

Belo Horizonte, Zurich and Wuhan: a comparative analysis of transportation systems as a strategy for innovation and intelligence

Marcelo Maia ¹, Beatriz Carmo ¹, Marcela Marajó ¹, Natacha Rena ¹

¹ Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil
marcelomaia@ufmg.br; beatriz.carmoarq@gmail.com; varottomarcela@gmail.com;
natacha.rena@gmail.com

Abstract. Technological innovations such as 5G connectivity, the Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI) and 'Big Data' have fostered the development of Intelligent Transportation System (ITS) projects. It should be noted, however, that intelligence does not lie in the use of technological innovations, but in innovative urban planning practices that are developed in an environment of political intelligence. This finding is the result of a comparative study of urban transportation policies in the face of technological innovations between Belo Horizonte (Brazil), Zurich (Switzerland) and Wuhan (China). It uses 28 indicators divided into 6 Intelligence Areas based on smart cities rankings, empirical studies and related to Sustainable Development Goals (SDGs). The purpose of the analysis is to contribute to the improvement of urban transport services by guiding innovation and intelligence in urban transport policy.

Keywords: Virtual environments, Intelligent Transportation System, Digitalization of mobility, Smart cities, Political intelligence.

1 Introdução

Os avanços tecnológicos no campo digital têm sido amplamente discutidos, especialmente desde o início do século XXI. *Big Data*, Inteligência Artificial (IA) e Internet das Coisas (IoT) são exemplos desses avanços, que influenciam várias áreas do conhecimento e da vida humana. No campo do planejamento urbano e da gestão de cidades, a aplicação prática destas inovações é notada no termo cidade inteligente (Gibson, D., Kozmetsky, G., & Smilor, R., 1992). Nesse contexto, o transporte é um dos principais componentes de uma cidade inteligente, pois é um vetor de desenvolvimento e compreensão da dinâmica urbana e política.

Os *rankings* de cidades inteligentes são referências para o mapeamento e construção de indicadores. *Rankings* são importantes, uma vez que seus resultados podem auxiliar no planejamento e na gestão das cidades, no conhecimento de suas fragilidades e potencial, e na

competitividade para atrair investimentos e turistas (LAI; COLE, 2023). Para Lai e Cole (2023), os principais *rankings* dos últimos cinco anos e suas últimas versões são respectivamente: *Cities in Motion Index* (CIMI), 2020; *Digital City Index* (DCI), 2018; *Innovation Cities Index* (ICI), 2021; *Smart City Index* (SCI), 2021. Todos esses *rankings* incluem o transporte em seus critérios avaliativos. Uma importante consideração acerca dos *rankings* é a frequente presença de Zurich, uma das nossas áreas de estudo. No CIMI, DCI e SCI a cidade aparece, respectivamente, em décimo quarto lugar, décimo primeiro lugar e primeiro lugar.

A inteligência do sistema de transporte não está apenas no uso de recursos tecnológicos. Minimizar os problemas e trazer soluções para os desafios do sistema de transporte utilizando *softwares*, IA e *Big Data* é uma estratégia que quando combinada à uma inteligência de planejamento urbano, consolidam-se as soluções, tornando-as mais efetivas e direcionadas. A China, por meio de uma estratégia nacional de planejamento territorial, planejamento urbano integrado, se torna uma referência importante para se entender como a inteligência se apoia no desenvolvimento de uma infraestrutura que suporta o funcionamento dos serviços inteligentes em cidades. Em 2006 a China iniciou a construção de uma infraestrutura digital nacional que ficou conhecida como *city geo-spatial framework* - DCGF. Esta infraestrutura foi a base das cidades inteligentes na China, em que as próximas fases focaram em transitar de infraestrutura digital e representação virtual para serviços de informação e inteligência. O DCGF visa integrar diversas informações, como ambiente e características socioeconômicas, para apoiar o planejamento urbano, gestão e operações, melhorando os serviços públicos, a eficiência da governança e a conservação dos recursos, através da construção de uma estrutura de mapeamento de cidades e aplicação de tecnologias avançadas (WANG, 2019).

O *Transit Oriented Development* (TOD) é uma estratégia que busca integrar o uso do solo e a mobilidade urbana, priorizando o transporte público e visando uma cidade conectada e coordenada, com foco em transportes de baixo carbono, acesso fácil às estações e diversificação de usos nas áreas próximas. O TOD não abrange apenas o entorno imediato das estações, mas reorienta regiões urbanas inteiras em torno do transporte ferroviário, coordenando o desenvolvimento e a estrutura de transporte com um planejamento de uso do solo que considera uma rede estruturada sobre trilhos e conectada a outros modais locais (IBRAEVA, 2020). Esta inteligência está presente em Wuhan e em Zurich. Em Zurich em especial, a estatal SBB integra o sistema de transporte com projetos de equipamentos públicos e grandes empreendimentos imobiliários desenvolvidos junto com a ferrovia.

1.1 Belo Horizonte, Zurich e Wuhan

Um estudo comparativo de três áreas urbanas em contextos distintos (Belo Horizonte, no Brasil; Zurich, na Suíça; e Wuhan, na China) nos permitiu observar e analisar estratégias de inovação e inteligência em sistemas de transporte. A Região Metropolitana de Belo Horizonte, situada no estado de Minas Gerais, região Sudeste do Brasil, possui 4.927.200 habitantes em uma área territorial de 5.518 km². A Região de Zurich é um forte centro econômico da Suíça com 1.660.000 habitantes e uma área de 2.103 km². Por fim, a Região de Wuhan, situada na província de Hubei, China, possui 8.896.900 habitantes em uma área de 8.500 km².

O planejamento enquanto antecessor aos avanços tecnológicos no contexto chinês, bem como o advento da ascensão chinesa enquanto potência, são questões que despertam uma investigação acerca do desenvolvimento do país. A Suíça, enquanto um país historicamente desenvolvido e com elevados níveis sociais e econômicos, se mostra um caso fértil para a construção de indicadores de alta qualidade. O Brasil, que ainda carece de planos concisos de desenvolvimento e de melhor compreensão dos seus sistemas de transporte, se revela como possibilidade para aplicação de projetos de inovação.

A figura 1 é um diagrama elaborado pelos autores que recorta as 3 áreas de estudo com um círculo de raio de 26 km e as dispõe lado a lado numa mesma escala, possibilitando uma análise gráfica comparativa.

Imediatamente podemos visualizar a extensão de cada uma das redes de sistemas de transporte sobrepostas às áreas urbanizadas, evidenciando sua distribuição e capilaridade. É importante destacar que o recorte enfatizou a área urbanizada central e que, tanto Wuhan quanto a Região Metropolitana de Belo Horizonte, possuem uma grande área que está parcialmente ocupada ou sem ocupação fora do círculo. Os dados de cada área de estudo na Tabela 1 nos permitiu verificar a relação de km de sistema de transporte para cada 100 mil habitantes.

Nota-se também que os sistemas de transporte apresentam distribuições distintas dentro de um raio de 26 km nas três áreas de estudo. Precisamos considerar que, embora os sistemas de transporte de Wuhan possuam apenas 100 km a mais para uma população cinco vezes maior que a de Zurich, a cidade chinesa compensa essa diferença proporcional com um sistema de transporte de alta capacidade: o metrô. Em Wuhan, o sistema de metrô combinado com o sistema de trens de alta velocidade revela uma inteligência política voltada para o planejamento urbano regional semelhante à de Zurich.

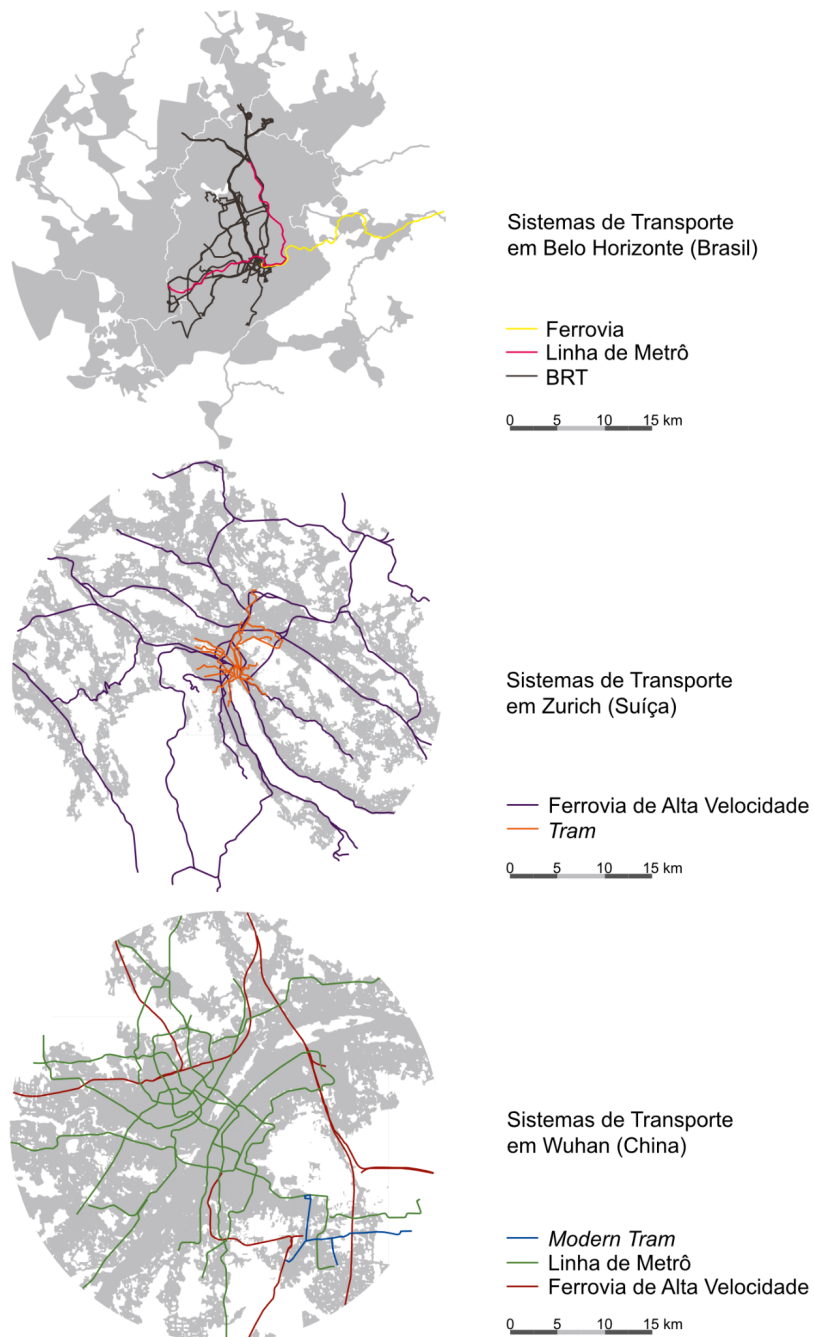


Figura 1. Extensão das redes de sistemas de transporte sobrepostas às áreas urbanizadas. Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Tabela 1. Relação entre densidade populacional e dimensão do sistema de transporte por área estudada.

	Belo Horizonte	Zurich	Wuhan
Habitantes	4.927.200	1.660.000	8.896.900
Área (km2)	5.518	2.103	8.500
Densidade (habitantes/km2)	892,9	789,3	1.046,7
Metrô (km)	28,1	0	460
VLT (km)	0	118,70	23,40
HSR / trem de passageiros (km)	23	469	124
BRT (km)	35	0	0
Total do Sistema de Transporte (km)	86,1	587,7	607,4
KM por 100 mil habitantes	1,7	35,4	6,8

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

2 Metodologia

A construção de indicadores faz parte de um processo empírico de estudos feito entre 2022 e 2023 quando visitas a campo alimentaram um banco de dados de referências, registros fotográficos, relatos e entrevistas.

Trabalhamos com 28 indicadores divididos em 6 áreas de inteligência: (i) usabilidade, acessibilidade e conforto; (ii) urbano/território; (iii) design e comunicação; (iv) serviços; (v) segurança; (vi) planejamento de horários (ver Tabela 2). As áreas de inteligência são um conjunto de soluções inovadoras adotadas nos sistemas de transporte que trazem avanços significativos para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Os 28 indicadores de inteligência são observados empiricamente *in loco* verificando sua implementação, implementação parcial ou não implementação de acordo com os seguintes critérios:

Área de Inteligência (i) **Usabilidade, acessibilidade e conforto**: (1) Conforto e conveniência: quando o sistema de transporte público é mais confortável que o sistema de transporte individual; (2) Pontualidade: quando o

sistema de transporte público é mais eficiente que o sistema de transporte individual garantindo precisão no horário de chegada programado; (3) Sem catracas: quando a venda de bilhetes e o controle de acesso é feito sem o uso de catracas.

Tabela 2. Relação dos ODS 3, 9, 11 e 12 com as 6 áreas de inteligência.

Área de inteligência	ODS
(i) Usabilidade, acessibilidade e conforto;	Saúde e bem-estar (número 3)
(ii) Urbano/ Território;	Indústria, Inovação e infraestrutura (número 9)
(iii) Design e comunicação; (iv) Serviços; (v) Segurança;	Cidades e comunidades sustentáveis (número 11)
(vi) Planejamento de horários;	Consumo e produção responsáveis (número 12)

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

Área de Inteligência (ii) **Urbano/ Território**: (4) Desenvolvimento do Território Integrado: quando o sistema de transporte está integrado ao plano de desenvolvimento urbano local e regional; (5) Parcerias Público-Privada: quando o sistema de transporte é planejado e construído juntamente com desenvolvedores do mercado imobiliário promovendo o desenvolvimento urbano de novas áreas ou a sua renovação; (6) TOD (*Transit Oriented Development*): quando uma área urbana de uso misto a uma distância média de 600 m de uma parada de trânsito se integra a uma área comercial central; (7) Projetos integrados: quando há projetos integrados de sistemas de transporte com arquitetura, paisagismo e desenho urbano.

Área de Inteligência (iii) **Design e comunicação**: (8) Comunicação visual: quando a sinalização segue padrões internacionais e com legendas em inglês, permitindo a orientação de usuários locais e turistas de outras nacionalidades; (9) Legibilidade: quando a sinalização é clara, de rápida leitura, evitando erros de acesso do usuário ao serviço. Comunicação visual clara e rápida da localização do usuário e identificação do destino do serviço; (10) *Design*: quando existe um *design* padronizado e identidade visual forte; (11) Comunicação digital: visualização em aplicativos de celular de informação de localização, serviços, origem e destino de forma clara e de fácil leitura; (12) Mapas e diagramas informativos: quando existe um *design* diagramático com visão integrada de todo o sistema.

Área de Inteligência (iv) **Serviços:** (13) Bilhete digital móvel: quando é possível adquirir bilhetes de uso do serviço digitalmente utilizando o telefone celular; (14) Tarifação por uso: quando existe uma inteligência para tarifar o serviço de acordo com o uso; (15) Bilhete digital móvel intermodal integrado: quando existe a possibilidade de fazer a integração com mais de um modal de transporte utilizando o mesmo sistema de bilhetagem; (16) Carteira digital: quando a compra do bilhete pode ser feita diretamente no acesso utilizando uma carteira digital; (17) Biometria: quando o acesso e o pagamento são integrados e feitos por reconhecimento facial; (18) Automatizado sem catraca: quando o acesso ao serviço é feito por agendamento de origem e destino e todo o processo de bilhetagem e pagamento é feito automaticamente; (19) Rotas inteligentes: quando é possível traçar rotas com opções de horários e modais de transporte; (20) Rotas e navegação inteligente nacional: quando é possível traçar rotas com destinos nacionais integrando serviços municipais e nacionais; (21) Rotas e navegação inteligente internacional: quando é possível traçar rotas com destinos internacionais integrando serviços municipais, nacionais e transnacionais; (22) Geolocalização em tempo real por estimativa: quando é possível acompanhar no APP a localização do meio de transporte baseado em dados de horários fornecido pelas empresas para compensar a imprecisão de sensores IoT; (23) Geolocalização em tempo real precisa: quando é possível acompanhar no APP a localização do meio de transporte em tempo real com precisão.

Área de Inteligência (v) **Segurança:** (24) Pessoa real: acesso ao sistema utilizando sistemas com verificação de pessoa real; (25) Reconhecimento facial: sistemas de segurança utilizando câmeras com reconhecimento facial.

Área de Inteligência (vi) **Planejamento de horários:** (26) Ajuste contínuo dos horários: revisão contínua dos horários de chegada e saída em pontos e estações de embarque e desembarque considerando dados históricos do fluxo de passageiros e previsão de demandas; (27) Ajuste em tempo real dos horários: ajuste em tempo real de horários de chegada e saída em pontos e estações considerando dados históricos do fluxo de passageiros, previsão de demandas e demandas de usuários coletadas em tempo real; (28) Agendamento de horários: planejamento integrado de horários em rede tornando fluidas as conexões entre linhas e serviços em diversas escalas - local, regional, nacional e internacional.

Para cada indicador aplica-se um peso onde 2 significa implementado, 1 parcialmente implementado ou em implementação e 0 não implementado. A soma dos pesos é normalizada, resultando em uma nota para cada Área de Inteligência entre 0 e 1 e uma média geral da soma de todas as Áreas de Inteligência.

Ao incluir a China, a presença de um Estado forte passou a ser objeto de estudo. Consequentemente, passamos a observar o nível de envolvimento do Estado nos sistemas de transporte, o que acabou por ampliar os indicadores revelando um nível de inteligência política: o projetamento (RANGEL, 2012)¹. Deste modo criamos indicadores numa escala (ver figura 2) que tem seu nível máximo de envolvimento do Estado quando temos a Administração Pública Direta, seguido por níveis de Administração Pública Indireta onde o Estado se afasta gradualmente. Os indicadores se tornam negativos quando estão fora da Administração Pública e no seu maior extremo, quando identifica-se a atuação de *Big Techs* e empresas de alta tecnologia transnacionais. Os dois extremos da escala são hipóteses extremas não identificadas em situações reais. A realidade é uma gradação entre os dois extremos da escala.

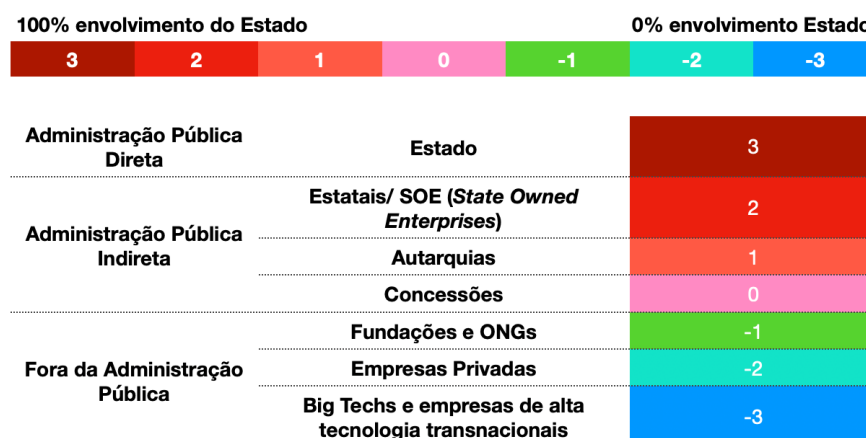


Figura 2. Escala do Nível de Envolvimento do Estado no Sistema de Transporte.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

As notas foram normalizadas entre 1 e -1 observando o nível de envolvimento do Estado na **(A) Segurança e Monitoramento das Operações**, (a) controle e monitoramento; **(B) Serviços**, identificando quem faz a (b) gestão do serviço; quem possui a (c) propriedade intelectual dos

¹ O conceito de projetamento de Ignácio Rangel (2012) consiste em: (1) planejamento do Estado: O Estado define as diretrizes gerais para a economia, investe em setores-chave, fornece infraestrutura e regula a atividade econômica. (2) projetos da iniciativa privada: Sob a orientação do Estado, a iniciativa privada deve investir e implementar projetos específicos, desempenhando um papel ativo no desenvolvimento urbano. O propósito deste artigo não é aprofundar a discussão deste conceito, entretanto, é importante salientar sua relevância para o presente estudo. Esta elaboração conceitual contou com a supervisão do Prof. Elias Jabbour da FACE-UERJ / Grupo de Pesquisa CNPq Nova Economia do Projetamento.

sistemas que suportam a operação; (d) quem possui a propriedade intelectual dos aplicativos e interfaces digitais entre sistema e usuário; e (e) quem possui a propriedade dos dados. E por fim, observando o envolvimento do Estado na **(C) Propriedade Material Operacional** de (f) equipamentos e veículos e da (g) Infraestrutura (vias, abrigos, pontos de ônibus, estações, etc.) Como forma de verificação da construção dos indicadores, simulamos o serviço Uber em Belo Horizonte como exemplo da atuação de uma *Big Tech* transnacional no sistema de transporte local (TOZI, 2020). O indicador demonstra o envolvimento mínimo do Estado conforme o esperado.

3 Resultados

O indicador de Nível de Inteligência no Sistema de Transporte (NIST) é fundamentado no conceito de projeto (RANGEL, 2012) (JABBOUR, 2017). A figura 3 apresenta um gráfico elaborado pelos autores que permite uma visualização mais abrangente dos resultados. Destacam-se os serviços de Zurich com 0,91 pontos, seguidos por Wuhan com 0,41 pontos. A participação direta da estatal SBB em todos os serviços, especialmente no desenvolvimento da interface do usuário, facilita a coleta de dados para um sistema inteligente de gestão e controle. Wuhan se destaca na segurança das operações, obtendo 1 ponto, enquanto Zurich alcança 0,25 pontos. Wuhan se destaca pelo uso abrangente de Big Data e IA, complementado pelo assessoramento humano nas operações. A tecnologia redefine o trabalho dos agentes de segurança em Wuhan, com máquinas assumindo funções de defesa e vigilância, permitindo que os agentes se concentrem em cuidado e assistência.

Em contraste, Belo Horizonte viu a IA eliminar postos de trabalho nos sistemas de transporte, prejudicando as condições de trabalho dos motoristas e removendo o apoio humano aos usuários dos ônibus. Wuhan expandiu o apoio humano com tecnologia nas estações, plataformas e trens, com foco nas necessidades das pessoas. Os sistemas de transporte de Belo Horizonte envolvem vários atores em suas operações, incluindo a BHTrans, a Transfácil, empresas de transporte representadas pelo Sindicato das Empresas de Transporte de Belo Horizonte (SETRA) e a Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU). A BHTrans é a autarquia municipal responsável pela gestão dos contratos de transporte coletivo. A Transfácil opera o sistema de bilhetagem eletrônica com o cartão BHBUS, integrado ao App BHBUS+. Até 2022, o Metrô de Belo Horizonte era da CBTU, mas agora é operado pela Metrô BH S.A., parte do Grupo Comporte. Os ônibus metropolitanos usam o cartão Ótimo, incompatível com o BHBUS+.

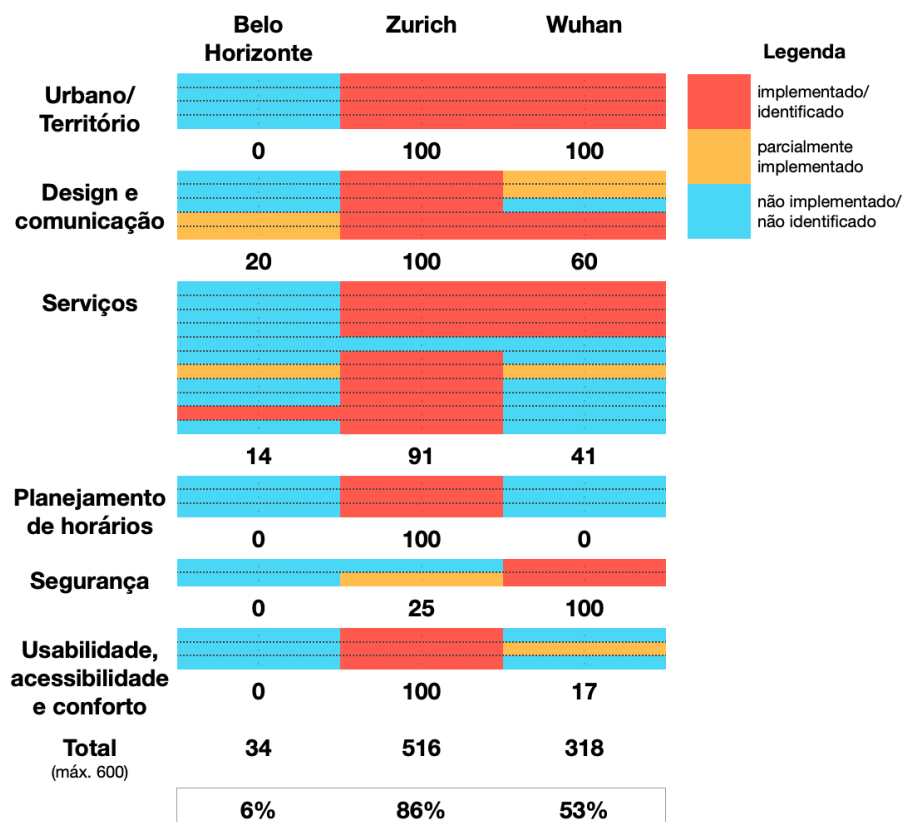


Figura 3. Indicadores de Inteligência no Sistema de Transporte (NIST). Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

Essa fragmentação não ocorre em Zurich e Wuhan. Em Zurich, as ferrovias são da estatal Schweizerische Bundesbahnen (SBB), e o bonde é da estatal Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ). Em Wuhan, o *modern tram* é administrado pela Wuhan Optics Valley Modern Tram Operation Co., Ltd., as linhas de metrô pela Wuhan Metro Operation Co., Ltd. e as ferrovias de alta velocidade pela China Railway Wuhan Bureau Group Co., Ltd..

A figura 4 mostra o envolvimento do estado: Zurich (0,67), Wuhan (0,57) e Belo Horizonte (-0,19, resultado negativo). O alto envolvimento do Estado na China possibilitou uma velocidade e escala de desenvolvimento e inovação territorial nunca antes visto na história. Mas sob um aspecto mais abrangente, o Estado se faz mais presente na Suíça, resultado de uma inteligência política que tem se consolidado há mais de um século. O desenvolvimento e

inovação territorial na Suíça não é tão veloz quanto na China, mas seus aspectos inovadores são sólidos.

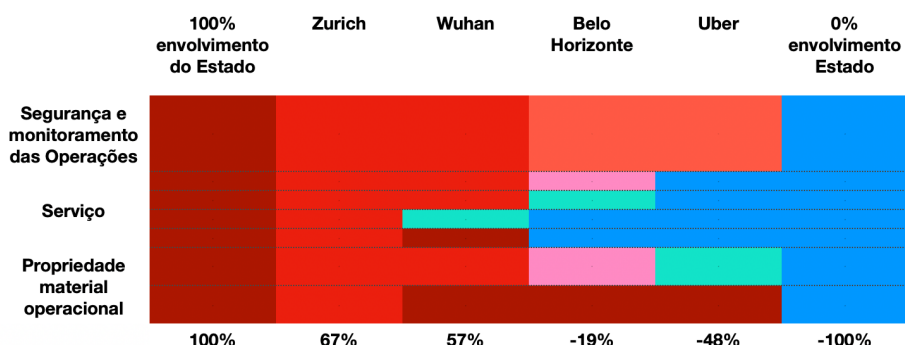


Figura 4. Indicadores do nível de envolvimento do estado no sistema de transporte.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

A China, por sua vez, considerando seu potencial e seu recente processo de desenvolvimento dos sistemas de transporte, provavelmente ultrapassará a Suíça em um futuro próximo com inovações particulares e características chinesas. Em Belo Horizonte o estado se afasta, abre espaço para *Big Techs* transacionais causarem uma disruptura no sistema de transporte existente e não cria um ambiente favorável à inovação. O desenvolvimento por sua vez está completamente estagnado por falta de uma sólida inteligência política que promova o projeto.

4 Considerações finais

O estudo indica que o planejamento prévio é crucial antes da adoção de tecnologias como *Big Data*, Inteligência Artificial e IoT. Isso é evidente tanto no caso suíço quanto no chinês, onde a inteligência já existia antes da implementação das novas tecnologias. Os avanços tecnológicos amplificaram os benefícios de sistemas bem planejados. Além disso, o envolvimento do Estado é um indicador relevante de inteligência, como demonstrado no caso suíço.

A análise mostra que a inteligência precede a disponibilidade de recursos tecnológicos, e a mera presença de tecnologia não garante um sistema inteligente. A inteligência pré-existente nos arranjos socioespaciais e políticos é aprimorada com novas tecnologias e dados. Isso é parte do processo de digitalização, abrangendo áreas urbanas, governança e serviços.

É perceptível que o termo disruptivo insinua uma ruptura, processo este que se opõe ao desenvolvimento contínuo oriundo do planejamento estatal. Assim sendo, o planejamento executado pelo Estado serve como a fundação da inteligência, visto que as tecnologias disruptivas, por si só, não trazem uma transformação positiva. O estudo realizado por Fábio Tozi (2020) argumenta que empresas disruptivas, como a Uber, exercem um impacto notável no território, desafiam a soberania do poder público e não enfrentam os dilemas centrais da urbanização no Brasil, incluindo deslocamentos provocados pela periferação, inadequação das infraestruturas de transporte e fragmentação socioespacial de atividades e instituições.

Por fim, finalizamos este artigo agradecendo a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fomento, e ao suporte da Faculdade de Ciências Econômicas da UERJ e da *School of Architecture and Urban Planning* da *Huazhong University of Science and Technology* (HUST) em Wuhan, China.

Referencias

- Gibson, D., Kozmetsky, G., & Smilor, R. (1992). *The Technopolis Phenomenon*. Rowman & Littlefield Publishers.
- Ibraeva, A., Correia, G. H. A., Silva, C., & Antunes, A. P. (2019). Transit-oriented development: A review of research achievements and challenges. Elsevier, volume 132, pp. 110-130. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.10.018>
- Jabbour, E., Dantas, A. (2017). The political economy of reforms and the present Chinese transition. *Brazilian Journal of Political Economy*, vol. 37, nº 4 (149), pp. 789-807. <https://doi.org/10.1590/0101-31572017v37n04a08>
- Lai, C. M. T., & Cole, A. (2023). Measuring progress of smart cities: Indexing the smart cities indices. Elsevier B. V. *Urban Governance*, Volume 3, pp. 45 - 57. <https://doi.org/10.1016/j.ugj.2022.11.004>
- Rangel, I. (2012) *Obras Reunidas* (Third ed.). Contraponto: Centro Internacional Celso Furtado de Políticas para o Desenvolvimento.
- Tozi, F. (2020). Da nuvem ao território nacional: uma periodização das empresas de transporte por aplicativo no Brasil. *Ge USP – Espaço e Tempo* (On-line), v. 24, n. 3, pp. 487-507. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.ge USP.2020.168573>
- Wang, H., Zhang, M., & Zhong, M. (2019). Opportunities and Challenges for the Construction of a Smart City Geo-Spatial Framework in a Small Urban Area in Central China. *Smart Cities*, volume 2, pp. 245-258. <https://doi.org/10.3390/smartcities2020016>