

Modelagem da Paisagem e o Descompasso entre Projeto e Território:

A construção de um ‘framework’ para análise da acessibilidade às oportunidades por meio do BRT em Cuiabá-MT

SESSÃO TEMÁTICA: ET6 - Tecnologia e inovação na paisagem

Arthur Assis Esteves Silva
Universidade Federal de Mato Grosso
E-mail: arthur.silva3@sou.ufmt.br

Doriane Azevedo
Universidade Federal de Mato Grosso
E-mail: doriane.azevedo@gmail.com

Affonso Ciekalski Soares Campos
Universidade Federal de Mato Grosso
E-mail: affonsocscampos@gmail.com

RESUMO

A implantação do BRT em Cuiabá revela contradições entre o discurso da política de mobilidade sustentável e as práticas de planejamento que ignoram a paisagem. A infraestrutura, ao ser implantada sem considerar condicionantes urbanísticas, ambientais e socioeconômicas (distâncias reais, qualidade dos trajetos, presença de territórios vulneráveis), integra um sistema não efetivo em prover acessibilidade a oportunidades de trabalho, lazer e serviços. Este artigo investiga o descompasso entre projeto e gestão ao analisar como a paisagem urbana influencia o deslocamento da população domiciliada até as estações do BRT, mobilizando metodologias de análise espacial (urbana) que qualifiquem os trajetos disponíveis à população, integrando modelagem algorítmica e dados censitários (IBGE) para calcular o Índice de Acessibilidade (ÍndAc), qualificando a equidade dos moradores de 16.684 domicílios. Os resultados evidenciam que o custo percebido dos percursos triplica devido aos condicionantes da paisagem; 93,1% das residências encontram-se fora do limiar aceitável de caminhabilidade (800m) e domicílios de alta vulnerabilidade apresentam ÍndAc 45% menor que os de baixa. Conclui-se que o projeto contraria a Política Nacional de Mobilidade Urbana, demonstrando que infraestrutura sem paisagem não produz acessibilidade efetiva, mas distância e exclusão para aqueles que dependem do transporte público para se apropriarem do território.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de Acessibilidade; Análise Espacial; Paisagem Urbana; BRT – Cuiabá/MT; Desigualdade Socioterritorial.

ABSTRACT



The implementation of the BRT system in Cuiabá exposes contradictions between the discourse of sustainable mobility policy and planning practices that disregard the landscape. By being deployed without considering urban, environmental, and socio-economic constraints (actual distances, route quality, and the presence of vulnerable territories), the infrastructure becomes ineffective in providing accessibility to opportunities such as employment, leisure, and services. This article examines the misalignment between project design and system management by analyzing how the urban landscape influences the journeys taken by residents to reach BRT stations. It employs spatial analysis methodologies that qualify the routes available to the population, integrating algorithmic modeling and census data (IBGE) to calculate the Accessibility Index (ÍndAc) and assess the equity of 16,684 households. The results show that the perceived cost of routes triples due to landscape constraints; 93.1% of residences lie beyond the acceptable walkability threshold (800 m); and households with high vulnerability have an ÍndAc 45% lower than those with low vulnerability. The study concludes that the project contradicts the National Urban Mobility Policy, demonstrating that infrastructure without landscape considerations does not produce effective accessibility, but rather distance and exclusion for those who rely on public transport to appropriate urban territory.

KEYWORDS: Accessibility Index; Spatial analysis; Urban landscape; BRT – Cuiabá/MT; Equity.

1 INTRODUÇÃO

A acessibilidade às oportunidades por meio do transporte público coletivo constitui um dos fundamentos das políticas urbanas contemporâneas e é central para a efetivação do direito à cidade e ao território (Pereira *et al.*, 2016). A Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei nº 12.587/2012) e a Carta da Paisagem das Américas (2021) estabelecem que os serviços de transporte público coletivo e a infraestrutura do sistema de mobilidade urbana tem por objetivo garantir acesso universal a bens, serviços e equidade nas oportunidades urbanas, integrando os modos motorizados e não motorizados de transporte. Nesse contexto, sistemas de média e alta capacidade, como o *Bus Rapid Transit* (BRT), são apresentados como soluções capazes de induzir maior eficiência, sustentabilidade e inclusão da maioria da população, especialmente em situação de vulnerabilidade (Brasil, 2001; 2012). Todavia, a efetividade desses sistemas depende da articulação entre as condições reais da paisagem urbana e a infraestrutura instalada.

Neste artigo, investigamos como a relação da paisagem urbana (compreendida como o conjunto de elementos morfológicos, urbanísticos, ambientais e socioespaciais) e o perfil social, renda e demográfico da população, afeta a acessibilidade a um modal de média/alta capacidade, tomando como caso empírico a instalação do BRT em Cuiabá, na linha da Avenida Historiador Rubens de Mendonça (no trecho compreendido entre o Viaduto com a Av. Miguel Sutil e o entroncamento com a Av. Djalma Ferreira de Souza¹). Embora concebido como infraestrutura ordenadora do território (urbano) pelo Governo Estadual, o novo serviço de transporte foi projetado sem demonstrar preocupação (em seus estudos de impacto) com as diversas condicionantes existentes do entorno, dentre elas: distâncias reais e não euclidianas, declividades acentuadas, e a existência de um

¹ Recorte definido a partir da intersecção entre setores censitários contidos nos limites do buffer, gerado a partir de um raio de 1km das estações.



tecido urbano com vulnerabilidades socioespaciais significativas. O cenário modelado evidencia um problema central: a infraestrutura em implantação não aborda mecanismos para eliminar ou reduzir barreiras presentes na paisagem atual, que dificultam o acesso equitativo da população, sobretudo daquela em condição de maior vulnerabilidade socioeconômica, colocando em dúvida a efetividade do sistema BRT enquanto política pública que agregue para o pleno desenvolvimento da função social da cidade.

O debate sobre a paisagem urbana (Magnoli, 2006; ABAP, 2010). reforça a importância de considerar condicionantes ambientais, a continuidade e a forma do tecido urbano, no planejamento e qualificação dos trajetos de deslocamentos ativos. As pesquisas sobre acessibilidade e modelagem urbana (Geurs & Van Wee, 2004; Cervero & Kockelman, 1997) demonstram que métricas simplistas, — raio de distância euclidiana — não captam o grau de acessibilidade a estações de transporte público, já que a mesma, depende da experiência real encontrada pela população em seus trajetos, sendo necessário desenvolver uma modelagem multicriterial do território (Zhao; Deng, 2013; Pereira *et al.*, 2016), evidenciam como os diferentes perfis socioeconômicos e as diferentes configurações socioespaciais do território, impactam a equidade do acesso a oportunidades, tendo os sistemas públicos de transporte efetivos como peças-chave para mitigar esses cenários. Os estudos sobre DOTS/TOD (ITDP, 2017; WRI Brasil, 2018) reforçam que a efetividade de sistemas estruturantes de alta capacidade depende do grau de acessibilidade via modos não motorizados e dos padrões de uso do solo.

Diante desse contexto, questiona-se como a configuração da paisagem urbana e o perfil etário e econômico da população no território recortado, pode influenciar os trajetos até as três estações do BRT do trecho analisado. A investigação parte da hipótese de que a distância física linear (frequentemente utilizada como métrica de planejamento é insuficiente para descrever o acesso efetivo. Pressupõe-se que, fatores como a conectividade da malha viária e suas dimensões transversais, ganho de elevação cumulativo, aspectos quantitativos e qualitativos da infraestrutura urbana e da (des)agradabilidade ao pedestre, produzem trajetos mais longos, penosos e desiguais, ainda que geograficamente próximos das estações, esse conceito será trabalhado como Impedância Multicriterial, e os dados do Censo 2022 que caracterizam o perfil socioeconômico da população dos setores censitários dos trajetos. Para responder a essa pergunta, o estudo adota como objeto os trajetos entre Domicílios Particulares Permanentemente Ocupados provindos do CNEFE/IBGE 2022 e as futuras estações do BRT: Bosque da Saúde, Terra Nova e Centro Político. O objetivo geral consiste em construir um framework de um Índice de Acessibilidade (ÍndAc) calibrado à realidade local para mensurar a equidade socioespacial. Desdobram-se desse objetivo quatro propósitos específicos: i) Sistematizar as diferentes bases de dados e seus formatos em um único ambiente GIS por meio de algoritmos; ii) Desenvolver uma Impedância Multicriterial que quantifique como os diferentes atributos urbanísticos e ambientais existentes, qualificam os trajetos entre domicílios e estações; iii) Agregar a dimensão físico/espacial representada pela Impedância Multicriterial com os Dados Censitários do Censo 2022, construindo assim, o ÍndAc e iv) Mensurar o nível de equidade socioespacial da acessibilidade, por meio do ÍndAc desenvolvido, de modo a avaliar os padrões identificados à luz dos princípios do Desenvolvimento Orientado pelo Transporte Sustentável (DOTS) e da Política Nacional de Mobilidade Urbana.

O artigo busca, assim, fornecer evidências que esclareçam a relação entre a paisagem à mobilidade em Cuiabá, contribuindo para o aprimoramento de políticas públicas orientadas à equidade no transporte e à justiça distributiva, na perspectiva da gestão e



planejamento urbano. Assim, reforça-se a necessidade de incorporar metodologias de análise espacial mais precisas e sensíveis ao contexto local no processo de concepção de projetos, de modo que seja concebido Sistemas de Transporte Urbanos que cumpram com a função social de garantir o acesso universal a oportunidades e reduzir assimetrias no território, (re)qualificando a paisagem.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA

A investigação da acessibilidade nas cidades exige a superação de abordagens setoriais que tratam o transporte e o uso do solo como esferas independentes. Para compreender a efetividade de sistemas de alta capacidade, como o BRT de Cuiabá, foi necessário articular três dimensões teóricas fundamentais: a paisagem urbana entendida como sistema de objetos, entre eles, os espaços livres de circulação, e processo social; os princípios do Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS) como paradigma normativo, e a acessibilidade com métrica a ser incorporada na leitura das desigualdades socioterritoriais.

Para superar a visão da paisagem apenas como cenário passivo, este estudo adota a conceituação crítica fundamentada por Miranda Magnoli (2006), que a define não como uma imagem estática, mas como a morfologia resultante da interação dinâmica entre a lógica dos processos do suporte biofísico (geologia, clima, relevo) e a lógica dos processos sociais e culturais (apropriação, construção, legislação). Nessa perspectiva, que dialoga com documentos como a Carta da Paisagem das Américas (ABAP, 2010), a paisagem é compreendida como uma formação social e uma acumulação desigual de tempos e ações, refletindo as contradições e conflitos da sociedade que a produz. Trata-se, portanto, do recorte de um território apreendido pela experiência sensível e inteligível, revelando-se em um *continuum* de sistemas vivos, naturais e culturais interdependentes, constituindo uma totalidade sintética no espaço e no tempo.

No contexto da mobilidade urbana, o foco recai sobre o conceito de "espaços livres de edificação", definidos por Magnoli não como vazios ou resíduos, mas como todo espaço não ocupado por volume edificado — incluindo ruas, praças, calçadas e o próprio sistema viário. É nesse sistema de espaços livres que ocorre a vida comunitária e o deslocamento cotidiano. Portanto, a rua e a calçada não são apenas infraestruturas de tráfego, mas elementos estruturantes da paisagem que devem responder às necessidades humanas de circulação e permanência. Quando o planejamento de transporte ignora a configuração (e atributos) desses espaços — sua declividade, sua arborização (ou falta dela) e sua continuidade —, ele ignora a própria dimensão pública e democrática da cidade. Em paralelo, o Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS), ou *Transit-Oriented Development* (TOD), estabelece o modelo ideal para a integração entre transporte de massa e o uso do solo. Seus princípios fundamentais — densidade, diversidade e desenho (os "3Ds" de Cervero e Kockelman) — dependem intrinsecamente da qualidade do sistema de espaços livres descrito anteriormente. O sucesso de um sistema estrutural depende da solução do problema da "última milha" (*last mile*). A literatura aponta que a *catchment area* (área de captação) teórica é definida por raios de 400 a 800 metros. No entanto, a efetividade desta captação é determinada pela "configuração física do espaço livre". Se a distribuição e a configuração desses espaços (calçadas, travessias) não dialogam com as condicionantes do suporte natural (como a topografia) nem com as demandas sociais, cria-se uma ruptura. Compreendemos que espaços livres mal configurados (seja pela ausência de intervenções adequadas, falta de



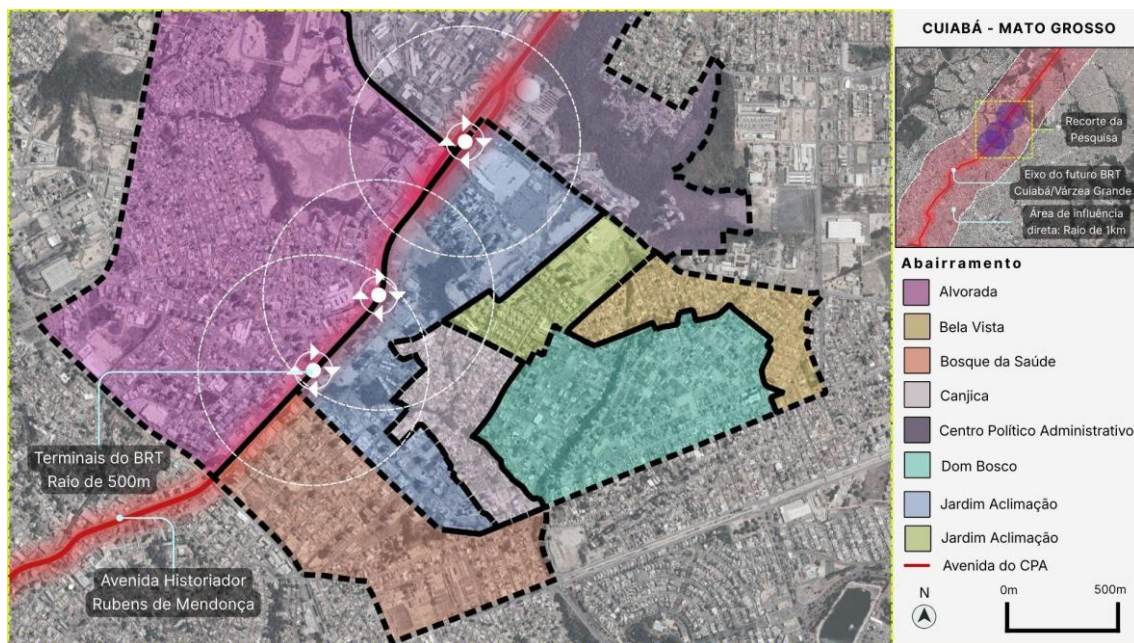
manutenção e /ou conservação) rompem a continuidade dos assentamentos, inviabilizando a integração proposta pelo DOTS. Da mesma forma, a acessibilidade, garantida como direito pela Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei nº 12.587/2012), deve ser entendida como a facilidade com que indivíduos alcançam destinos. Contudo, a produção do espaço urbano brasileiro é marcada pela segregação como norma de estruturação social e pela distribuição desigual de infraestruturas, configurando um cenário de iniquidade socioterritorial onde a expansão urbana não foi acompanhada pela oferta de serviços e transportes necessários (Vasconcellos, 2001; 2013).

A paisagem, como produto social, registra essas desigualdades. A falta de arborização em bairros periféricos ou a ausência de calçadas adequadas não são acidentes, mas expressões físicas de uma estrutura social que privilegia determinados territórios. O conceito de "injustiça ambiental" se aplica aqui: populações vulneráveis frequentemente ocupam áreas com topografia mais complexa e menos infraestrutura, acumulando desvantagens de mobilidade. Analisar a acessibilidade exige, portanto, reconhecer que a paisagem é um sistema de poder que pode legitimar ou combater a exclusão. Para traduzir a complexidade conceitual da paisagem em diagnóstico operativo, recorreremos às tecnologias de análise espacial que, embora tragam uma abordagem quantitativa, ainda assim, não buscam reduzir a paisagem a números, mas utilizar a modelagem para revelar as barreiras físicas que a análise tradicional ignora. Essa metodologia alinha-se à necessidade de construir um "quadro de referência" capaz de articular as bases naturais e as ações sociais em diferentes escalas para compreender e operar sobre a realidade urbana.

2.1 Definição da área de estudo

O recorte territorial deste estudo está situado no encontro das regiões administrativas Norte, Oeste e Leste, com o seguinte abairramento (Figura 1). É uma área caracterizada por perfis socioeconômicos e características urbanístico-ambientais diferentes (unidades morfológicas urbanas). A escolha desse recorte responde ao entendimento de que a acessibilidade às oportunidades (trabalho, lazer, conforme pesquisas recentes do IPEA) através do transporte público depende, antes de tudo, das condições que estruturam o caminho entre os pontos de origem e os de destino. Assim, priorizou-se a análise da paisagem como sistema urbanístico-ambiental e socioeconômico, buscando compreender como a paisagem influencia o deslocamento cotidiano da população dos 19 setores censitários e seus 16.684 domicílios, até as três estações do BRT presentes no recorte.

Figura 1: Situação de recorte da área de estudo.



Fonte: Dados da Prefeitura Municipal de Cuiabá. Elaboração/Organização dos Autores.

2.2 Construção do Índice de Acessibilidade

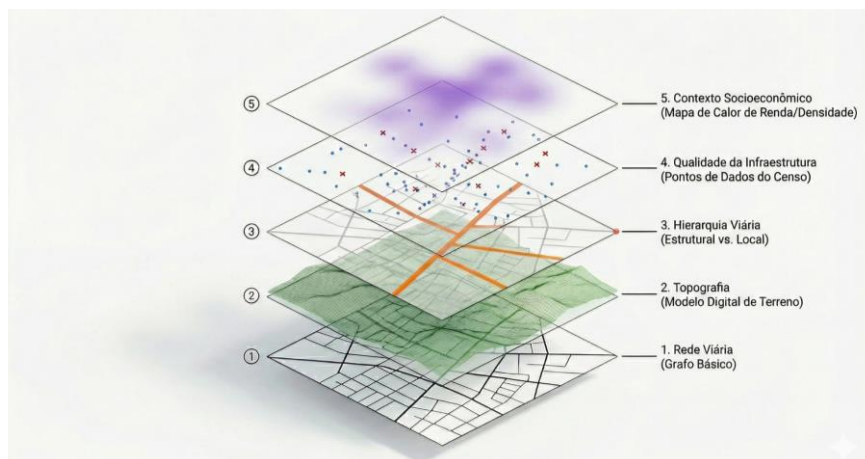
Para a construção do ÍndAc são necessários os dados seguintes: a rede viária, a impedância multicriterial, vulnerabilidade, demografia e renda. A obtenção e o tratamento dessas variáveis são apresentados a seguir:

O sistema viário do recorte foi convertido, por meio do pacote NetworkX, em um grafo direcionado (*MultiDiGraph*), onde as interseções funcionam como nós e as vias como arestas. Este é um fator relevante já que a utilização de grafos viários se mostra adequada em estudos de acessibilidade por permitir a simulação de trajetos reais, substituindo a distância euclidiana pela distância real (Levinson; El-Geneidy, 2009).

A função de Impedância Multicriterial funciona como elemento qualificador dos trajetos a serem calculados no algoritmo do ÍndAc. as qualidades da paisagem em valores numéricos de "custo" de deslocamento, permitindo que o algoritmo computacional mensure as barreiras do ambiente construído. Para desenvolver a impedância como preconizada por Geurs e Van Wee (2004, p. 128), agrupamos os fatores em 5 dimensões (Figura 2), sendo elas:

- Rede viária em grafo;
- Modelo Digital de Terreno;
- Hierarquia Viária;
- Infraestrutura Urbanística;
- Contexto socioterritorial.

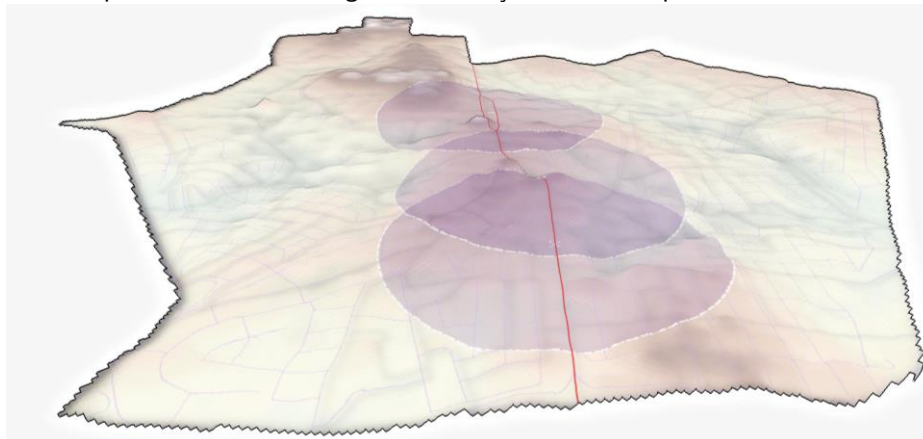
Figura 2: Dimensões utilizadas para calcular a impedância de cada segmento viário.



Fonte: Elaboração dos Autores.

Foram utilizados os dados do satélite ALOS PALSAR para obter o Modelo Digital de Terreno (MDT) com resolução de 12,5m, via processamento no Software QGIS (Figura 3). A partir do MDT, foi possível calcular a declividade, métrica importante, pois pedestres tendem a evitar rotas com topografia acentuada em favor de caminhos planos (mesmo que mais longos) (Cervero; Kockelman, 1997). Em seguida, aplicou-se a função contínua de custo de deslocamento proposta por Tobler (1993), obtendo o custo de subir e descer cada trecho viário. A figura 4 especializa os resultados dessa classificação.

Figura 3: Perspectiva do Modelo Digital de Elevação obtido via processamento GDAL/QGIS.



Fonte: Elaboração própria. Dados: ALOS PALSAR.

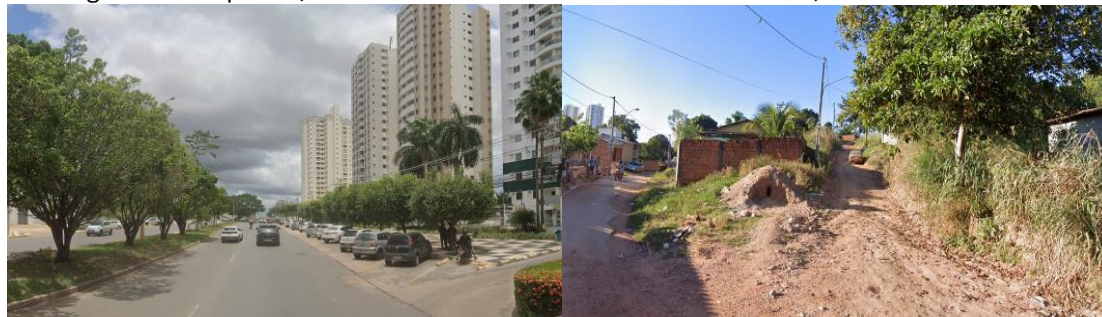
Figura 4: Área de estudo, com a declividade representada em cores no grafo viário.



Dados: ALOS PALSAR, Prefeitura de Cuiabá. Elaboração/Organização dos Autores.

A Hierarquia Viária atribuída pela legislação municipal na Lei Complementar nº 232, de 2011 para cada via, é outro fator utilizado na construção da impedância multicriterial de cada via. Trata-se de uma simplificação para o cálculo computacional — necessária no contexto do sensoriamento remoto — numa tentativa de adaptar o conceito de agradabilidade ‘walking quality’ (Cervero; Kockelman, 1997). Para realizar tal adaptação, apoiou-se nos estudos de Jiang et al. (2012) para considerar a hierarquia funcional como uma forma de capturar os atributos latentes, como a largura da caixa viária e, consequentemente — no contexto de Cuiabá —, o tamanho das calçadas, a linearidade da implantação do traçado, o fluxo, e a prioridade de manutenção por iniciativa do poder público, questões não mensuradas mensurados pelo Censo 2022. Conforme observação empírica do recorte territorial, uma via local apresenta menor agradabilidade que um eixo estrutural (Figura 5).

Figura 5: À esquerda, via estrutural: Av. Dr. Hélio Ribeiro. À direita, via local: Rua Vinte.

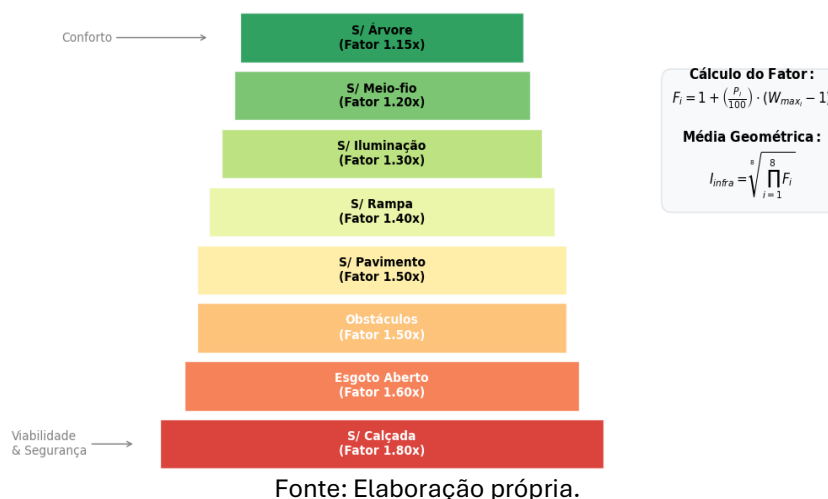


Fonte: Street View.

Foi utilizado os dados da infraestrutura urbanística levantadas pelo IBGE para capturar as condições reais das vias e lidar com o UGCoP (falácia ecológica) foi utilizada a base de “Características urbanísticas do entorno dos domicílios” do Censo 2022 (IBGE, 2022), que forneceu dados quantitativos da face de quadra urbana, dos quais foram filtradas 8 variáveis: Arborização, Iluminação, Meio Fio, Pavimentação, Calçadas, Rampas de Acessibilidade, Obstáculos no passeio e esgotamento sanitário, consideradas relevantes

para a acessibilidade por Alfonzo (2005). Utilizou-se média geométrica para suavizar o impacto de uma única variável ruim, exigindo precariedade sistêmica. Os pesos foram hierarquizados conforme a teoria de Alfonzo (2005), onde riscos à integridade física (falta de calçada/esgoto) penalizam mais que o desconforto térmico (arborização) como indica a Figura 6.

Figura 6. Fatorização das características urbanísticas.
(Pesos de Penalização Adaptados de Alfonzo (2005): "To Walk or Not to Walk?")

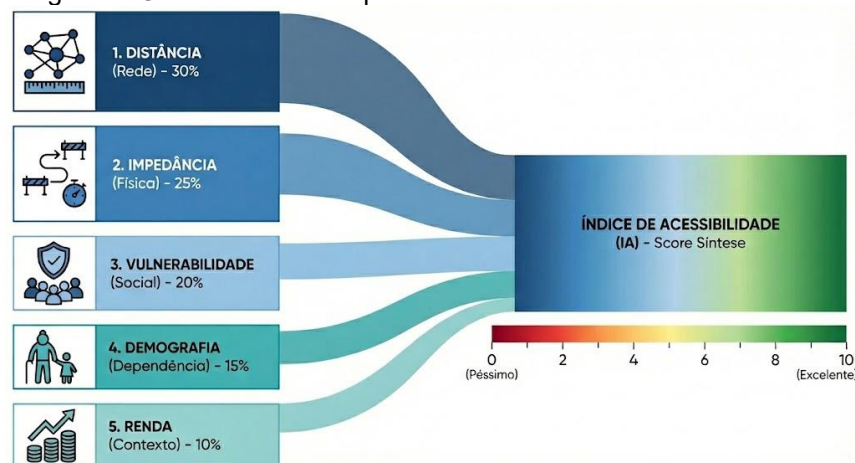


O contexto socioterritorial de inserção do segmento da via no setor censitário é a última dimensão necessária. Trata-se de duas pequenas variáveis, a densidade demográfica e a renda da localidade. Áreas de baixa densidade populacional receberam fatores de penalização (até 1,2) para refletir a ausência de vigilância natural e a monotonia sensorial do trajeto (Cervero; Kockelman, 1997). Já o fator de renda do setor foi aplicado como forma de capturar a baixa manutenção urbana, consoante à teoria de iniquidade socioterritorial de Vasconcellos (2001). Assumiu-se uma penalização leve (fator máximo 1,1) para setores de menor renda, já que essas áreas tendem a sofrer com maior precariedade material dos equipamentos. Portanto, enquanto a fatorização da hierarquia mensura a importância atribuída às vias pelo Estado na malha urbana e as variáveis de infraestrutura do IBGE medem a existência do equipamento, o Fator Contexto (Renda+Densidade) busca abarcar a qualitatividade material do trajeto e a configuração do uso do solo.

Com todas as dimensões físicas articuladas, foi possível escapar de abordagens simplistas e construir uma impedância multicriterial, ajustada às condicionantes reais da paisagem, mensurando assim, a questão de “desutilidade” (impedância) discutida por Geurs e Van Wee (2004, p. 128). Foi sobre o grafo viário construído anteriormente que o algoritmo de Dijkstra (1959) foi aplicado, identificando o caminho de menor impedância multicriterial entre o ponto de origem (domicílios) e o destino (terminais do BRT). Com o esqueleto ‘framework’ construído, partiu-se para o ÍndAc (Figura 7) concebido como dialética entre o espaço físico urbano e a justiça social. O ÍndAc é uma ponderação multicriterial orientada por princípios de justiça socioterritorial discutidos por Pereira *et al.* (2016). Assume-se, portanto, que uma mesma barreira possui pesos diferentes na vida cotidiana dependendo do grau de vulnerabilidade do indivíduo que precisa transpô-la. Atribuiu-se 55% da ponderação total à dimensão físicas/espaciais e 45% foi destinada à dimensão social. Dentro da dimensão física, a distância real recebeu o maior peso

individual (30%) considerando o que foi discutido por Geurs & Van Wee (2004), enquanto a Impedância multicriterial (25%) atua como o qualificador qualitativo desse trajeto, adaptando Parkin et al. (2007). Já na dimensão social a calibração priorizou a Vulnerabilidade Social composta (20%), a Dependência Demográfica (15), e A Renda (10%), apoiando-se em Pereira et al. (2016), onde se reconhece que grupos sociais distintos possuem necessidades e capacidades de mobilidade diferentes.

Figura 7: Critérios utilizados para calcular o Índice de Acessibilidade.



Fonte: Elaboração própria.

É importante notar que a estrutura de ponderação do ÍndAc incorpora intencionalmente a recorrência das variáveis de renda e idade em diferentes níveis de agregação (Vulnerabilidade, Demográfico e Socioeconômico). Essa abordagem não configura redundância estatística, mas operacionaliza o conceito de Desvantagem Acumulada 'Cumulative Disadvantage' DiPrete & Eirich (2006). Com o índice calibrado, o algoritmo em Python foi executado calculando a rota individual de todos os 16.684 domicílios, o resultado foi subsequentemente classificado em cinco categorias qualitativas (de 'Péssimo' a 'Excelente') para facilitar a interpretação espacial dos resultados.

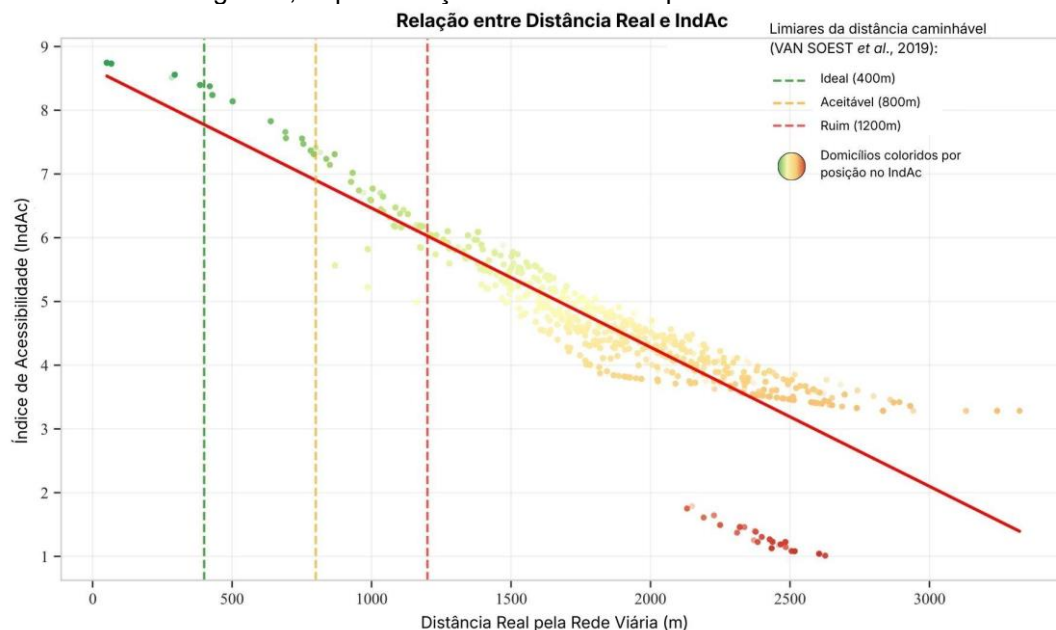
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aplicação da metodologia no trecho recortado resultou em uma modelagem de cenário que demonstra uma dissociação crítica entre a infraestrutura de transporte que está sendo implantada (BRT), com as condicionantes identificadas no território:

- I. A adoção da rede viária como representação dos possíveis trajetos, em substituição à distância euclidiana, demonstrou que as distâncias obtidas pelo algoritmo foram, em média, 47% superiores às medidas em linha reta;
- II. A filtragem dos dados do Censo 2022 demonstram que 94% das faces de quadra dos setores censitários recortados não possuem rampas de acessibilidade, 92% apresentam obstáculos nas calçadas e 97,9% carecem de arborização;
- III. Os resultados da Impedância Critério desenvolvida modelou que o custo percebido pelo pedestre para percorrer os trajetos entre domicílios e estações é, em média, três vezes superior à distância física do segmento viário. Em termos práticos, para cada 10 metros efetivamente caminhados, o esforço percebido equivale a aproximadamente 30 metros;

- IV. O tempo médio estimado de deslocamento pedonal, pela malha viária com a impedância Multicriterial situou-se em 50,9 minutos, ao incorporar as penalizações de vulnerabilidade social e demográfica propostas no ÍndAc, o Tempo Ajustado médio elevou-se para 60,2 minutos, um acréscimo de ~20% no esforço percebido;
- V. 7% dos domicílios situam-se nas faixas "Ideal" ou "Aceitável" (até 800 metros), 50,6% dos domicílios estão localizados além do limiar de 800 metros, e 42,5% encontram-se em situação "Péssima", com distâncias superiores a 1.800 metros, muito aquém dos limiares de caminhabilidade, e que domicílios de alta vulnerabilidade socioeconômica e demográfica apresentam acessibilidade 45% inferior aos de Baixa vulnerabilidade (ver Figura 8).

Figura 8; Espacialização dos domicílios por faixa do ÍndAc.



Fonte: Elaboração própria.

Ao fim da execução do algoritmo responsável pelo cálculo do ÍndAc, obteve-se uma média de 5,01 (classificação Moderada), mas sua distribuição espacial (Figura 9) revela profundas assimetrias no nível de acessibilidade da população dos 19 setores censitários às três estações do Bus Rapid Transit (BRT) que estão sendo implantadas na Avenida Historiador Rubens de Mendonça.

Figura 9: Espacialização dos domicílios por faixa do ÍndAc.



Fonte: Elaboração própria.

Foi realizada a validação estatística dos dados da modelagem, a regressão linear múltipla atingiu $R^2 = 0,9617$, indicando que a maior parte da variação do Índice de Acessibilidade (IndAc) é explicada pelas variáveis analisadas, com a distância real pela rede viária como principal determinante, seguida pela impedância Multicriterial e pela vulnerabilidade socioeconômica. O modelo logístico, por sua vez, alcançou $AUC = 0,990$, evidenciando alta precisão na identificação da situação socioespacial dos domicílios. A análise pelo IndAc dos 16.684 domicílios, demonstra que somente uma pequena parcela da população está dentro dos limiares discutidos pela literatura para para sistemas de transporte público coletivo de média/alta capacidade (Van Soest *et al.*, 2019). Além da distância real pela rede viária, a condição da infraestrutura do entorno atua como uma barreira ativa na paisagem, visto que o processamento dos dados da face de quadra revela um cenário de hostilidade ao pedestre: Vias sem calçadas, obstáculos na faixa de circulação das que possuem e ausência de sombreamento por arborização, elevando drasticamente o desconforto do deslocamento. No conjunto, os resultados confirmam a consistência da metodologia e sua utilidade para orientar decisões sobre investimentos em transporte público alimentador, qualificação da infraestrutura pedonal e políticas direcionadas a grupos vulneráveis.

Conclui-se que a aplicação metodológica de tecnologias que consideram e sistematizam dados existentes da paisagem e de quem reside nela, permite visibilizar condicionantes e criar cenários no planejamento urbano que considerem a escala humana, que frequentemente passa despercebida em análises bidimensionais como pesquisas de Origem e Destino realizadas somente com a óptica da Engenharia de Transportes. A implantação do BRT — no trecho analisado — não é guiada pelos princípios básicos do Desenvolvimento Orientado ao Transporte (DOTS) que preconizam a densificação e melhoria de atributos que ampliam o grau de caminhabilidade, e também não está de acordo com as diretrizes e objetivos — no âmbito dos modos não motorizados de transporte — da Política Nacional de Mobilidade Urbana, colocando em questionamento a efetividade do *Bus Rapid Transit* de prover acesso universal às oportunidades e mitigar a



desigualdade da mobilidade urbana, como aconteceu em outras capitais do Brasil (Pereira *et al.*, 2021).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente investigação evidenciou uma contradição estrutural na implantação do BRT em Cuiabá: o descompasso entre o discurso de mobilidade sustentável e uma prática de planejamento que ignora as condicionantes da paisagem existente. Ao negligenciar elementos físicos e socioespaciais — como declividades acentuadas, rupturas da malha viária e a distribuição desigual de vulnerabilidades — a infraestrutura implantada não cumpre plenamente sua função pública. Conclui-se, portanto, que infraestrutura de transporte sem integração com a paisagem não produz mobilidade efetiva, não produz inclusão, pois mantém distanciamento, sobretudo, daqueles que dependem do transporte público para se apropriar do território. Para além do diagnóstico local, este estudo oferece uma contribuição metodológica aplicável à elaboração e avaliação de políticas públicas. A estrutura analítica desenvolvida, ao integrar tecnologias de sensoriamento remoto, dados censitários e algoritmos de redes (Python/NetworkX) em uma Função de Impedância Multicriterial, demonstra que é possível, e necessário, superar as métricas simplificadas de distância linear (raios de abrangência) frequentemente utilizadas na gestão municipal. Esta abordagem tecnológica se apresenta como um instrumento de suporte à decisão capaz de mensurar o "custo" real do deslocamento, revelando barreiras que permanecem invisíveis em análises bidimensionais tradicionais.

Sob a ótica da abordagem da "Tecnologia e inovação na paisagem", a pesquisa reafirma que o uso de ferramentas digitais não é um fim em si mesmo, mas um recurso político de diagnóstico. A modelagem espacial permitiu comprovar, estatisticamente, a iniquidade territorial: o sistema penaliza, com maior severidade (maior impedância e menor acessibilidade), justamente as áreas que abrigam grupos de alta vulnerabilidade social. Isso sugere que investimentos em infraestrutura, quando dissociados das condições reais do território, tendem a reproduzir e aprofundar assimetrias históricas, contrariando as premissas de equidade da Política Nacional de Mobilidade Urbana e os princípios do DOTS/TOD.

Portanto, recomenda-se a elaboração/avaliação das políticas urbanas incorporem metodologias de análise/avaliação sensível aos contextos locais nos processos de licenciamento e planejamento urbano. Para que o BRT de Cuiabá, e sistemas similares em cidades brasileiras, alcancem eficácia social, é imperativo que a engenharia de transporte, e tantas áreas setoriais de conhecimento, dialogue com a paisagem, isso implica intervenções que mitiguem a "fricção" do território: qualificação das calçadas, arborização intensiva para conforto térmico e integração multimodal para vencer as distâncias reais que a forma urbana impõe ao pedestre. Somente assim, as políticas urbanas, com a adequada incorporação da tecnologia em suas formulações, servirão para reduzir desigualdades e garantir o direito à cidade, ao território e à paisagem.

REFERÊNCIAS

ALFONZO, M. A. To Walk or Not to Walk? The Hierarchy of Walking Needs. *Environment and Behavior*, v. 37, n. 6, p. 808–836, nov. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ARQUITETOS PAISAGISTAS – ABAP. Carta Brasileira da Paisagem. São Paulo: ABAP, 2010. Disponível em: https://www.abap.org.br/abap/wp-content/uploads/2022/07/CARTA_BRASILEIRA_DA_PAISAGEM.pdf. Acesso em: 11 dez. 2025.

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. Brasília, DF: Presidência da República, 2001.

BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Brasília, DF: Presidência da República, 2012.

CERVERO, R.; KOCKELMAN, K. Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 2, n. 3, p. 199-219, 1997.

CUIABÁ. Lei Complementar nº 232, de 2011. Dispõe sobre a Hierarquização Viária do município de Cuiabá. Cuiabá: Prefeitura Municipal, 2011.

DIJKSTRA, E. W. A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische Mathematik*, v. 1, p. 269-271, 1959.

DIPRETE, T. A.; EIRICH, G. M. Cumulative Advantage as a Mechanism for Inequality: A Review of Theoretical and Empirical Developments. *Annual Review of Sociology*, v. 32, n. 1, p. 271–297, ago. 2006.

GEURS, K. T.; VAN WEE, B. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography*, v. 12, n. 2, p. 127-140, 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2022: Agregados por Setores Censitários. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2022/Agregados_por_Setores_Censitarios/. Acesso em: 28 nov. 2025.

INSTITUTO DE POLÍTICAS DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO (ITDP). Padrão de Qualidade DOTS. 3. ed. Rio de Janeiro: ITDP Brasil, 2017. Disponível em: <https://itdpbrasil.org/dots-3-0/>. Acesso em: 11 dez. 2025.

JIANG, Y.; CHRISTOPHER ZEGRAS, P.; MEHNDIRATTA, S. Walk the line: station context, corridor type and bus rapid transit walk access in Jinan, China. *Journal of Transport Geography*, v. 20, n. 1, p. 1–14, jan. 2012.

LEVINSON, D.; EL-GENEIDY, A. The minimum circuitry frontier and the journey to work. *Regional Science and Urban Economics*, v. 39, n. 6, p. 732-738, 2009.



MAGNOLI, Miranda Martinelli. Ambiente, espaço, paisagem. Paisagem e Ambiente, n. 21, p. 237-244, 2006.

PARKIN, J.; WARDMAN, M.; PAGE, M. Estimation of the determinants of bicycle mode share for the journey to work using census data. Transportation, v. 35, n. 1, p. 93-109, 2007.

PEREIRA, R. H. M.; SCHWANEN, T.; BANISTER, D. Distributive justice and equity in transportation. Transport Reviews, v. 37, n. 2, p. 170–191, 22 nov. 2016.

PEREIRA, Rafael H. M. et al. Tendências e desigualdades da mobilidade urbana no Brasil I: o uso do transporte coletivo e individual. Texto para Discussão 2673. Ipea, 2021. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/10713>.

TOBLER, W. Three presentations on geographical analysis and modeling: Non-isotropic geographic modeling; Speculations on the geometry of geography; and Global spatial analysis. National Center for Geographic Information and Analysis Technical Report 93-1. Santa Barbara: University of California, 1993.

VAN SOEST, D.; TIGHT, M. R.; ROGERS, C. D. F. Exploring the distances people walk to access public transport. Transport Reviews, v. 40, n. 2, p. 160–182, 6 fev. 2019.

VASCONCELLOS, E. A. Políticas de transporte no Brasil: a construção da mobilidade excludente. Barueri: Manole, 2013.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara. Transporte urbano, espaço e equidade: análise das políticas públicas. São Paulo: Annablume, 2001.

WRI BRASIL. O desenho de cidades seguras: diretrizes de desenho urbano para tornar as cidades mais seguras para todos. Porto Alegre: WRI Brasil, 2018. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/>. Acesso em: 11 dez. 2025.

ZHAO, J.; DENG, W. Relationship of Walk Access Distance to Rapid Rail Transit Stations with Personal Characteristics and Station Context. Journal of Urban Planning and Development, v. 139, n. 4, p. 311–321, dez. 2013.