASETO, L.; GONTIJO, J. G.; DE AZAMBUJA, E. E.; VIDAL, K. D.; ALVES, A. M.; MUNIZ, C. R.; CORSO, M. R. inteli.gente Platform: Tool for Diagnosing Maturity in Brazilian Sustainable Smart Cities. In: INTERNATIONAL SMART CITIES CONFERENCE (ISC2), 2021. **Proceedings [...]**. Piscataway: IEEE, 2021. p. 1–6. Doi:10.1109/isc253183.2021.9562934
11. GUPTA, S.; KUMAR, A.; MAITI, J. A critical review on system architecture, techniques, trends and challenges in intelligent predictive maintenance. **Safety Science**, v. 177, art. 106590, Sept. 2024. Doi:10.1016/j.ssci.2024.106590
12. SILVA, L. C.; RIEDO, I. G.; MENDONÇA, J. C.; NOBRE, L. B.; MAIOLI, S. F. Understanding smart cities: a systematic review. **Revista de Administração da UFSM**, v. 17, n. 1, e7, 2024. Doi:10.5902/1983465973468

ANEXO C

Indicadores: Cidades Inteligentes, Resilientes e Sustentáveis

C.1 Relação entre Cidades Inteligentes, Resilientes e Sustentáveis

As palavras inteligente, resiliente e sustentável, quando presentes após o nome *cidade*, são adjetivos de caráter geral e que envolvem ações de certa forma interligadas entre si. Assim, a inter-relação entre **cidades inteligentes, resilientes e sustentáveis** está no fato de que esses três conceitos, embora distintos, se complementam e se fortalecem mutuamente quando aplicados em conjunto no planejamento e desenvolvimento urbano.

De modo resumido pode-se dizer que: cidades inteligentes usam a tecnologia de dados para melhorar a eficiência dos serviços urbanos, a qualidade de vida dos cidadãos e a gestão dos recursos; cidades resilientes são capazes de resistir, se adaptar e se recuperar de crises e desastres naturais ou humanos; cidades sustentáveis têm como objetivo o equilíbrio entre o desenvolvimento urbano e a preservação ambiental, promovendo justiça social e bem-estar das futuras gerações.

Uma cidade inteligente usa a tecnologia para ser mais eficiente, mas ela precisa ser sustentável para durar e resiliente para enfrentar desafios. Esses três pilares são essenciais para construir um futuro urbano equilibrado, onde a tecnologia serve às pessoas, respeita o planeta e garante segurança diante das incertezas (Figura C.1.1).

Figura C.1.1 – Pilares para um futuro urbano equilibrado (construída com auxílio de IA)



C.2 Indicadores para Cidades Inteligentes, Resilientes e Sustentáveis

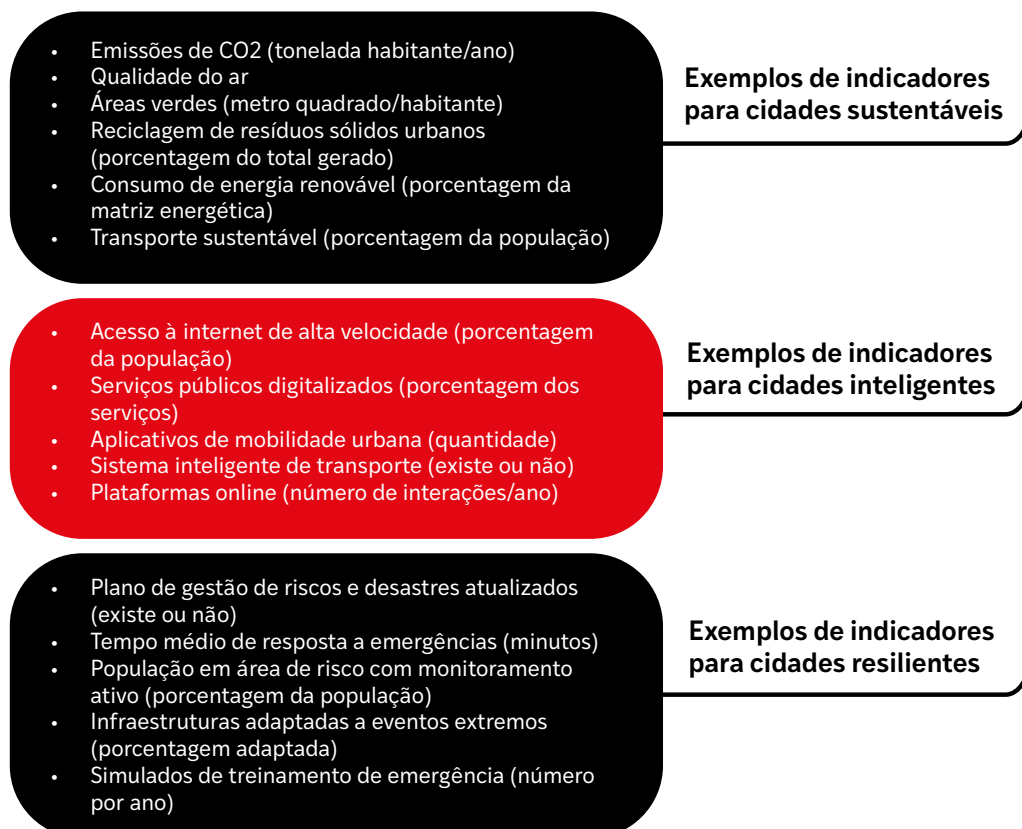
As cidades apresentam inúmeras diferenças entre si. Essas variações podem ser observadas em diversos aspectos, como infraestrutura, cultura, economia, clima, tamanho populacional, acesso a serviços públicos e qualidade de vida, entre outros.

Apesar das diferenças, as cidades possuem um objetivo comum, que pode ser resumido em promover o bem-estar da população por meio do desenvolvimento sustentável, da inclusão social, do crescimento econômico e da valorização cultural. Para tal ela se apoia em um Planejamento Urbano elaborado de acordo com o perfil da cidade. Porém, é essencial que ela verifique se a implantação desse planejamento está tendo os resultados e evoluções desejáveis. Isto pode ser feito por meio de indicadores de desempenho, que podem ser medidas quantitativas, qualitativas ou descritivas.

Definir um conjunto de indicadores para uma cidade não consiste de tarefa fácil. Cidades são complexas, com seus elementos sociais, políticos, econômicos e culturais interagindo e reagindo com a espacialidade e o ambiente construído da cidade. Qualquer conjunto de indicadores, não será capaz de refletir plenamente a complexidade urbana e as muitas escalas em que os impactos urbanos são sentidos¹. Apesar dessa restrição, os indicadores são necessários e atendem a múltiplos propósitos. Por exemplo, podem se tornar parte da avaliação e comparação de condições e tendências no espaço e no tempo, monitorando o progresso em direção a metas e objetivos, informando o planejamento e a tomada de decisões, aumentando a conscientização, encorajando mudanças políticas e comportamentais, promovendo a participação pública e melhorando a comunicação¹.

A Figura C.2.1 traz exemplos de indicadores, com o objetivo apenas de dar uma visão geral de cada caso específico de cidade. Seria fácil se os indicadores se restringissem a esses exemplos, mas gestores municipais enfrentam o desafio de selecionar indicadores para monitoramento sistemático de suas cidades. Essa escolha é muito importante, pois afeta diretamente a gestão e a tomada de decisões da cidade, sendo que os gestores devem estar atentos para não se perderem na quantidade de dados urbanos complexos².

Figura C.2.1 – Exemplos de indicadores



Existem centenas de indicadores disponíveis, cada qual com uma finalidade específica. Cabe à cidade definir quais são os melhores indicadores de desempenho para o seu caso e criar um banco de dados³, que integrado são capazes de fornecer uma base para tomada de decisão pelos gestores municipais. A definição de que indicadores devem ser usados e quando, pode requerer conhecimento especializado, para compreender a utilidade e as fragilidades dos sistemas de indicadores que se pretende implantar em uma cidade².

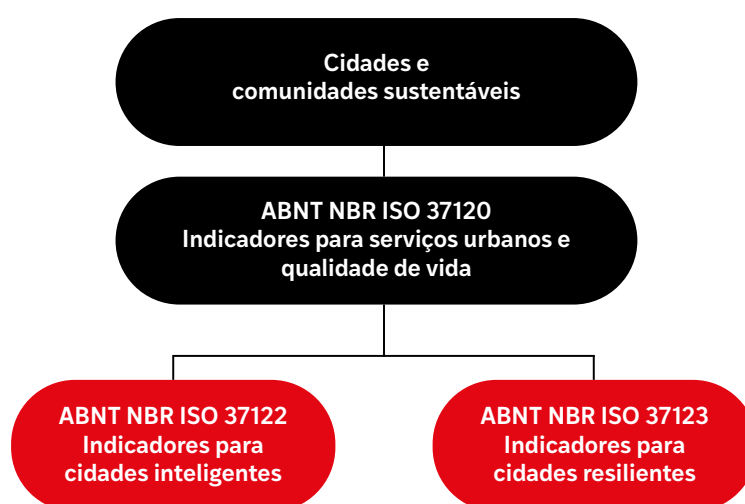
Organismos internacionais têm trabalhado na questão da padronização de indicadores para cidades sustentáveis, inteligentes e resilientes. Essa padronização é importante porque proporciona harmonização, confiabilidade, transparência nos métodos de cálculo e comparabilidade dos resultados.

A ISO (*International Organization for Standardization*) desenvolveu algumas normas, que trazem indicadores e como eles se relacionam entre si. Estas normas foram internalizadas no Brasil como normas ABNT NBR ISO.

C.3 Indicadores ISO

No conjunto de normas ABNT NBR ISO, os indicadores de cidades inteligentes e resilientes estão atrelados a uma hierarquia de indicadores que se complementam, cf. Figura C.3.1.

Figura C.3.1 - Relação entre família de normas para indicadores da cidade



ABNT NBR ISO 37120 - Indicadores para Serviços Urbanos e Qualidade De Vida.

A norma *ABNT NBR ISO 37120:2021 – Cidades e Comunidades Sustentáveis – Indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida*⁴, classifica os indicadores em três tipos:

- **Indicadores essenciais:** que são requeridos para demonstrar o desempenho da prestação de serviços urbanos e qualidade de vida;
- **Indicadores de apoio:** que são recomendados para demonstrar o desempenho da prestação de serviços urbanos e qualidade de vida. Estes indicadores podem ser selecionados de acordo com os objetivos da cidade;
- **Indicadores de perfil:** que são recomendados para fornecer estatísticas básicas e informações do contexto para auxiliar as cidades a realizar comparações entre pares. Indicadores de perfil são utilizados como uma referência informativa

A norma *ABNT NBR ISO 37120:2021* trata de vários temas sendo que cada tema corresponde a uma seção (Quadro C.3.1).

Quadro C.3.1 – Temas na ABNT NBR 37120 e suas seções⁴

Tema	Número da seção onde tema é tratado
Economia	5
Educação	6
Energia	7
Meio ambiente e mudanças climáticas	8
Finanças	9
Governança	10
Saúde	11
Habitação	12
População e condições sociais	13
Recreação	14
Segurança	15
Resíduos sólidos	16
Esporte e cultura	17
Telecomunicações	18
Transporte	19
Agricultura urbana/local e segurança alimentar	20
Planejamento urbano	21
Esgotos	22
Água	23

A norma *ABNT NBR ISO 37120:2021* traz para cada tema o que seria os indicadores essenciais, os indicadores de apoio e os indicadores de perfil e, também, aponta como devem ser obtidos. A título de ilustração, o Quadro C.3.2 mostra esses indicadores para o tema Economia.

Quadro C.3.2 – Indicadores essenciais de apoio e de perfil para o tema economia⁴

Tema	Indicador essencial	Indicador de apoio	Indicador de perfil
Economia	Taxa de desemprego da cidade	Valor de avaliação de propriedades comerciais e industriais como porcentagem do valor de avaliação total de todas as propriedades Porcentagem da população com emprego em tempo integral Taxa de desemprego de jovens Número de empresas por cem mil habitantes Número anual de estadias (pernoites) de visitantes por cem mil habitantes Conectividade aérea (número de partidas de voos comerciais sem escala)	Renda familiar média (US\$) Taxa anual de inflação baseada na média dos últimos cinco anos Produto da cidade per capita (US\$)

ABNT NBR ISO 37122 - Indicadores para Cidades Inteligentes

A norma *ABNT NBR ISO 37122:2020 – Cidades e Comunidades Sustentáveis – Indicadores para cidades inteligente*⁵ complementa a norma ABNT NBR ISO 37120, pois houve a necessidade de indicadores adicionais para cidades inteligentes. Ainda, estabelece indicadores com definições e metodologias para medir, considerando aspectos e práticos.

Essa norma trata de vários temas, sendo que cada tema corresponde a uma seção da norma, conforme apresentado no Quadro C.3.3

Quadro C.3.3 – Temas tratados pela ANBT NBR 37122 e suas seções⁵

Tema	Número da seção onde tema é tratado
Economia	5
Educação	6
Energia	7
Meio ambiente e mudanças climáticas	8
Finanças	9
Governança	10
Saúde	11
Habitação	12
População e condições sociais	13
Recreação	14
Segurança	15
Resíduos sólidos	16
Esporte e cultura	17
Telecomunicações	18
Transporte	19
Agricultura local/urbana e segurança alimentar	20
Planejamento urbano	21
Esgotos	22
Água	23
Relatório e manutenção de registros	24

A norma *ABNT NBR ISO 37122:2020* também traz os indicadores relativos a cada tema. A título de ilustração, o Quadro C.3.4 apresenta alguns indicadores referentes ao assunto Mobilidade, encontrados no tema Transporte, item 19 da norma em questão.

Quadro C.3.4 – Indicadores para o tema Mobilidade na norma ABNT NBR ISO 37122⁵

Tema	Indicadores (subitem)
Transporte, item 19	Porcentagem de ruas e vias da cidade coberta por alerta e informações de tráfego <i>on line</i> em tempo real (19.1)
	Número de usuários de sistemas de mobilidade baseados em economia compartilhada por 100 000 habitantes (19.2)
	Porcentagem de veículos registrados na cidade que são veículos de baixa emissão (19.3).
	Número de bicicletas disponíveis por meio de serviços municipais de compartilhamento de bicicletas por 100 000 habitantes (19.4)
	Porcentagem de linhas de transporte público equipadas com sistema acessível ao público em tempo real (19.5)
	Porcentagem de serviços de transporte público da cidade cobertos por um sistema de pagamento unificado (19.6)
	Porcentagem de vagas de estacionamento público equipadas com sistema de pagamento eletrônico (19.7)
	Porcentagem de vagas de estacionamento público equipadas com sistemas de monitoramento de disponibilidade em tempo real. (19.8)
	Porcentagem de semáforos que são inteligentes (19.9)
	Área da cidade mapeada por sistemas interativos de mapeamento de vias públicas em tempo real, como porcentagem da área da cidade (19.10)
	Porcentagem de veículos registrados na cidade que são veículos autônomos. (19.11)
	Porcentagem de linhas de transporte público dotada de conectividade à internet para usuários, oferecida e/ou gerenciada pelo município (19.12)
	Porcentagem de vias em conformidade com sistema de condução autônomos (19.13)
	Porcentagem de frota de ônibus da cidade movida por sistemas limpos (19.14)

A norma *ABNT NBR ISO 37122:2020* traz, em seu Anexo B, um mapeamento dos seus indicadores para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ODS). Para cada um dos 17 ODS são apresentados os indicadores correspondentes, varrendo todos os temas da norma.

ABNT NBR ISO 37123 - Indicadores para Cidades Resilientes

A norma *ABNT NBR ISO 37123:2021 – Cidades e Comunidades Sustentáveis – Indicadores para cidades resilientes*⁶ complementa a norma ABNT NBR IS 37120, pois embora esta, como primeira norma da série, contenha indicadores importantes para o planejamento resiliente e avaliação de uma cidade, foi identificada a necessidade de mais indicadores para cidades resilientes, que constam na norma ABNT NBR ISO 37123 e ajudam as cidades a: se prepararem, se recuperarem e se adaptarem para quando ocorrerem choques e tensões; e aprenderem umas com as outras pela comparação entre uma vasta gama de medidas de desempenho e compartilhamento de boas práticas.

A norma *ABNT NBR ISO 37123:2021* trata de temas divididos em seções, conforme apresentado no Quadro C.3.5

Quadro C.3.5 – Temas tratados pela ABNT NBR 37123 e suas seções⁶

Tema	Número da seção onde tema é tratado
Economia	5
Educação	6
Energia	7
Meio ambiente e mudanças climáticas	8
Finanças	9
Governança	10
Saúde	11
Habitação	12
População e condições sociais	13
Recreação	14
Segurança	15
Resíduos sólidos	16
Esporte e cultura	17
Telecomunicações	18
Transporte	19
Agricultura urbana/local e segurança alimentar	20
Planejamento urbano	21
Esgotos	22
Água	23
Relatório e manutenção de registros	24

A norma *ABNT NBR ISO 37123:2021* traz os indicadores referentes a cada tema, com definições e metodologias para medir. A norma também traz informações de utilidade em seus anexos, indicadas a seguir:

- Anexo A, apresenta uma tipologia de ameaças enfrentadas por cidades, como caráter informativo;
- Anexo B, apresenta como os indicadores constantes na norma se relacionam com as principais etapas do processo de gerenciamento de risco (contexto do risco, avaliação de riscos, tratamento do risco, cooperação e consulta, monitoramento e revisão);
- Anexo C, apresenta como os indicadores constantes na norma estão relacionados aos principais elementos do processo de gerenciamento de desastres (minimização, preparação, resposta, recuperação/reconstrução);
- Anexo D, apresenta um mapeamento dos indicadores da norma para os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ODS).

C.4 Considerações

Os indicadores de desempenho são inúmeros e a escolha de quais usar é um grande desafio para os gestores municipais, que têm à sua frente um leque diversificado, advindo de referências normativas, de artigos técnicos e de práticas empregadas.

Os gestores municipais não devem se impressionar com a quantidade de indicadores. Ter muitos indicadores implantados não necessariamente significa ter dados de utilidade. Melhor procurar aqueles que trarão repostas confiáveis e consistentes, que possam ser utilizadas ao longo do tempo para, de fato, acompanhar a evolução da cidade.

Referências

1. KLOPPA, J. M.; PETRETTAB, D. The urban sustainable development goal: Indicators, complexity and the politics of measuring cities. **Cities**, v. 63, p. 92–97, Mar. 2017.
2. HUOVILA, A.; BOSCH, P.; AIRAKSINEN, M. Comparative analysis of standardized indicators for smart sustainable cities: What indicators and standards to use and when? **Cities**, v. 89, p. 141-153, June 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275118309120>. Acesso em: 19 abr. 2024.
3. KHATIBI, H.; WILKINSON, S.; DIANAT, H.; BAGHERSAD, M.; GHAEDI, K.; JAVANMARDI, A. Indicators bank for smart and resilient cities: design of excellence. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 12, n. 1, p. 5-19, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1108/BEPAM-07-2020-0122>
4. ABNT. **NBR ISO 37120:2021**: Cidades e comunidades sustentáveis. Indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/grd.aspx>. Acesso em: 25.04.2025.
5. ABNT. **NBR ISO 37122:2020. Versão corrigida 2021**. Cidades e comunidades sustentáveis. Indicadores para cidades inteligentes. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/grd.aspx>. Acesso em: 25.04.2025.
6. ABNT. **NBR ISO 37123:2021**: Cidades e comunidades sustentáveis. Indicadores para cidades resilientes. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/grd.aspx>. Acesso em: 25.04.2025.





