

**PROJETO DE MOBILIDADE URBANA INTELIGENTE E SEGURANÇA URBANA
EM VENDA NOVA, BELO HORIZONTE**

**SMART URBAN MOBILITY AND URBAN SECURITY PROJECT IN VENDA
NOVA, BELO HORIZONTE**

**PROYECTO DE MOVILIDAD URBANA INTELIGENTE Y SEGURIDAD URBANA
EN VENDA NOVA, BELO HORIZONTE**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n7-048>

Data de submissão: 03/06/2025

Data de publicação: 03/07/2025

Brenno Franco Pereira do Vale

Arquiteto e Urbanista pela
Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ)
E-mail: brenno.franco.arq@gmail.com

Danielle Kenya Fraga

Mestre em Design de Materiais, Tecnologia e Processos pela
Universidade Estadual de Minas Gerais (UEMG)
E-mail: fraga_@hotmail.com

Isabella Ortolani Pinto

Arquiteta e Urbanista pela
Universidade Federal de Ouro Preto (UFSJ)
E-mail: isabella.ortolani@hotmail.com

Marcos Vinicius Vieira

Especialista em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
E-mail: marcos_viniciusvieira@hotmail.com

Cynara Fiedler Bremer

Doutora em Engenharia de Estruturas
Universidade Federal de Minas Gerais(UFMG)
E-mail: cyfiedler@gmail.com

Géferson Diogo de Oliveira

Doutorem Ciências da Engenharia Civil
Universidade Federal de Ouro Preto(UFOP)
E-mail: dr.gefersondiogo@gmail.com

RESUMO

Este artigo acadêmico explora o potencial da Inteligência Artificial (IA) na transformação da mobilidade urbana inteligente e da segurança urbana, com foco na região de Venda Nova, Belo Horizonte. Com isso, propõe-se a implantação de um projeto de estações de mobilidade como infraestrutura-chave para a implementação de soluções inteligentes, com o objetivo de amenizar o

problema de transporte público da região ao mesmo tempo em que aborda criticamente os desafios éticos, legais e sociais, como privacidade e viés algorítmico, no contexto da regulamentação brasileira.

Palavras-chave: Mobilidade Urbana. Segurança Urbana. Inteligência Artificial. Cidades Inteligentes.

ABSTRACT

This scholarly article investigates the transformative potential of Artificial Intelligence (AI) in enhancing smart urban mobility and public security, with a particular emphasis on the Venda Nova district of Belo Horizonte. It advocates for the deployment of mobility stations as a strategic infrastructure component for the implementation of intelligent urban solutions. The study seeks not only to mitigate the region's public transportation challenges but also to critically examine the ethical, legal, and social implications—such as privacy concerns and algorithmic bias—with the framework of Brazilian regulatory standards.

Keywords: Urban Mobility. Urban Security. Artificial Intelligence. Smart Cities.

RESUMEN

Este artículo académico explora el potencial de la Inteligencia Artificial (IA) para transformar la movilidad urbana inteligente y la seguridad urbana, centrándose en la región de Venda Nova, Belo Horizonte. Propone la implementación de un proyecto de estaciones de movilidad como infraestructura clave para la implementación de soluciones inteligentes, con el objetivo de mitigar la problemática del transporte público en la región, a la vez que aborda críticamente los desafíos éticos, legales y sociales, como la privacidad y el sesgo algorítmico, en el contexto de la regulación brasileña.

Palabras clave: Movilidad urbana. Seguridad urbana. Inteligencia artificial. Ciudades inteligentes.

1 INTRODUÇÃO

Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, configura-se como um dos centros urbanos de maior relevância no cenário brasileiro. A metrópole abriga uma população estimada em 2,5 milhões de habitantes (IBGE, 2022), sustentada por uma economia diversificada, uma infraestrutura moderna e um legado histórico significativo.

Sua gênese, pautada por um planejamento urbano influenciado por modelos como Paris e Washington, manifesta-se em uma estrutura viária caracterizada por amplas avenidas e espaços públicos arborizados (Plano Diretor PBH, 2023). Como resultado do planejamento positivista de Aarão Reis, o traçado urbano original possui caráter segregacionista, o que compeliu para que a população pobre ocupasse áreas periféricas e classes econômicas mais altas ocupasse espaços com maior proximidade dos centros comerciais e dos edifícios públicos. Entre as décadas de 1940-60, bairros suburbanos cresceram de forma pouco ordenada e com velocidade recorde (Oliveira, Garcia, Lobo, 2018). Nas últimas décadas a malha urbana de Belo Horizonte se misturou com o traçado urbano de cidades vizinhas, o que resultou na terceira maior região metropolitana brasileira (IBGE, 2023).

A despeito do crescimento de 5,0% da Região Metropolitana de Belo Horizonte nos últimos anos, a capital registrou um decréscimo populacional de 2,5% de acordo com o último censo realizado pelo IBGE. Uma das possíveis causas deste decréscimo é a migração populacional para cidades vizinhas, como Nova Lima, Santa Luzia e Contagem, devido ao encarecimento do preço da moradia e do custo de vida na capital (Observatório das Metrópoles, 2023).

Este espraiamento populacional e da malha urbana e, consequentemente, o aumento das distâncias de deslocamento associado à ampliação da quantidade de veículos de uso particular impactaram diretamente na intensidade do tráfego e na quantidade de tempo destinado ao deslocamento, principalmente, para o trabalho, mas também para outras finalidades como comércio, lazer, educação, saúde e cultura (SOUZA, 2005).

O aumento contínuo da intensidade do tráfego afeta diretamente a eficiência do transporte coletivo e o aumento do tempo de deslocamento impacta de forma negativa principalmente quem habita nas regiões periféricas e menos assistidas por infraestrutura viária e oferta ou opções de deslocamento.

O contexto descrito evidencia a mobilidade urbana como um fator central para a qualidade de vida da população metropolitana e a percepção negativa generalizada faz parte do panorama atual em que outros fatores, além da sua qualidade e eficiência, como segurança pública e a conectividade modal contribuem para tornar a adesão ao transporte público e/ou limpo baixa quando há condição financeira de optar pelo deslocamento motorizado particular/individual.

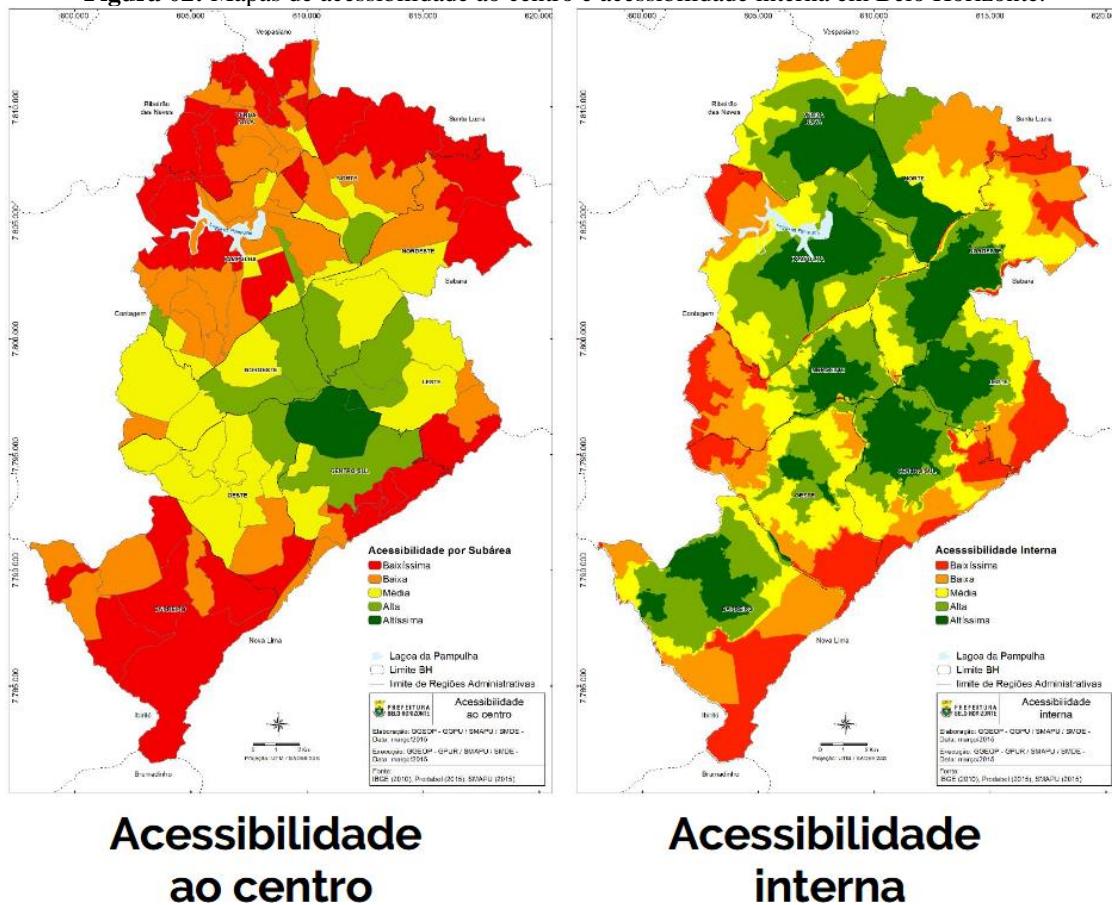
Dentre todas as regiões do município de Belo Horizonte, Venda Nova (Figura 01) é a que se encontra mais distante do Centro da cidade. Com uma população de aproximadamente 247 mil habitantes e extensão territorial de 29,19km², a região possui uma das maiores densidades urbanas de BH e apresenta uma dinâmica econômica e cultural multifacetada. Seu principal eixo viário, constituído pelas vias regionais Av. Vilarinho e Rua Padre Pedro Pinto, se conecta ao centro por meio das vias metropolitanas Av. Dom Pedro I e Av. Cristiano Machado (Prefeitura Municipal de Belo Horizonte). No entanto, Venda Nova sofre com a falta de conectividade viária que priorize modais de transporte coletivo dentro da região, como BRT e metrô. Estes três fatores - distância do centro metropolitano, densidade elevada e baixa conectividade da mobilidade urbana - ajudam a estabelecer Venda Nova como foco do recorte deste trabalho.

Figura 01: Localização da região de Venda Nova em Belo Horizonte.



Fonte: Wikipedia.

Figura 02: Mapas de acessibilidade ao centro e acessibilidade interna em Belo Horizonte.



Fonte: Câmara Municipal de Belo Horizonte.

Além dos desafios de mobilidade urbana, a segurança pública se apresenta como um ponto crítico em Venda Nova, com índices elevados de criminalidade. A aplicação de Inteligência Artificial (IA) pode contribuir significativamente para a redução desses índices, por meio de monitoramento inteligente, análise preditiva de crimes e integração de dados em tempo real.

2 OBJETIVO

Explorar os impactos da Inteligência Artificial no contexto urbano, com auxílio de ferramentas de IA para analisar dados, identificar problemas e projetar diretrizes arquitetônicas que ampliem os benefícios ou minimizem os desafios da IA no ambiente urbano, com foco em Mobilidade Urbana Inteligente e Segurança Urbana na região de Venda Nova, Belo Horizonte.

Este projeto propõe a instalação de quatro micro estações/hubs modulares ao longo dos principais trajetos de origem-destino em Venda Nova, aliando infraestrutura adaptável a tecnologias de Inteligência Artificial (IA). O objetivo é explorar a possibilidade de tornar o deslocamento mais eficiente, seguro e integrado aos diferentes modais de transporte, além de melhorar a segurança urbana

com câmeras inteligentes, sensores de presença e plataformas de monitoramento preditivo, utilizando de ferramentas de IA para analisar dados, identificar problemas e projetar diretrizes urbanísticas e arquitetônicas que ampliem os benefícios ou minimizem os desafios da mobilidade urbana e segurança urbana na região de Venda Nova, Belo Horizonte.

3 METODOLOGIA

Foi feito um aparato técnico em bibliografias existentes que demonstram como é feita a mobilidade inteligente integrada a medidas de inteligência artificial (IA) e quais medidas podem estar alinhadas com a intervenção proposta.

Foram analisados mapas da região metropolitana de Belo Horizonte, disponibilizado para consulta online pela prefeitura, para compilar informações como densidade demográfica, condicionantes geográficas, infraestrutura viária, segurança e acessibilidade.

A proposta de implantação definiu a região de Venda Nova a partir de um recorte acerca da região com maior carência em infraestrutura eficiente de mobilidade urbana. Devido a isso, foi feito um diagnóstico da região para compreender como é seu sistema viário, suas principais deficiências e as localizações mais próximas de estações de mobilidade urbana.

Com o diagnóstico pronto, as áreas de instalação dos hubs foram identificadas e um mapeamento da região foi produzido prevendo futuras instalações das estações locais e regionais conectando com os modais existentes.

A parte projetual foi feita com auxílio de inteligência artificial, criando um *prompt* para geração de imagens renderizadas das estações, seguindo os fluxogramas e exemplos de *hubs* inteligentes já estudados e implantados pelo mundo.

4 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E MOBILIDADE URBANA INTELIGENTE

A utilização da Inteligência Artificial (IA) em cidades inteligentes pode representar uma transformação profunda nas dinâmicas urbanas. Conceitos como mobilidade inteligente, segurança preditiva, sustentabilidade otimizada e interação social são diretamente impactados pelo avanço tecnológico.

Para compreender a complexidade característica da dinâmica urbana contemporânea, as cidades inteligentes se valem de tecnologias como Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) e Tecnologias da Informação e Comunicação (ICT), que tornam sistemas de transporte mais eficientes e sustentáveis ao impactar positivamente aspectos de segurança, consumo energético, acessibilidade, congestionamentos e impactos ambientais eficiência, sustentabilidade. Estas tecnologias possuem

aplicações diretas a mobilidade urbana em tópicos como transporte público, viagens compartilhadas, viagens particulares, segurança no tráfego e infraestrutura inteligente (BUTLER; YIGITCANLAR; PAZ, 2020).

A Inteligência Artificial é uma das inovações de grande importância para Sistemas de Transporte Inteligente, dada a crescente importância e complexidade da comunicação e do compartilhamento de informação de sistemas de mobilidade e a complexificação de seus processos de gestão, controle e operação. A capacidade de tomada de decisão e aprendizado permitem que a inteligência artificial seja utilizada para automatizar a operação de veículos ou o planejamento de rotas, o que reduziria custos e tornaria os sistemas de transporte mais dinâmicos e responsivos (BUTLER; YIGITCANLAR; PAZ, 2020).

Junto à IA, a Internet das Coisas (IoT) é tecnologia inovadora que se mostra essencial para a implementação da mobilidade urbana inteligente e utiliza sistemas de dispositivos computacionais conectados para facilitar a coleta, compartilhamento e processamento de informação. A inclusão digital é crucial para a IoT, já que celulares, laptops, câmeras, smartbands e dispositivos em veículos permitem criar um ambiente conectado constantemente em quase todos os lugares com informação rápida e autônoma em tempo real, incluindo espaços urbanos e infraestrutura (BUTLER; YIGITCANLAR; PAZ, 2020).

Algumas transformações podem ser imaginadas em um cenário de mobilidade inteligente:

- Ajuste dinâmico de semáforos para otimizar o fluxo com base em condições em tempo real;
- Análise preditiva de congestionamento e gargalos;
- Sugestão de rotas alternativas para motoristas;
- Modelos dinâmicos de preços para pedágios e estacionamentos.

Ao transportar estas capacidades da IA o transporte público/coletivo pode-se:

- Otimizar o roteamento com base em demandas e condições de tráfego;
- Atualizar em tempo real horários de chegada, níveis de ocupação e rotas alternativas;
- Melhorar a mobilidade compartilhada com base na previsão de demanda;
- Facilitar o planejamento e pagamento de deslocamentos multimodais através de plataformas digitais.

5 DIAGNÓSTICO

O tecido viário e urbano de Belo Horizonte não consegue acompanhar a dinâmica demográfica e econômica vigente, sendo o número de veículos da capital superior à sua população e tendo seu trânsito classificado entre os piores do Brasil. (OLIVEIRA, GARCIA, LOBO, 2018)

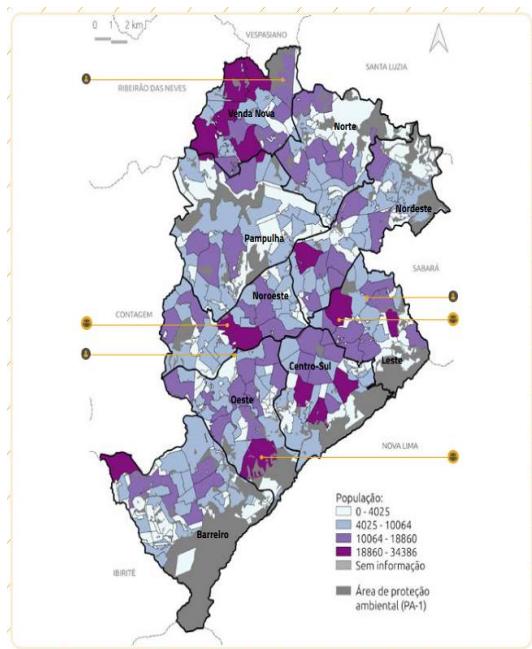
Os esforços para resolver problemas de mobilidade podem partir de duas linhas de raciocínio, integrar à cidade uma renovação da política de transporte coletivo e até mesmo uma política de desincentivo ao uso de veículos particulares ou otimizar o trânsito dos veículos via diversas interferências estruturais na cidade.

A maior parte dos esforços empreendidos na capital mineira são medidas paliativas - alargamento de vias, desapropriações, reordenação urbana, políticas voltadas para o transporte coletivo, túneis, viadutos, e outros -, sendo classificados no segundo tipo de proposta de intervenção (OLIVEIRA, GARCIA, LOBO, 2018).

Atualmente, a região Centro-Sul é a que possui maior densidade construtiva de BH, tendo parte de seu traçado classificada como o hipercentro da metrópole, e a que recebe o maior fluxo de pessoas. A parcela da região circunscrita pela Avenida do Contorno, considerada o centro histórico, econômico e cultural da cidade, funciona como ponto atrator das principais vias arteriais que compõem a infraestrutura urbana da capital e, por consequência, o principal destino dos deslocamentos originados nas regiões imediatas e periféricas a sua centralidade socioeconômica (OLIVEIRA, GARCIA, LOBO, 2018).

A região de Venda Nova pode ser classificada como região periférica do município, estando localizada na conurbação de Belo Horizonte com Vespasiano, Santa Luzia e Ribeirão das Neves. Estando a cerca de 13km do ponto mais próximo da Avenida do Contorno, Venda Nova é a região geograficamente mais distante do que hoje é considerado o centro de Belo Horizonte e segundo o Mapa das Desigualdades, grande parte dos bairros que compõem Venda Nova figuram entre os com maior densidade urbana do município e a região é uma das com maior densidade urbana da cidade (Figura 03).

Figura 03: Densidade demográfica de Belo Horizonte



Fonte: NOSSA BH, 2021.

Segundo dados do Censo 2022 compilados pela prefeitura municipal (Prefeitura de Belo Horizonte, 2023), tendo aproximadamente 8,5 mil habitantes por km² (MAPA DAS DESIGUALDADES DA RMBH, 2021). Ao correlacionar a densidade com a renda média da população, percebe-se que Venda Nova é uma região periférica, adensada e com baixa conectividade ao principal polo de oferta de empregos e serviços do município.

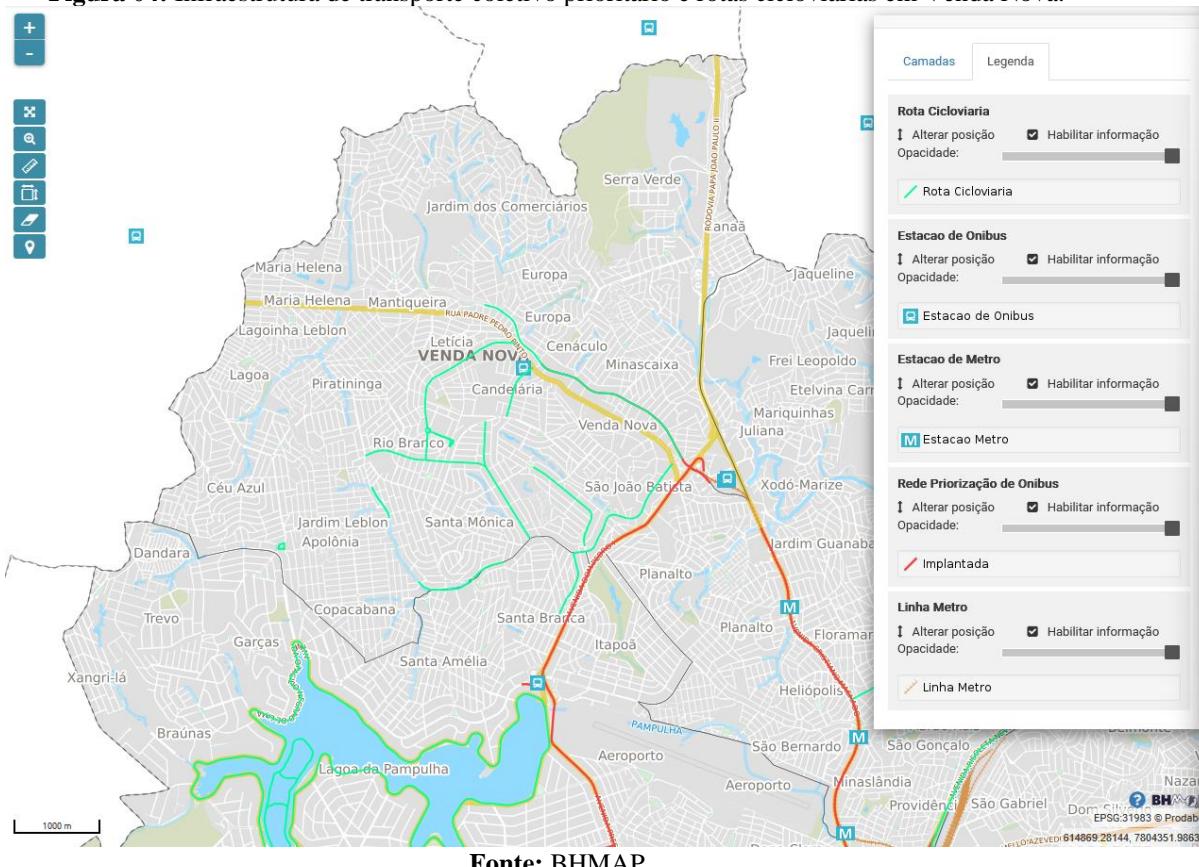
A justaposição dos fatores citados acima permite inferir que o deslocamento Venda Nova - Centro-Sul possivelmente não é eficiente, e o Mapa de Acessibilidade ao Centro (Figura 02) confirma que isto é um problema comum a todas as regiões do município. Segundo dados da Matriz Origem-Destino da RMBH (AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA RMBH, s.d.), os principais destinos dos habitantes de Venda Nova são o Centro de Belo Horizonte (Região Centro-Sul), a Pampulha (Região da Pampulha), o Barreiro (Região do Barreiro), a Savassi / Funcionários (Região Centro-Sul) e a Lagoinha / Região Norte (Região Noroeste e Região Noroeste).

Os trajetos mais convencionais para cada um dos principais destinos citados inevitavelmente percorrem de maneira completa ou parcialmente vias arteriais que estão diretamente conectadas à Avenida do Contorno, com exceção da Região da Pampulha, vizinha imediata à Região de Venda Nova. As duas principais vias arteriais que conectam Venda Nova ao resto do município são a Avenida Presidente Antônio Carlos (Dom Pedro I, em seu trecho mais próximo a Venda Nova) e a Avenida Cristiano Machado, que se entrecruzam em seus dois extremos, o primeiro localizado no Viaduto Leste e o segundo próximo à Estação De Metrô Vilarinho.

Os dois pontos de encontro entre as vias podem ser lidos como nós na infraestrutura de mobilidade urbana do município, já que são entroncamentos de diferentes vias arteriais, modais de mobilidade e transportes, regiões administrativas e limites municipais (LONGO, 2015). As duas principais vias coletoras de Venda Nova, Avenida Vilarinho e Rua Padre Pedro Pinto, desembocam em um destes nós, no cruzamento próximo à Estação de Vilarinho e é justamente na região imediata a este cruzamento que se encerram as linhas modais de BRT e metrô, fator que reduz a conectividade da região com os destinos mais comuns de seus cidadãos.

A malha de metrô na região metropolitana de Belo Horizonte é limitada a apenas uma linha, entre as estações Vilarinho e Eldorado, o que diz muito sobre a qualidade da conectividade e possibilidade de transporte multimodal ofertada. Apesar da Estação Vilarinho ser limítrofe à Venda Nova, com a linha de metrô não adentrando na região (Figura 04), sua proximidade e sua conexão direta com a Av. Vilarinho impacta a conectividade regional positivamente ao oferecer uma alternativa de transporte coletivo eficiente e prioritário a partir do principal acesso à região.

Figura 04: Infraestrutura de transporte coletivo prioritário e rotas ciclovárias em Venda Nova.



Fonte: BHMAP

Já a infraestrutura viária dedicada exclusivamente ao BRT apresenta maior penetração no território da cidade, com grande conectividade do Centro em direção às bordas do município por meio

de suas principais vias. Junto ao BRT existem os itinerários coletivos e suplementares. Estas três variações do mesmo tipo de transporte constituem o principal sistema de deslocamento coletivo de Belo Horizonte e cobrem a maior parte do território da cidade. Em Venda Nova há um curto trecho de rede prioritária de transporte coletivo (Figura 04), sendo interrompido após percorrer cerca de 1,5km da Av. Vilarinho a partir do entroncamento com a Av. Dom Pedro I.

Outro aspecto relativo à mobilidade urbana é a quantidade de ciclovias ofertadas como parte da infraestrutura urbana. No recorte da Região de Venda Nova podemos notar que há uma oferta superior em relação a maior parte das regiões que compõem Belo Horizonte. Parte desta rede cicloviária aparentemente tem seu percurso descontinuado em alguns trechos (Figura 04) e é constituída principalmente por ciclovias estreitas que compartilham a rua com o fluxo de veículos motorizados. Apesar dos trechos descontinuados em alguns dos percursos é possível perceber que todos se conectam ao principal eixo viário Venda Nova, constituído pela Av. Vilarinho e Rua Padre Pedro Pinto.

Esta malha cicloviária está distribuída majoritariamente em um quadrante da região, o que aponta para a existência de diferentes graus de acessibilidade ao transporte público. A continuidade das rotas já existentes em direção a Região da Pampulha e a divisa com Ribeirão das Neves e criação de novas rotas em vias localizadas acima do eixo principal poderia impactar na ampliação da conectividade da região ao incentivar o micro trânsito ao promover bicicletas como modal sustentável e eficiente.

A Região de Venda Nova possui calçada para deslocamento de pedestres na maior parte de suas vias, sendo os trechos negligenciados localizados em perímetros mais marginalizados, como favelas e vilas. Os dados disponibilizados na plataforma BH Map permitem ter apenas o panorama quantitativo deste aspecto da infraestrutura viária, não informando o grau de acessibilidade e o estado de conservação dos trechos.

A cobertura de iluminação pública é superior, quantitativamente, a trechos com calçada. Isto colabora, mesmo que de forma insuficiente, para a melhoria da segurança urbana local e deslocamentos de pedestres e ciclistas à noite.

A baixa conectividade entre as diferentes malhas modais e a falta de pontos de apoio durante os trajetos agrava o tempo de deslocamento e reduz o conforto e a segurança dos usuários. Além disso, áreas isoladas ao longo dos corredores viários apresentam maiores índices de assaltos e violência urbana. É possível notar estes aspectos negativos ao longo de todo o trajeto que conecta a Avenida Vilarinho e a Rua Padre Pedro Pinto à Estação de Metrô Vilarinho, assim como a falta de conectividade do BRT em relação ao restante da região.

6 SEGURANÇA URBANA

A segurança pública em Venda Nova é um ponto crítico, com a região enfrentando índices elevados de criminalidade. Belo Horizonte, como capital, figura entre os municípios brasileiros com os maiores números de crimes violentos. Em 2023, a cidade registrou 187 casos de homicídio doloso, 314 tentativas de homicídio e 13 feminicídios, conforme o Mapa de Segurança Pública de 2024. Embora dados específicos e desagregados para a região de Venda Nova não estejam diretamente disponíveis nos documentos nacionais e estaduais acessíveis, a Secretaria de Estado de Justiça e Segurança Pública de Minas Gerais (SEJUSP-MG, 2025) disponibiliza dados abertos sobre diversas naturezas criminais, como crimes violentos, vítimas de homicídio consumado, furtos, roubos e veículos roubados/furtados, com atualizações até abril de 2025.

A concentração espacial e a persistência temporal da criminalidade em Venda Nova fornecem uma base empírica robusta para a intervenção proposta. Se o crime não está distribuído uniformemente, mas sim em pontos específicos e persistentes, uma intervenção que possa identificar e monitorar esses pontos com precisão será significativamente mais eficaz.

O projeto proposto neste trabalho alinha-se diretamente com a natureza concentrada e estável da criminalidade em Venda Nova. Esta aproximação micro localizada, baseada em infraestrutura física e inteligência de dados, tem um alto potencial de impacto ao direcionar recursos públicos para onde são mais necessários, otimizando seu uso em vez de dispensá-los em patrulhamentos genéricos.

A Inteligência Artificial (IA), particularmente por meio do aprendizado de máquina e da capacidade de processar e analisar grandes volumes de dados (Big Data), está redefinindo as estratégias de segurança urbana. Suas capacidades abrangem desde o monitoramento inteligente e a análise preditiva de crimes até a integração de dados em tempo real, o que permite a identificação de padrões complexos, o reconhecimento de *modus operandi* e a antecipação de ações criminais com uma precisão que excede as capacidades humanas. A IA pode automatizar tarefas que anteriormente eram realizadas manualmente, como o cruzamento de informações provenientes de boletins de ocorrência, registros telefônicos, imagens de câmeras de vigilância e dados de redes sociais, liberando recursos humanos para tarefas mais complexas e estratégicas (FAPESP, 2021).

A implementação da IA na segurança urbana é suportada por um conjunto de tecnologias interconectadas que trabalham em sinergia para criar um ecossistema de segurança mais robusto e responsável.

6.1 CÂMERA INTELIGENTES

Essenciais para o monitoramento urbano, as câmeras inteligentes são equipadas com recursos de IA que lhes permitem detectar anomalias em tempo real. Elas podem reconhecer comportamentos suspeitos, como aglomerações incomuns ou vadiagem, rastrear indivíduos e veículos, e se conectar diretamente a sistemas de alarme em centrais policiais. Essa conexão permite a notificação imediata das autoridades sobre incidentes potenciais à medida que ocorrem. Ao fornecer *insights* e análises em tempo real, essas câmeras aprimoram a percepção situacional, capacitando as forças de segurança a tomar decisões críticas e a responder proativamente ao crime (Choi, W., Na, J., & Lee, S., 2024).

6.2 SENsoRES DE PRESENÇA

Os sensores de presença complementam a vigilância por vídeo, detectando movimentos incomuns e alertando as autoridades. Podem ser integrados a sistemas de iluminação inteligente para ajustar a luminosidade em espaços públicos com base na detecção de pedestres, uma medida que pode dissuadir atividades criminosas em áreas mal iluminadas. Outros sensores, como os de reconhecimento de som anômalo ou de abertura de portas/janelas, também são relevantes para a detecção de intrusões e eventos suspeitos (Choi, W., Na, J., & Lee, S., 2024).

A proposta das micro estações em Venda Nova encontra uma sinergia natural com os princípios do *Crime Prevention Through Environmental Design* (CPTED), ou Prevenção Criminal Através do Design Ambiental (Lovecek *et al.*, 2025). O CPTED é uma estratégia multidisciplinar que visa reduzir o crime e o medo do crime por meio da modificação do ambiente físico. Seus princípios fundamentais incluem:

- **Vigilância Natural:** Aumentar a visibilidade de espaços públicos para que os usuários possam observar atividades suspeitas.
- **Controle de Acesso Natural:** Utilizar elementos de design (paisagismo, cercas, iluminação) para guiar o fluxo de pessoas e veículos e limitar o acesso a áreas vulneráveis.
- **Reforço Territorial:** Criar um senso de pertencimento e responsabilidade sobre um espaço para que os usuários o defendam.
- **Manutenção:** Garantir que os espaços sejam bem cuidados, sinalizando que a área é supervisionada e valorizada.

A complexidade da implementação da IA na segurança pública vai além da mera capacidade tecnológica. Para que esses sistemas sejam eficazes e socialmente aceitáveis, é imperativo abordar questões de governança e aceitação social. Isso implica que o sucesso de iniciativas como as micro

estações em Venda Nova dependerá da robustez técnica das soluções de IA e da capacidade das instituições de segurança e governamentais de construir confiança com a comunidade, adaptar suas culturas organizacionais e garantir mecanismos de transparência e responsabilidade.

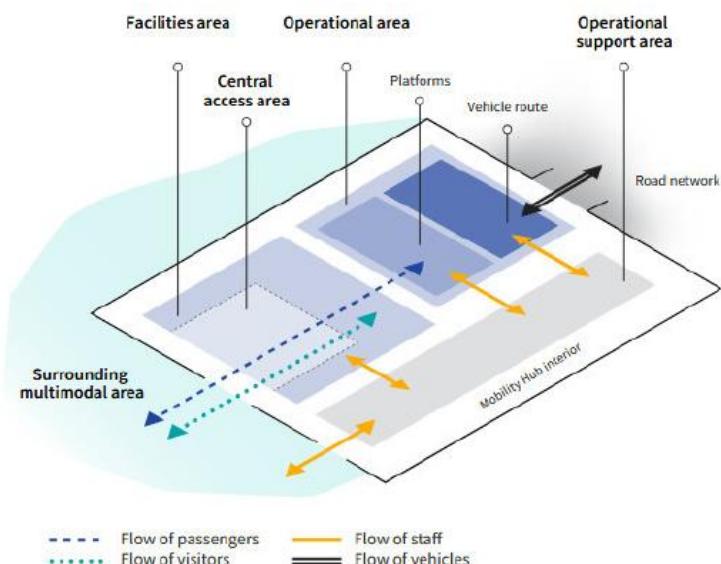
7 ESTAÇÕES DE MOBILIDADE URBANA INTELIGENTE

As estações de mobilidade urbana inteligentes são uma solução que integra tecnologia e sustentabilidade para otimizar o deslocamento de pessoas e bens. Essas estações utilizam Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA) e sistemas de transporte multimodal para oferecer alternativas mais eficientes e acessíveis à população.

A mobilidade inteligente busca melhorar a eficiência dos sistemas de transporte e torná-los mais sustentáveis e conectados. Isso inclui a implementação de veículos elétricos compartilhados, infraestrutura para bicicletas, sistemas de pagamento automatizados e integração entre diferentes modais de transporte. Além disso, essas estações desempenham um papel fundamental na redução das emissões de carbono e na melhoria da qualidade de vida urbana.

O diagrama de um hub de mobilidade mostrado na Figura 4 ilustra áreas funcionais e fluxos de circulação. As áreas incluem: suporte, apoio operacional, central de acesso, plataformas, rota de veículos, rede viária e área multimodal. Os fluxos são representados por setas coloridas, onde: azul tracejado representa os passageiros, verde pontilhado são visitantes, amarelo contínuo para funcionários e preto contínuo para veículos. Isso ajuda a visualizar a interação entre usuários e modais e promover uma organização eficiente do espaço e da mobilidade.

Figura 05: Layout e Fluxograma de um Hub de Mobilidade



Fonte: Mobility Hubs. Disponível em: <https://www.urbanismnext.org/resources/mobility-hubs-a-readers-guide>

Conforme fluxograma anterior e baseado também no guia britânico de hub de mobilidade (*UK Mobility Hub Guidance 2019/20*), foi definido neste trabalho alguns itens básicos para a proposta de um hub de mobilidade que conecta redes de transporte e espaços públicos em níveis de bairro e estratégico.

Os componentes são divididos em três categorias:

- Mobilidade: paradas de ônibus, serviços de táxi, transporte sob demanda e pontos de compartilhamento de carros;
- Suporte à mobilidade: estações de recarga para veículos elétricos e estacionamentos para bicicletas;
- Melhorias urbanas não relacionadas à mobilidade: câmeras de segurança, sensores de presença, áreas de descanso, iluminação pública e Wi-Fi, sistema de marcação digital para fornecer informações e serviços ao usuário

8 PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

8.1 ANÁLISE PARA IMPLANTAÇÃO URBANA

A proposta de intervenção urbanística e arquitetônica envolve a implementação de micro estações inteligentes que promovam maior conectividade da Região de Venda Nova com as infraestruturas viárias que servem como trajeto em direção aos principais destinos de deslocamento da população local e que, ao mesmo tempo, sirvam como pontos de dispersão dessa população durante o deslocamento de retorno.

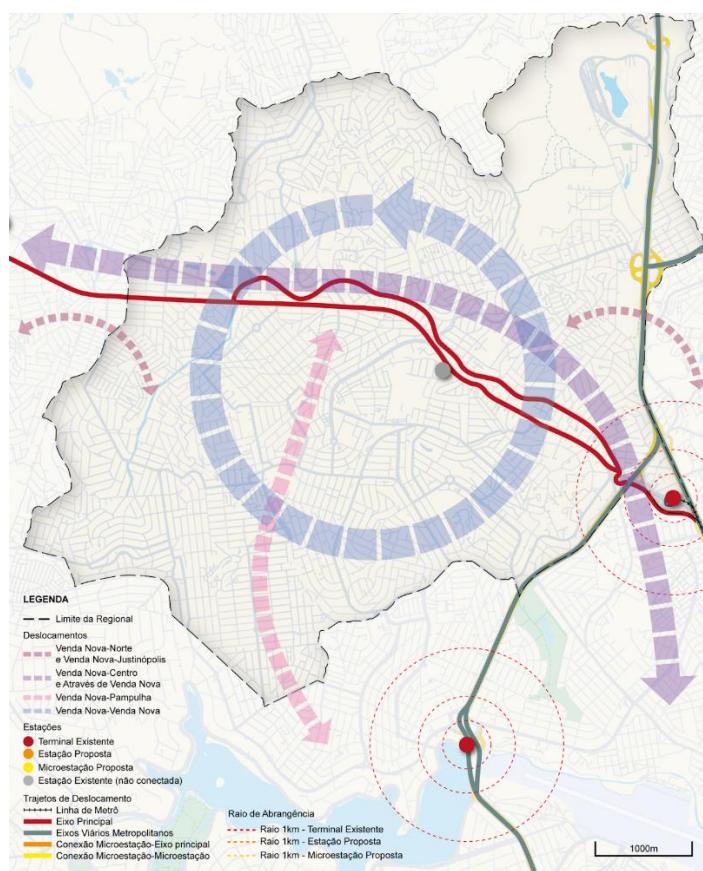
Devido a existência de fluxos consideráveis em Venda Nova tanto como origem quanto destino, surge a necessidade de micro estações que possam servir como centros de coleta e dispersão de fluxo simultaneamente nos picos do início e fim do dia. Assim como, o impacto da continuidade espacial entre Venda Nova e Justinópolis é significativo para o volume de fluxo da região estudada e deve ser levado em conta na construção do projeto.

A análise do contexto físico também é importante para entender qual o conjunto de soluções pode ser ofertado por cada micro estação proposta para a região. As duas avenidas que conformam o eixo viário predominante da região (Figura 06) - Rua Padre Pedro Pinto e Av. Vilarinho - são paralelas e se tangenciam em diversos pontos, concentram a maior parte da atividade comercial da região no perímetro conformado por seus limites e dividem longitudinalmente a região por um eixo leste-oeste em duas partes de área similar ao norte e ao sul. Ambas têm em sua constituição canteiros centrais arborizados, mais um fator potencial para a implementação de micro estações.

A primeira possui traçado mais regular e atravessa a região de uma ponta a outra ao conectar a via arterial Avenida Dom Pedro I ao distrito de Justinópolis, se estendendo para além dos limites do município Belo Horizonte em direção a Ribeirão das Neves. A segunda via se desenvolve de forma mais sinuosa e se estende da Av. Cristiano Machado e da Estação de Metrô Vilarinho até seu cruzamento com a Rua Padre Pedro Pinto, cerca de 1,4km distante de Justinópolis.

O desenvolvimento do traçado desta via ocupa o fundo de vale da Sub Bacia do Izidora, responsável pela coleta pluvial e escoamento fluvial da maior parte da região de Venda Nova, e abaixo da via está parcialmente canalizado o Ribeirão do Izidora, que serve ao Rio das Velhas. Devido a esta característica hidrográfica, a Av. Vilarinho está sujeita a alagamentos, o que ocasionalmente inviabiliza o escoamento do tráfego da região para o Centro de BH. A Av. Vilarinho faz parte do traçado metropolitano do BRT, contando com algumas estações modulares no perímetro mais próximo à Avenida Dom Pedro I.

Figura 06: Principais fluxos de deslocamento e terminais de mobilidade urbana existentes.



Fonte: Elaborado pelos autores.

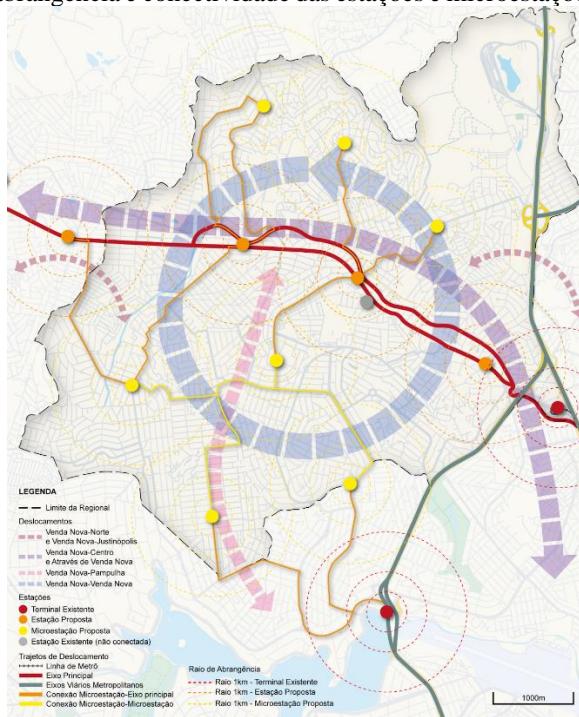
Estas condicionantes geográficas servem como *inputs*, junto aos apontamentos feitos a partir da rotina de deslocamentos, para a proposta de implementação de duas configurações diferentes de

micro estações. O primeiro passo foi determinar o eixo conformado pelas Rua Padre Pedro Pinto e Av. Vilarinho como espinha dorsal do fluxo regional, onde já há infraestrutura viária consolidada e uma maior capacidade instalada de serviços, comércio e equipamentos públicos. O segundo passo foi determinar pontos nodais nas zonas periféricas deste eixo, a norte e sul, e conectá-los por meio de trajetos locais com maior potencial de coleta e dispersão do fluxo, tendo em mente a constituição dos bairros existentes.

É importante pontuar que dada a lógica de deslocamento atual, o aumento da conectividade do eixo leste-oeste pode continuar sendo pouco favorável a deslocamentos originados nas parcelas mais ao sul da região devido a proximidade com a Pampulha e a Av. Dom Pedro I. Este fator é determinante para o segundo passo da proposta, já que a escolha dos pontos nodais é orientada para promover a irrigação do interior da região com opções de deslocamento que tornem o fluxo mais eficiente e atrativo e mais conectado com seu eixo principal. Por isto, o conjunto de bairros limítrofes à região da Pampulha - Céu Azul, Copacabana, Santa Mônica, Jardim Leblon - possuem conectividade mais favorável a ser estabelecida por eixo diverso ao proposto.

Como ferramenta auxiliar ao desenvolvimento da proposta foram determinadas zonas de influência a partir de círculos com raio de 1km para verificar a abrangência das micro estações localizadas no eixo principal e em outros pontos nodais da região com o intuito de interconectar equipamentos urbanos de mobilidade

Figura 07: Localização, raio de abrangência e conectividade das estações e microestações de mobilidade urbana propostas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

8.2 PROGRAMA DE NECESSIDADES DA INTERVENÇÃO

A intervenção proposta consiste na implementação de quatro estações de mobilidade inteligente ao longo do principal eixo viário de Venda Nova para facilitar transferências entre diferentes modais. Estas estruturas serão complementadas por micro estações de mobilidade inteligente distribuídas estratégicamente em pontos nodais do território de Venda Nova em locais com maior potencial de conectar o local ao principal eixo viário da região, completando a transição da escada municipal para a escala local. A principal diferença entre os dois tipos propostos é a escala devido a diferença de volume do fluxo, pois do ponto de vista de opções de deslocamento, materialidade, segurança pública, conectividade e sustentabilidade, as estações são semelhantes. Essas estruturas serão:

- Localizadas em espaços públicos estratégicos a coleta e dispersão do fluxo de deslocamento;
- Modulares e adaptáveis ao contexto urbano;
- Integradas a diferentes modais de transporte (ônibus, bicicleta, pedestre, transporte por aplicativo);
- Monitoradas por sensores de presença e câmeras de segurança;
- Bem iluminadas e com vista ampla para seu entorno;
- Otimizadas por IA para gestão de fluxo, distribuição de transporte e monitoramento em tempo real.

Do ponto de vista programático, as estações devem estar abertas a variedade de modais ao permitir transporte mais personalizado e com maior penetração na região. Seu *layout* deve ser constituído por espaços destinados à circulação de usuários, funcionários e veículos, plataformas de embarque e desembarque de transporte coletivo, pontos de embarque e desembarque de veículos particulares, disponibilidade de bicicletas compartilhadas e elétricas para ir de uma estação a outra. Devem permitir deslocamento acessível, seguro e bem sinalizado a todos seus usuários e aos diferentes tipos de limitação, com acesso democrático e seguro. Devem fornecer sombra e abrigo contra a chuva e se possível devem se integrar ao entorno por meio do paisagismo. Para isto devem estar localizados em espaços públicos de fácil acesso, com área disponível e que possam ser lidos como pontos nodais. Também devem permitir o desenvolvimento de outras atividades ao entorno da estação de mobilidade, como comercial, cultura e lazer.

Quanto à materialidade às estações e micro estações devem ser constituídas de materiais com alta durabilidade com caráter industrial que facilite limpeza e manutenções. Os materiais empregados também devem ser seguros para os deslocamentos internos ao perímetro das estruturas por parte de

meios de transporte e usuários. Também devem possuir caráter sustentável durante o processo construtivo e, se possível, em seu processo de fabricação.

A conectividade ofertada nas estações deve permitir o acompanhamento em tempo real das modalidades de transporte ofertadas e a personalização do trajeto e tomada de decisões informadas do usuário por meio de dispositivo próprio ou dispositivos fixos compartilhados. A estação e seu entorno devem ser bem iluminados e monitorados constantemente, assim como o trajeto de uma à outra, oferecendo percursos que amplificam a sensação de segurança, estimulam a adesão da população à proposta e reduzem riscos de acidentes. Painéis solares devem alimentar o consumo energético das estações e os sistemas de segurança, conectividade e iluminação integrados a ela. Também devem alimentar estações de carregamento para veículos elétricos por parte de seus usuários.

8.3 RESULTADOS ESPERADOS

Certamente a proposta é apenas uma medida complementar a soluções de maior impacto regional e metropolitano, como vias prioritárias para o deslocamento do BRT ou a extensão do metrô, que são grande indutores na melhora do fluxo e aumento da atratividade do transporte público em relação a opções modais menos sustentáveis e eficientes como as viagens individuais em carros particulares.

O principal impacto da proposta presente neste projeto está nos deslocamentos internos da região, que por consequência poderiam impactar positivamente os deslocamentos com outros destinos. Ao implementar medidas de micro trânsito que irrigam os bairros da região com opções de transporte mais rápidas e personalizadas é possível reduzir o volume de carros particulares se deslocando com finalidades internas a região, tornando mais eficiente o fluxo no principal eixo viário da região e, por consequência, tornando mais curto o tempo de deslocamento ao centro ou aos terminais de BRT ou metrô próximos a Venda Nova.

A proposta inclui a instalação de câmeras inteligentes com reconhecimento de padrões suspeitos, sensores de presença para alertas automáticos e integração com o sistema de monitoramento da Guarda Municipal. Estudos indicam que a aplicação de IA para análise preditiva de crimes pode reduzir em até 30% os índices de criminalidade em regiões periféricas, conforme relatórios do *Center for Data Innovation*.

Com isso, espera-se:

- Redução do tempo médio de deslocamento;
- Maior conforto e segurança para os usuários;
- Incentivo ao uso de transporte sustentável;

- Redução de incidentes de violência e maior sensação de segurança.

9 PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

A proposta de implantação de uma Estação Modular de Mobilidade Sustentável na Avenida Vilarinho, região de Venda Nova – Belo Horizonte contempla estrutura metálica leve, telhado verde, painéis solares, recarga para bicicletas e veículos elétricos, além de infraestrutura de segurança e acessibilidade.

Para estudo e pesquisa da melhor estação foi utilizado as Inteligências virtuais para geração de imagens foram usadas algumas inteligências artificiais, como PROMEAI, LEONARDO AI, ImageFX e CHATGPT. O prompt utilizado para a geração de imagens de todas as plataformas está descrito a seguir:

Generate a realistic image of an urban mobility station located in a peripheral area of the city of Belo Horizonte, Venda Nova, with a green roof and solar panels on the roof, a modular shelter with a light metal structure, a digital panel with artificial intelligence displaying routes in real time, an integrated bike rack, a self-service totem, environmental sensors, autonomous lighting and benches for waiting. A place to charge your cell phone and wait for ride-hailing vehicles. The space is accessible, safe, with a draining floor and vegetation around it, inserted in an urban neighborhood context with paved streets, wide sidewalks, pedestrian flow and a side bike path. Contemporary, functional and sustainable architectural style. Use the attached image as a reference, give me a rendering, put in this image electric bikes and charges for electric vehicles, with glass walls, and security camcorder.

Segue abaixo imagens geradas:

Figura 08: Estação Regional gerada pelo PromeAI



Fonte: PromeAI

Figura 09: Estação Regional gerada pelo Leonardo AI



Fonte: Leonardo AI

Figura 10: Estação Regional gerada pelo CHATGPT



Fonte: CHATGPT

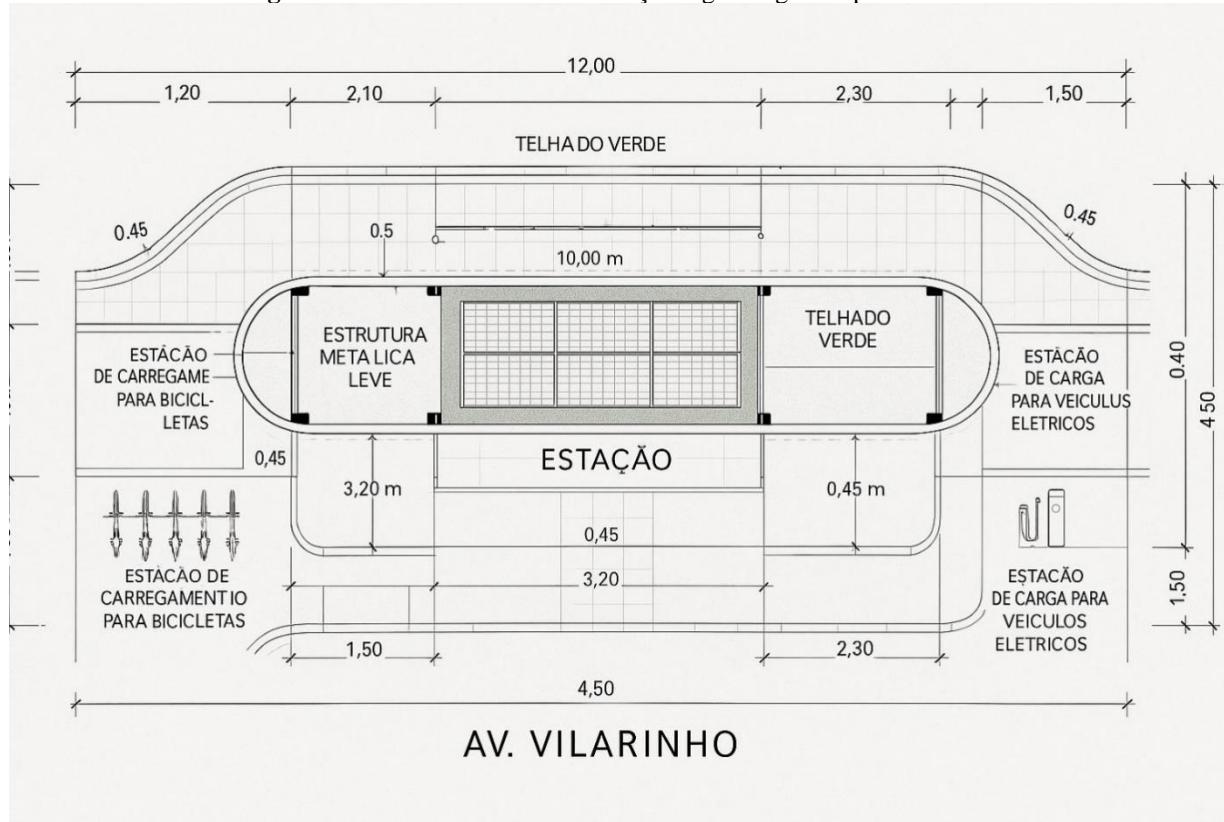
Figura 11: Estação Local gerada pelo ImageFX



Fonte: ImageFX

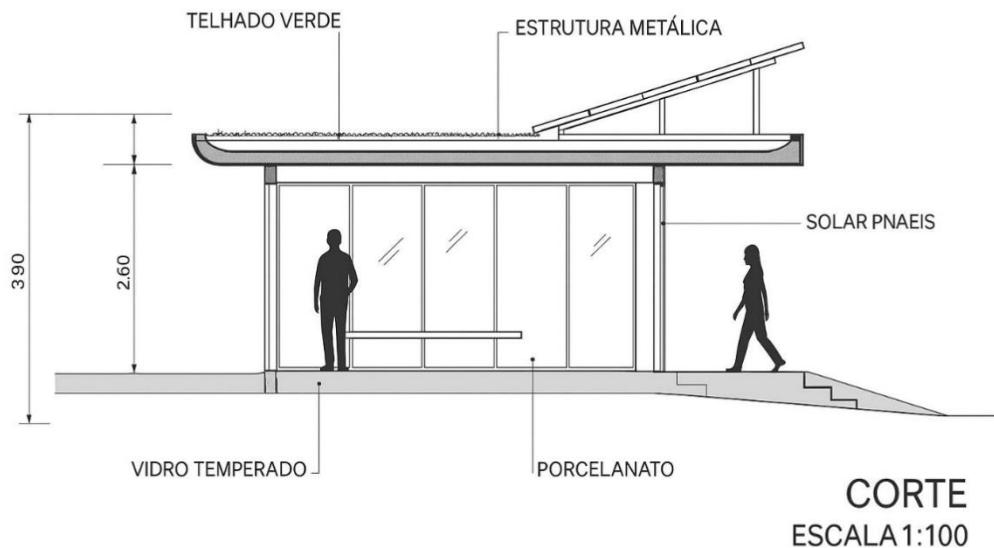
Para embasamento projetual, foi escolhido a simulação feita pelo ChatGPT e gerado a planta baixa técnica da estação com escala 1:100 e cortes esquemáticos.

Figura 12: Planta Baixa de uma estação regional gerada pelo ChatGPT



Fonte: CHATGPT

Figura 13: Corte de uma estação regional gerada pelo ChatGPT



Fonte: CHATGPT

10 PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

A aplicação de Inteligência Artificial em conjunto com micro estações de mobilidade tem o potencial de transformar a dinâmica de transporte e segurança urbana em Venda Nova e garantir maior acessibilidade, proteção e conforto aos moradores. A proposta visa não apenas otimizar trajetos, mas também promover um modelo de cidade inteligente e segura, alinhado aos princípios de urbanismo sustentável.

A proposta de micro estações/hubs modulares em Venda Nova representa uma abordagem inovadora na cidade de Belo Horizonte que integra a infraestrutura física com as capacidades da IA. Essa iniciativa se alinha perfeitamente com os princípios do *Crime Prevention Through Environmental Design* (CPTED) ao potencializar a vigilância natural, o controle de acesso e o reforço territorial por meio de tecnologias inteligentes. A IA, nesse contexto, apoia a resposta ao crime e influencia o design urbano e arquitetônico para criar ambientes intrinsecamente mais seguros e resilientes.

No entanto, a implementação da IA na segurança pública não está isenta de desafios éticos e regulatórios. Questões como a proteção da privacidade, o risco de viés algorítmico e a necessidade de uma regulamentação transparente e responsável são cruciais. O debate sobre a regulamentação da IA no Brasil reflete essa complexidade ao buscar equilíbrio entre a inovação tecnológica com a salvaguarda dos direitos fundamentais dos cidadãos.

No projeto, as micro estações foram posicionadas em pontos estratégicos para maximizar a integração modal e a segurança dos usuários ao reduzir a distância média até os pontos de transporte e promover maior conectividade entre os modais. A próxima etapa do projeto inclui a modelagem dos cenários futuros com base nos dados coletados neste trabalho, a representação cartográfica dos fluxos e a análise gráfica da previsão de redução de crimes, destacando a inserção das micro estações nos principais corredores de deslocamento.

Em síntese, a proposta delineada neste trabalho transcende a dimensão técnica e apresenta-se como um vetor de transformação urbana. Ao aliar infraestrutura modular inteligente a políticas públicas orientadas por dados, reforça-se a noção de um urbanismo inclusivo, resiliente e centrado no bem-estar coletivo, premissas essenciais para a construção de uma Cidade do Futuro em contextos periféricos como o de Venda Nova.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE, s.d.. Matrizes de Origem-Destino da RMBH. Disponível em: <https://www.agenciarmbh.mg.gov.br/bi-matriz-od-bilhetagem/>. Acesso em 15 de maio de 2025.

BUTLER, Luke; YIGITCANLAR, Tan; PAZ, Alexander. Smart urban mobility innovations: a comprehensive review and evaluation. *IEEE Access*, v. 8, p. 196034–196058, 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3034596.

CÂMARA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. Proposta no Novo Plano Diretor de Belo Horizonte. Seminário apresentado na Câmara Municipal de Belo Horizonte. Belo Horizonte: CMBH, 2018. Disponível em: https://www.cmbh.mg.gov.br/sites/default/files/eventos/10-11-_painel_de_estruturacao_urbana_-_maria_fernandes_caldas.pdf. Acesso em: 20 mai. 2025.

CHOI, W., NA, J., & LEE, S. (2024). Avaliação de sistemas CPTED inteligentes para apoiar a tomada de decisões de prevenção ao crime em centros de controle municipais. *Ciências Aplicadas*, 14 (15), 6581. <<https://doi.org/10.3390/app14156581>>. Acesso em 27 de maio 2025.

FAPESP, (2025). Agência FAPESP. Pesquisadores aplicam ciência de dados e inteligência artificial no combate ao crime. Publicado em 25 out. 2021. Disponível em: <<https://namidia.fapesp.br/pesquisadores-aplicam-ciencia-de-dados-e-inteligencia-artificial-no-combate-ao-crime/240163>>. Acesso em: 14 abr. 2025.

FGV EAESP. (2024). Pesquisa aponta que participação cidadã e governo aberto promovem cidades inteligentes. Disponível em: <https://eaesp.fgv.br/noticias/pesquisa-aponta-que-participacao-cidada-e-governo-aberto-promovem-cidades-inteligentes>. Acesso em 03 de maio de 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2022). Censo, disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/22827-censo-demografico-2022.htm>>. Acesso em 03 de maio de 2025. Prefeitura de Belo Horizonte. (2024).

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Panorama do Censo 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 20 mai. 2025.

CENTRO INTEGRADA DE OPERAÇÕES DE BELO HORIZONTE. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/seguranca/copbh>. Acesso em 03 de maio de 2025. Acesso em 03 de maio de 2025.

LOVECEK, *et al.* RadosloIncreasing the safety and security of strategic railway terminals through environmental and situational aspects. Publicado em: *Sustainable & Resilient Infrastructure*, 2025, v. 10, n. 2, p. 181, doi. 10.1080/23789689.2024.2403883.

Mapa de segurança publica. - 2024 <<https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/estatistica/download/dados-nacionais-de-seguranca-publica-mapa/mapa-de-seguranca-publica-2024.pdf>> . Acesso em 27 de maio 2025.

OLIVEIRA, G. L. N., GARCIA, R. A., LOBO, C.. Análise da densidade do fluxo de veículos no centro da cidade: o caso de Belo Horizonte-MG. *Cadernos do Leste*, Belo Horizonte, v. 18, nº 18, 2018.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. (2024). Belo Horizonte Cidade Inteligente – BHCI. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/cidade-inteligente>

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. (2024). BH é eleita referência em Sustentabilidade e Meio Ambiente. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/bh-e-eleita-referencia-em-sustentabilidade-e-meio-ambiente>. Acesso em 07 de maio de 2025.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. (2024). Plataforma Colaborativa Belo Horizonte Mais Segura. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/seguranca/bh-mais-segura>

RECH, Adir Ubaldo. *Inteligência artificial, meio ambiente e cidades inteligentes*. Caxias do Sul: Educs, 2020. 147 p. ISBN 978-65-5807-004-7.

SEJUSP-MG. (2025) <<https://www.seguranca.mg.gov.br/index.php/transparencia/dados-abertos>>. Acesso em 27 de maio de 2025.

SOUZA, Renata Guimarães Vieira de. *A expansão urbana da Região Metropolitana de Belo Horizonte e suas implicações para a redistribuição espacial da população: o caso do município de Nova Lima – 1991/2000*. 2005. Dissertação (Mestrado em Demografia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

WIKIPEDIA. Venda Nova. Disponível em: Venda Nova (região de Belo Horizonte) – Wikipédia, a enciclopédia livre. Acesso em: 31 maio 2025.