

Método para localização de estações de bicicletas compartilhadas em fases iniciais.

Uly Soares e Melo Pulga¹; Marcos Thadeu Queiroz Magalhães²

¹Universidade de Brasília – PPG – FAU, Brasília-DF, 61-998588475, uly.pulga@hotmail.com;

²Universidade de Brasília – PPG – FAU, Brasília-DF, 61-991143847, marcosthadeu@unb.br

SINOPSE

Este artigo traz um método de identificação de áreas residenciais para instalação de estações de bicicletas compartilhadas, melhorando a integração com o transporte metroviário. O uso de distance decay associado a outros parâmetros, resultam na identificação e delimitação de áreas potenciais.

PALAVRAS-CHAVE: distance decay; bicicletas compartilhadas; integração

INTRODUÇÃO

O transporte individual é ágil, porém está sujeito a congestionamentos, acidentes e aumenta o nível de ruído e poluição nos grandes centros urbanos, impactando negativamente a qualidade de vida das pessoas (Duarte et al., 2017). Em metrópoles dispersas, o transporte ferroviário é o modo com melhor desempenho (Chen et al., 2020), mas frequentemente requer complemento de viagem, seja a pé, de bicicleta, ônibus ou carro (Meng et al., 2016; Venter, 2020). Estudos indicam alta demanda por bicicletas a 1 km do destino, mas à medida que há o aumento da distância, o uso de ônibus também cresce (Meng et al., 2016). Assim, estações de bicicletas compartilhadas, bem localizadas conforme a demanda, podem otimizar a "primeira e última milha" do transporte sobre trilhos (Chen et al., 2020).

Em contraste as bicicletas compartilhadas apresentam-se como soluções mais econômicas, sustentáveis e compactas para a realização de deslocamentos (Calil et al., 2018; Nascimento et al., 2018), além disso, auxiliam no cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e para a economia local. Os problemas de primeira e última milha referem-se à dificuldade de complementar viagens em curtas distâncias que não são facilmente percorridas a pé (Qin et al., 2018). Embora a maioria dos estudos utilize dados de sistemas já existentes para melhorar a localização de estações ou bicicletas compartilhadas, a implantação em áreas sem infraestrutura de bicicletas é limitada às recomendações baseadas em desenho urbano.

Este trabalho aborda o problema da primeira e última milha em sistemas de transporte de alta capacidade sobre trilhos, focando na integração com serviços de compartilhamento de bicicletas. Para tanto, foi desenvolvendo um método para identificar áreas adequadas para a implantação de estações de bicicletas compartilhadas em regiões residenciais cujo objetivo é ampliar a cobertura do transporte público coletivo sobre trilhos.

DIAGNÓSTICO, PROPOSIÇÕES E RESULTADOS

Os trens interurbanos, suburbanos ou regionais, foram inicialmente desenhados para transporte de longas distâncias (Vuchic, 2007), são compostos por carros pesados e operam em alta velocidade com baixa desaceleração. Possuem alta capacidade para transporte de passageiros e por se tratar de viagens mais longas, o custo de transporte por pessoa é baixo (Black, 1931). O avanço da tecnologia atrelada à eletrificação dos veículos possibilitou a criação de novos modos de transporte coletivo. Metrô normalmente servem a viagens dentro dos centros urbanos com distância entre estações em média de uma milha (1,60 km). Dentre suas vantagens estão a rapidez de embarque e desembarque e o tráfego livre (Black, 1931), uma das principais características que o faz mais competitivo aos veículos particulares que os demais modos (Vuchic, 2007).

No Brasil, o primeiro sistema sobre trilhos foi implantado no período do Império, em 1852, porém de uso exclusivo para transporte de matéria-prima e produção agrícola (Vaz et al.,

2014; CNT, 2016). A primeira linha de metrô implantada no Brasil teve construção iniciada em 1967 e posteriormente foi se popularizando no território nas décadas seguintes (Santos *et al.*, 2023). Segundo Vaz *et al.* (2014), os modos mais comuns de transporte sobre trilhos no Brasil, são os Veículos Leves sobre Trilhos (VLT) e Metrô, sendo hoje contabilizados 1.437 Km de trilhos destinados a transporte de passageiros, não conectados entre estados. Segundo a CNT (2016), são quinze regiões metropolitanas brasileiras com transporte sobre trilhos ativo, dentre essas, sete possuem modo metrô em funcionamento. Em Brasília, a linha de metrô inaugurado em 2001 opera com 42,38 Km de extensão, uma das menores do Brasil, que está dividida em duas linhas com 24 estações no total (CNT, 2016).

Dentre as vantagens do sistema metroviário destacam-se: (i) as zonas servidas pelo sistema metroviário que ganham em desenvolvimento econômico (Rodrigues, 2018); (ii) possibilidade de melhoria no que tange ao acesso às possibilidades de emprego e outras atividades (Johnson *et al.*, 2017); (iii) menos ocupação do espaço urbano através de deslocamentos subterrâneos; (iv) maior capacidade de transporte comparando-se com ônibus; (v) redução da emissão de CO²; (vi) não sofrem interferência do tráfego de veículos automotores; (vii) reduzem acidentes; (viii) possuem embarque e desembarque rápidos (Black, 1931; Lopes, 2018) e (ix) trafegam em vias exclusivas em ROW A (Vuchic, 2007).

Para que o modo metroviário seja um sistema eficiente, é importante que sua capacidade atenda à demanda (Lopes, 2018). E em se tratando de áreas espraiadas, os modos sobre trilhos, muito embora possuam vantagem sobre os demais modos, não atendem às necessidades de deslocamento de ponta-a-ponta, sendo necessário o deslocamento complementar a pé, por bicicleta, com carros, ou outros meios de transporte que possibilitem ou acesso e/ou conclusão do percurso, também chamados deslocamentos de primeira e última milha (Qin *et al.*, 2018; Fan *et al.*, 2019; Chen *et al.*, 2020).

As primeiras e últimas milhas desempenham importante papel no trajeto cotidiano dos passageiros, determinando a acessibilidade aos serviços de transporte, promovendo a conectividade entre origens e destinos e fomentando o uso do transporte público (Fan *et al.*, 2019; Zuo *et al.*, 2020b). Esses fatores também as colocam como a maior barreira para o acesso ao transporte público, que se minimizadas, podem ampliar o acesso a oportunidades de trabalho, melhorar a conectividade entre bairros e aumentar o número de destinos dentro das cidades tornando-as mais inclusivas (Zuo *et al.*, 2020b).

Zuo, *et al.* (2020b), em seu estudo de caso, apontam que a bicicleta como solução de primeira e última milha aumentaria o acesso a oportunidades de trabalho em 43,7%, além de diminuir as disparidades entre grupos sociais dentro do contexto urbano analisado. Já Sgaheen e Chan (2016), além de ressaltarem o compartilhamento de bicicletas como opção de primeira e última milha, incluem o compartilhamento de veículos como uma solução flexível, principalmente veículos elétricos que diminuiriam as emissões de gases do efeito estufa. Fan *et al.* (2019), descobriram que os sistemas bicicletas compartilhadas são o modo de preferência dos passageiros para viagens de primeira e última milha, apresentando o potencial necessário para substituir os modos motorizados. Além disso, bicicletas estão associadas a estratégias de políticas para a preservação e melhoria do meio-ambiente (Frame *et al.*, 2017).

Para que a conectividade da primeira e última milha funcione é necessário que a infraestrutura de transportes atue na conexão entre residências ou destino e os transportes (Zuo *et al.*, 2020a; Zuo *et al.*, 2020b), além de fatores como segurança pública, tráfego seguro, calçadas acessíveis, tempo e custo, que influenciam na escolha dos usuários (Venter, 2020). Mas é importante ressaltar que as necessidades para cada modo usado na viagem de primeira e última milha mudam a partir do ponto de vista do passageiro, pois se tratam de fatores subjetivos (Zuo, *et al.*, 2020b).

Para acesso em primeira e última milha a transportes de modo metroviário são considerados um intervalo de tempo de 10 a 15 minutos, correspondendo de 1 a 1,2 km para pedestres e 1.6 a 2,4 km para ciclistas (SEGETH, 2015). Além do tempo, outras quatro variáveis que podem influenciar a escolha pelo modo são: (i) custo, (ii) tempo para embarque, (iii) tempo de viagem e (iv) tempo de espera (Chen *et al.*, 2020) Também é importante salientar que apesar das variáveis citadas acima, os usuários consideram andar mais do que normalmente andariam para chegar a uma parada de ônibus, se existir a possibilidade de acessar estações de metrô (Mangan, 2013). Além disso, possuem a capacidade de aumentar a cobertura do metrô em média três vezes, aumentando o número de passageiros e possibilitando a diminuição do tempo de percurso (Paiva, 2013). São um ótimo complemento do transporte público, mas deve-se levar em conta o nível de desenvolvimento do sistema público de transporte (Fan *et al.*, 2019).

O contexto urbano pode incentivar ou desestimular o uso da bicicleta como modo de transporte e eles podem ser: (i) benefícios do uso da bicicleta, (ii) barreiras no uso e (iii) disponibilidade de infraestrutura adequada (Fecchio e Strambi, 2018). Independente da modalidade. Também existem variáveis que favorecem a utilização de sistemas multimodais que integram bicicleta e metrô: (i) rotas cicláveis até as estações metroviárias; (ii) pontos de transferência; (iii) bicicletas compartilhadas; (iv) bicicletários ou paraciclos (Paiva, 2013); (v) dockless, o recente sistema de bicicletas compartilháveis sem paraciclos; e o (vi) transporte com a bicicleta dentro do vagão. E a escolha das bicicletas como modo para primeira e última milha é afetada diretamente pela disponibilidade dessa alternativa de transporte (Fan *et al.*, 2019).

Estima-se que o surgimento dos sistemas de bicicletas compartilháveis influencia significativamente na escolha de modo de transporte dos passageiros que conseqüentemente diminuem o uso do carro (Fan *et al.*, 2019). Desde seu surgimento em Amsterdam em 1965 até o ano de 2023, modelos de bicicletas compartilháveis surgiram e foram modificados de acordo com a necessidade. Roubo e segurança viária foram fatores que influenciaram a continuidade dos programas e a tecnologia, como o GPS, foi sendo inserida aos sistemas à medida que surgia (Demaio, 2009).

Atualmente um dos modelos de Estações de Bicicleta Compartilhada (EBCs) funciona por meio de travamento e destravamento dos veículos através de aplicativos onde o usuário realiza o cadastro e pagamento do aluguel. O seu uso está condicionado ao tempo limite que varia de acordo com os planos oferecidos pela empresa responsável (Nascimento e Cavalcante, 2018). Apesar das EBCs restringirem tanto origem quanto destino e reduzirem a acessibilidade e flexibilidade se comparadas com a modalidade *dockless* (sem estação) (Gao *et al.*, 2021), elas proporcionam maior segurança quanto ao equipamento.

A maioria das EBCs são implantadas em fases ou etapas. A primeira fase deve ser significativa e densa para garantir a convivência e confiabilidade dos usuários com o sistema (ITDP, 2014). Também devem ser orientadas pelos seguintes aspectos propostos pelo ITDP (2018) e CET (2018): (i) densidade com distribuição uniforme para que estações próximas sirvam de apoio aos usuários; (ii) contactar-se aos sistemas de transporte público existentes promovendo a conectividade entre os modos; (iii) inseridas em áreas com infraestrutura cicloviária; (iv) inseridas em áreas de uso misto promovendo o uso em vários horários do dia; (v) inseridas em áreas que não sejam isoladas; (iv) inseridas em áreas que promovam segurança; (vii) estações instaladas em vagas seguindo o modelo de *parklets* ou espaços livres; (viii) devem ser considerados os espaços de circulação de pedestres, retirada e colocação de bicicletas na estação.

Os métodos tradicionais para localização, dimensionamento e posicionamento de EBCs são estudos de viabilidade conduzidos por empresas especializadas contratadas pela gestão municipal. A localização é definida pela densidade populacional, área de cobertura mínima,

presença de infraestrutura de transportes, entre outros critérios como presença de comércio e áreas atrativas (ITDP, 2018; TEMBICI, 2018; GIZ, 2021). No entanto, a literatura aponta que esses métodos não são precisos, tendo frequentes problemas como estações que não atendem a áreas residenciais, estações ou estacionamentos muito distantes, ou mesmo a falta de bicicletas ou vagas para a devolução nas estações (Shu, 2019; Ebrahimi *et al.*, 2022). No caso de bicicletas dockless, a aglomeração de bicicletas em um só ponto é um problema apontado na bibliografia (Chen *et al.*, 2021; Gao *et al.*, 2021; Ebrahimi *et al.*, 2022).

Ebrahimi, *et al.* (2022) utilizam SIG para visualizar a distribuição espacial de EBCs e identificar problemas de localização e alocação. Os autores fazem uso de dados de acesso às bicicletas para medir a acessibilidade ao serviço em áreas comerciais e residenciais. A metodologia considera distância percorrida a pé e EBCs que competem entre si numa mesma região para realizar a proposta de remanejamento de EBCs e aumentar a cobertura para áreas residenciais mais distantes do centro.

Shu, *et al.* (2019) propõem um método para melhoria da mobilidade diária de sistemas já implantados e argumentam que a distância entre origem e EBC influencia na sua adesão nas cidades. Os autores propõem um método que estima a melhor localização de EBCs para diferentes usos do solo e diferentes características populacionais. Wang, *et al.* (2020), propõe um modelo de otimização de dois níveis, onde dados de demanda, oferta de usuários e distribuição de bicicletas entorno de estabelecimentos são utilizados para otimizar o posicionamento da distribuição de bicicletas dockless. No entanto esses métodos encontrados não são direcionados para áreas que não possuem dados preexistentes de passageiros que fazem uso de bicicletas compartilhadas ou mesmo para fases iniciais de implantação de EBCs.

Os métodos apresentados propõe a otimização de localização de EBCs, mas são fundamentados no melhor posicionamento de estações já existentes ou na análise de dados já existentes de passageiros que fazem uso do equipamento (Chen *et al.*, 2021; Ebrahimi *et al.*, 2022; Shu *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2020). Bahadori, *et al.* (2021) apontam que existem lacunas em métodos que propõem soluções para fases iniciais de implantação, e na uniformização de dados de SBC, além de ressaltar a importância do uso de SIG para melhor avaliar soluções e problemas.

O *Distance decay* é utilizado para medidas de acessibilidade, que diz respeito à capacidade espacial e financeira de uma pessoa acessar um destino (Giannotti, Tomasiello e Bittencourt, 2022; Pun-Cheng, 2016; Stępniaak e Rosik, 2018). Nas análises de fluxos e distâncias é possível integrar informações de uso do solo, fluxos de mercado, transporte e observar em gráficos numéricos ou gradiente a redução das forças de interações espaciais à medida que se aumentam as distâncias (Pun-Cheng, 2016). Nesse caso, a distância é o fator que influencia a distribuição ou mesmo explica um determinado fenômeno e o *distance decay* reflete como a demanda de viagens muda com as distâncias do trajeto (Cardozo e Silva, 2015; Gao *et al.*, 2021).

Os dados utilizados para o cálculo de *distance decay* permitem a visualização gráfica da diminuição da demanda com o aumento das distâncias desde o ponto de destino. Em alguns casos, o *distance decay* possui uma curva acentuada indicando menor atratividade do destino, mas por outro lado as curvas que demoram mais para decair com relação à distância indicam maior atratividade do ponto observado (Cardozo e Silva, 2015).

Gao *et al.* (2022) utilizam 6 ferramentas para a obtenção das curvas de *decay* e identificação de áreas onde bicicletas dockless possuem curvas mais rápidas, os resultados obtidos auxiliam na avaliação do raio de implantação das estações de bicicletas, mas só será possível fazer essa análise caso existam dados preexistentes nas regiões de interesse para a implantação. Drezner *et al.* (2020), para avaliar o grau de atratividade de

estabelecimentos e previsão de locais com melhor potencial de implantação de novos comércios, utilizam um método simplificado e confirmam os resultados obtidos com as previsões através de questionários, mas por utilizar dados simplificados pode apresentar leituras equivocadas em contextos diferentes, conforme sugerido na literatura (Stępniaik e Rosik, 2018; Demissie *et al.*, 2019; Yang *et al.*, 2021; Giannotti *et al.*, 2022). Mostarac *et al.* (2019), aplicam os modelos ao SIG para identificar o nível de acesso às estações de correio e pode ser aplicado à pesquisa para melhorar a implantação das estações a cada faixa de acessibilidade definida.

Para o presente trabalho, busca-se trabalhar num método expedito que exija poucos dados, de fácil obtenção. Nesse sentido, a função exponencial de *decay* (Equação 1) produz melhores resultados que as demais (Drezner *et al.*, 2020; Giannotti *et al.*, 2022)

$$f(d, \lambda) = e^{-\lambda d} \quad (1)$$

Onde:

d : distância euclidiana entre origem i e destino j

λ : valor de *decay* para cada estação obtido por meio da divisão da covariância pela variância com dados das distâncias e seus respectivos acessos de metrô.

Para efeito do presente método, a fórmula final foi ajustada para a aplicação da função exponencial e fica conforme a equação 2:

$$I_{ij} = m_j d_{ij} f(d, \lambda) \quad (2)$$

Onde:

I_{ij} : é a interação entre a origem i e o destino j (valor a ser obtido para cada zona analisada);

m_j : é a atração do destino j (medida em número de passageiros do metrô);

d_{ij} : é a distância entre origem i e destino j (calculada pela distância euclidiana entre centróides);

$f(d, \lambda)$: é a função exponencial de *decay* (apresentada na Equação 1);

Através da aplicação da equação 2 e com a utilização de poucos dados, é possível calcular o decaimento de cada área analisada com relação à distância das estações. Definida a fórmula de *distance decay*, a aplicação a seguir demonstrada é composta pelos seguintes passos: Passo 1 - Definição da área de estudo; Passo 2 - Cálculo de *distance decay* para previsão das áreas de implantação de estações de bicicleta; Passo 3 - Identificação dos potenciais de localização da estação de bicicleta nas proximidades do transporte público coletivo; Passo 4 - Identificação da localização da estação de bicicleta compartilhada em outras localizações de forma a aumentar a integração com o transporte público coletivo.

A definição da área de estudo é realizada utilizando um sistema de informação geográfica identificando: (i) linha de transporte público coletivo que se pretende integrar por meio da bicicleta compartilhada e suas respectivas estações; (ii) área de influência da linha de transporte definido pela distância que um ciclista possa percorrer. Para efeito deste trabalho, optou-se por tempo equivalente à média percorrida a pé para substituição de modo caminhada por modo bicicleta como sugerido no relatório da SEGHT (2015), adotando-se, portanto, 2,4km de área de cobertura ao redor de cada estação. A interseção entre os círculos, quando houver, será dividida no seu ponto médio entre as áreas selecionadas pelo raio. Para melhor tratamento dos dados, realiza-se a intersecção de geometrias em software SIG e refinamento dos dados em planilhas.

Os dados censitários necessários para os cálculos são: (i) Número de passageiros que utilizam o metrô por estação, obtidos nesse estudo através pesquisas domiciliares de mobilidade urbana do Distrito Federal; (ii) Zona censitária de origem do passageiro, obtidas em pesquisas domiciliares de mobilidade urbana do Distrito Federal. Dividiu-se os setores

censitários através da seleção e intersecção em software SIG para cada área de cobertura, visando a análise independente de cada um. Aplica-se a ferramenta de distância euclidiana, com ponto de origem em cada setor censitário e destino na estação de metrô correspondente a área de influência, para a obtenção da distância entre origem e destino e sua aplicação na fórmula de *distance decay*.

Os dados censitários e distâncias são inseridos em planilha para aplicação da Equação 3 descrita anteriormente. Os valores de distância, número de passageiros são utilizados para calcular a variância e covariância de cada zona censitária gerando um valor de λ . Esse valor é utilizado para calcular a função exponencial e multiplicado pelo número de moradores de cada zona que acessa o metrô, gerando um valor final que chamaremos de parâmetro de *decay*. O parâmetro de *decay* é então aplicado no software SIG para visualização gráfica dos setores mais propensos à utilização de bicicletas e metrô com base no comportamento atual daquela região, possibilitando a localização mais favorável da implantação da estação de bicicleta compartilhável.

O estudo de caso realizado nesta pesquisa concentra-se no sistema de metrô do Distrito Federal, que é composto por duas linhas distintas, nomeadamente a linha laranja e a linha verde. O sistema de metrô abrange um total de 24 estações e possui uma extensão de 42 km. Existem 32 trens operando no sistema, com capacidade para transportar até 1086 passageiros. Para fins de análise, foram selecionadas estações específicas da linha laranja: Samambaia, Samambaia Sul, Furnas e Taguatinga Sul, que são as estações com maior densidade populacional no sistema de metrô. A região selecionada para análise apresenta baixos índices de domicílios com automóvel e está entre as áreas com maior número de bicicletas por domicílio, indicando uma predisposição para o uso de bicicletas como meio de transporte.

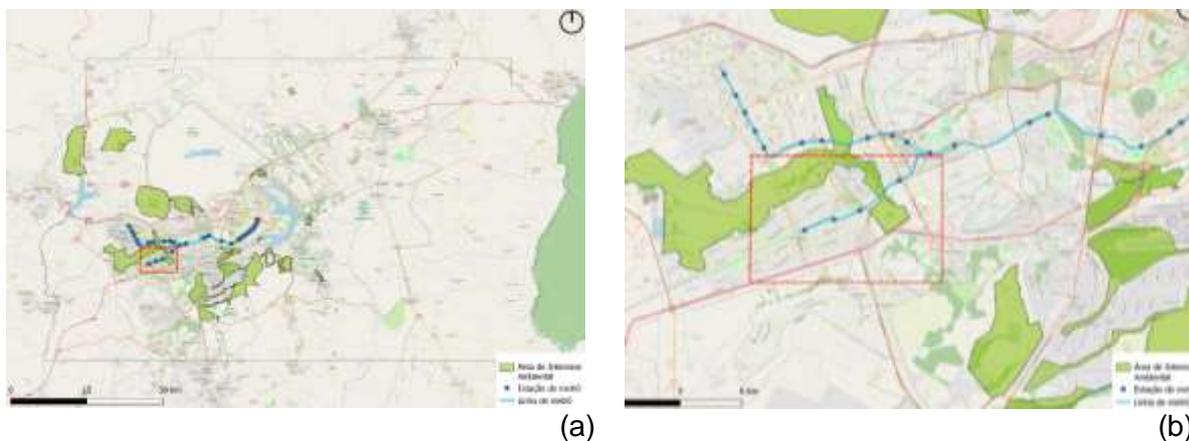


Figura 1 (a): Mapa do Distrito Federal e delimitação da área de estudo de caso. Fonte: Elaboração própria; **Figura 1 (b):** Área de análise



Figura 2 - Mapa esquemático das linhas e estações de Metrô do Distrito Federal. Fonte: Metrô-DF (2023)

Com as aplicações da fórmula foi possível observar os parâmetros de *Decay* de forma gráfica e independente para cada área de cobertura por estação. A partir da representação gráfica, infere-se que os níveis de atratividade das estações decaem rapidamente nos primeiros 500m. Ou seja, a partir de 500m, a probabilidade da população se deslocar para utilizar o metrô como meio de transporte diminui gradualmente.

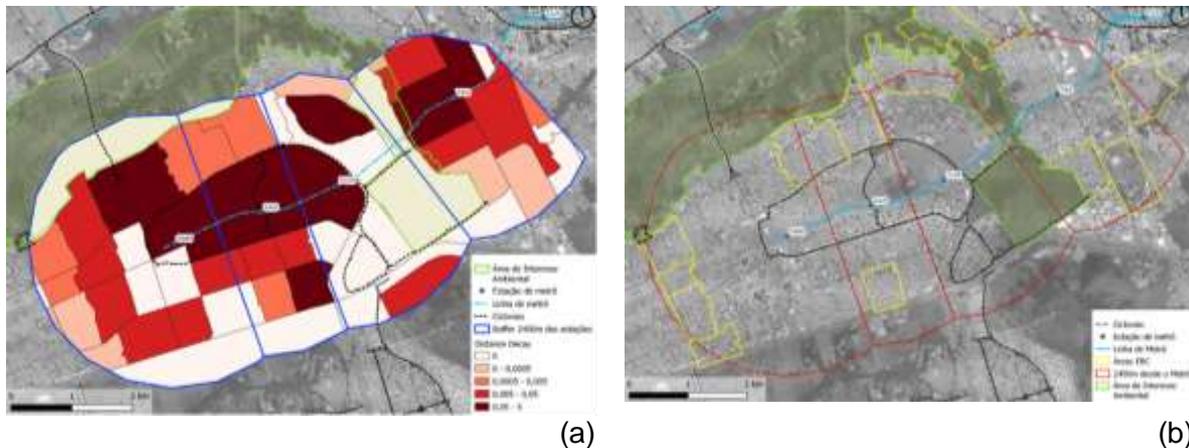


Figura 3 (a): *Distance decay*. Estações Samambaia Sul, Samambaia, Furnas e Taguatinga Sul. **Figura 3 (b):** Áreas de interesse de implantação de EBCs, delimitação por *Distance decay*. Fonte: Elaboração própria.

As áreas em branco representadas na Figura 3a indicam a ausência de dados disponíveis ou a falta de densidade demográfica nessas regiões. Além disso, é possível observar que, embora o parâmetro de *decay* diminua significativamente após os 500 metros das estações, alguns picos de atratividade são evidentes nas cores marrom e vermelho, principalmente entre 1 km e 1,5 km de distância. Apesar da atratividade ser maior nas imediações das estações, ainda há uma atratividade de passageiros significativa próxima à faixa de 2,4 km, que foi delimitada como área de estudo. Portanto, a seleção das áreas identificadas pelas cores laranja e rosa claro, com valores entre 0,005 e 0,0005 (Figura 3b), é preferível devido aos níveis mais baixos de atratividade, porém ainda com potencial para atrair passageiros.

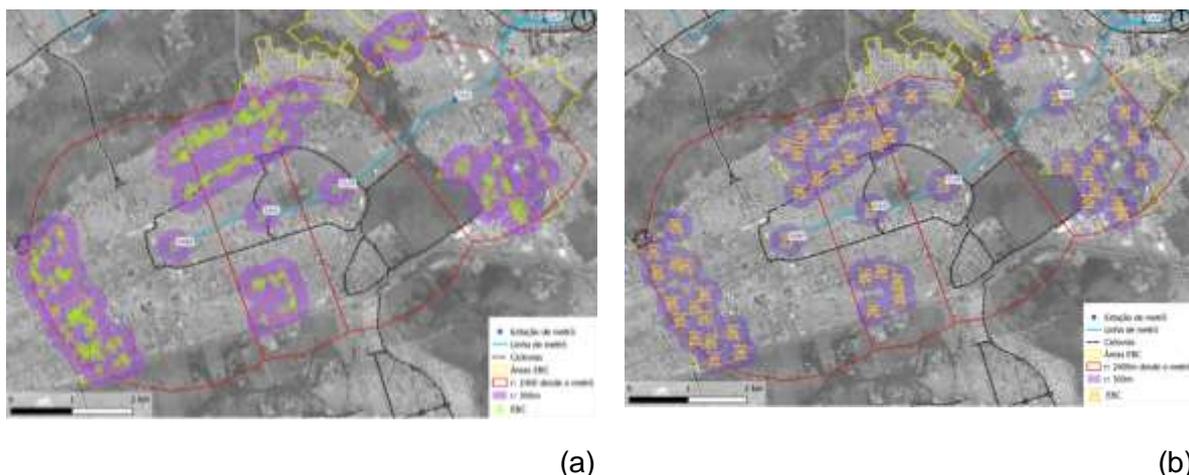


Figura 4 (a) – Implantação de EBCs. Fonte: Elaboração própria. **Figura 4 (b)** – Implantação de EBCs com eliminação de redundâncias. Fonte: Elaboração própria.

A seleção das áreas delimita a implantação inicial de EBCs, sendo que a localização específica dentro da área pode ser orientada por critérios propostos pelo ITDP (2018) e CET (2018). Dentre os critérios estão os posicionamentos em: local próximo à iluminação pública, áreas comerciais, áreas residenciais, passagens de pedestres, paradas de ônibus e áreas

calçadas destinadas a uso compartilhado entre bicicletas e pedestres. O resultado pode ser observado na Figura 4 (a). A partir da identificação das áreas potenciais, eliminam-se as estações com sobreposição maior que 300m (TEMBICI, 2018) para melhor distribuição dos equipamentos na área.

CONCLUSÕES

O método proposto neste estudo busca complementar os métodos existentes, visando a geolocalização de áreas potenciais para a implantação de estações de bicicletas em regiões que ainda não possuem esse tipo de infraestrutura. Optou-se pelo uso da ferramenta *distance decay* devido à escassez de dados disponíveis para os cálculos. No entanto, é ressaltada a importância de enriquecer a fórmula com dados relacionados à renda, idade, declividade e aquisição de dados qualitativos.

Os resultados obtidos demonstram que o padrão de atratividade não é linear para cada estação de metrô, ou seja, cada estação atrai uma quantidade diferente de passageiros em diferentes distâncias. Isso indica a necessidade de tratar cada área de forma individualizada, levando em consideração o comportamento dos passageiros, características geográficas e outros aspectos que influenciam a atratividade das estações. Esses aspectos devem ser explorados para ampliar a compreensão sobre o tema e aprimorar o método utilizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAHADORI, M. S.; GONÇALVES, A. R.; MOURA, F. A Systematic Review of Station Location Techniques for Bicycle-Sharing Systems Planning and Operation. *International Journal of Geo-Information*. n. 10, v. 554, <https://doi.org/10.3390/ijgi10080554>, 2021
- BLACK, A. *Urban Mass Transportation*. Kansas: McGraw-Hill INC., 1931. 411 p. ISBN 0070055572.
- CALLIL, V.; COSTANZO, D. (ORGS). *Estudos de Mobilidade por Bicicleta*. São Paulo: CEBRAP. 2018. 200p. ISBN 978-85-62676-19-2.
- CARDOZO e SILVA, 2015;
- CET. Critérios de Sinalização Diversos. SPP – Superintendência de Planejamento e Projetos. Estação de Bicicletas Compartilhadas. 2018.
- CHEN, J.; CHEN, J.; WU, W. Analysis of the Threshold of Transformation between Subway and Bicycle-Subway. *CICTP, Charleton*, p. 3779-3791, 2020.
- CNT. *Transporte Metroviário de Passageiros*. Brasília; 2016. 146p.
- DEMAIO, P. Bike-sharing: History, Impacts, Models of Provision and Future. *Journal of Public Transportation*, v. 12, n. 4, p. 41-56, 2009
- DEMISSIE, M. G.; PHITHAKKITNUKON, S.; KATTAN, L. Trip Distribution Modeling Using Mobile Phone Data: Emphasis on Intra-Zonal Trips. *IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS* 1, v. 20, n. 7, p. 2605 - 2617, 2019.
- DREZNER, T.; DREZNER, Z.; ZEROM, D. Facility Dependent *Distance decay* in Competitive Location. *Network and Spatial Economics, California*, v. 20, p. 915-934, 2020.
- DUARTE, F.; SÁNCHEZ, K.; LIBARDI, R. *Introdução à Mobilidade Urbana*. 1ª. ed. Curitiba: Juruá, 2017. 108 p. ISBN 978-85-362-1673-7.
- EBRAHIMI, Z. D.; MOMENITABAR, M.; NASRI, A. A.; MATTSON, J. Using a GIS-based spatial approach to determine the optimal locations of bikeshare stations: The case of Washington D.C. *Journal of Transport Policy*. n. 127, p. 48-60. 2022. DOI <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.08.008>.
- FECCHIO, L. G.; STRAMBI, O. Fatores que influenciam o uso da bicicleta no acesso e integração com o metrô: Estudo de caso na linha 4 - amarela do metrô de São Paulo. *Anais do 32º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Gramado, RS*, v. 1, p. 1-4, 2018. Disponível em: <http://www.anpet.org.br/anais32/documentos/2018/Planejamento%20Territorial%20do%20Transporte/Mobilidade%20Sustentavel/2_94_RT.pdf>.
- FAN, A.; CHEN, X.; WAN, T. How Have Travelers Changed Mode Choices for First Last Mile Trips after the Introduction of Bicycle-Sharing Systems: An Empirical Study in Beijing, China. *Journal of Advanced Transportation*, p. 16, 2019.
- GAO, K.; YANG, Y.; Li, A.; Qu, X. Spatial Heterogeneity in *distance decay* of using bike sharing: An empirical large-scale analysis in shanghai. *Transportation Research Part D*, v. 94, 2021. ISSN 1361-9209.
- GEIPOT. *Manual de planejamento cicloviário*. 3ª. ed. Brasília: [s.n.], 2001. 126 p.
- GIANNOTTI, M.; TOMASIELLO, D. B.; BITTENCOURT, T. A. The bias in estimating accessibility

inequalities using gravity-based metrics. *Journal of Transport Geography*, São Paulo, n. 101, 2022.

ITDP. *Guia de Sistemas de Bicicleta Compartilhada*. 2018.

JOHNSON, D.; ERCOLANI, M.; MACKIE, P. Econometric analysis of the link between public transport accessibility and employment. *Transport Policy*, London, v. 60, p. 1-9, 2017.

LOPES, G. G. G. L. S. Estudo de demanda dos usuários do transporte público da UnB com vista à ampliação da linha do metrô na Asa Norte. Universidade de Brasília. Brasília, p. 69. 2018.

MANGAN, M. M. Integrating First and Last Mile access measures in the estimation of light rail transit ridership. Tese, San Diego, USA, 2013.

MENG, M.; KOH, P. P.; WONG, Y. D. Influence of Socio-Demography and Operating Streetscape on Last-Mile Mode Choice. *Journal of Public Transportation*. v. 19, n. 2, 2016.

MOSTARAC, K.; KAVRAN, Z.; RAKIĆ, E. Accessibility of Universal Postal Service According to Access Points Density Criteria: Case of Study of Bjelovar-Bilogora County, Croatia. *Traffic and Transportation*, Zagreb, v. 31, n. 2, p. 173-183, 2019.

NASCIMENTO, M. M.; CAVALCANTE, C. B. A eficiência do sistema de bicicleta Integrada: Um estudo em Fortaleza. 32º Congresso em pesquisa e Ensino de transportes. Gramado - RS. ANPET. P. 2618-2629, 2018.

PAIVA, M. D. Fatores que influenciam no uso da bicicleta com o metrô. [S.l.]: Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia, 2013.

PUN-CHENG, L. S. C. *Distance decay*. *The International Encyclopedia of Geography*, Hong Kong, 2016.

QIN, J.; LEE, S.; YAN, X.; TAN, Y. Beyond solving the last mile problem: the substitution effects of bike-sharing on a ride-sharing platform. *Journal of Business Analytics*, Beijing, v. 1, n. 1, p. 13-28, 2018

RODRIGUES, T. D. J. Impactos econômicos e espaciais do metrô na área urbana de Salvador. Universidade Federal da Bahia. Salvador, p. 88. 2018.

SANTOS, J. V.; JÚNIOR, A. S.; RODRIGUES, S. G. VLT como elemento inovador do transporte público brasileiro. *Revista de Gestão e Secretariado*. v. 14, n. 1, p. 662-680, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.7769/gesec.v14i1.1541>

SEGETH. Mobilidade ativa no entorno das estações de metrô, Brasília, 2015. Disponível em: <<https://www.rodasdapaz.org.br/wp-content/uploads/2015/07/Mobilidade-ativa-no-entorno-das-esta%C3%A7%C3%B5es-do-Metr%C3%B4.pdf>>. Acesso em: 30 Novembro 2022.

SGAHEEN e CHAN (2016)

SHU, S.; BIAN, Y.; RONG, J.; XU, D. Determining the exact location of a public bicycle station – The optimal *distance* between the building entrance/exit and the station. *Plos One*. v. 12, n. 2, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212478>, 2019.

STĘPNIAK, M.; ROSIK, P. The Role of Transport and Population Components in Charge in Accessibility: The influence of the *Distance decay* Parameter. *Netw Spat Econ*, Warsaw, v. 18, p. 291-312, 2018.

TEMBICI. Apresentação de Estudos Técnicos. 2018.

VAZ, L. F. H.; CASTRO, B. H. R., MALBURG, C. H. R.; MESENTIER, A. A. P.; SOUZA, F. O. Transporte sobre trilhos no Brasil: Uma perspectiva do material rodante. BNDES, Rio de Janeiro, n. 40, p. 235-281, 2014.

VENTER, C. J. Measuring the quality of the first/last mile connection to public transport. *Research in Transportation Economics*. Pretoria, v. 83, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100949>

VUCHIC, V. R. *Urban Transit Systems and Technology*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007. ISBN 978-0-471-75823-5.

YANG, H. ; LI, X.; LI, C.; HUO, J.; LIU, Y. How Do Different Treatments of Catchment Area Affect the Station Level Demand Modeling of Urban Rail Transit? *Journal of Advanced Transportation*, Chengdu, v. 2021, 2021.

WANG, *et al.* (2020)

ZUO, T.; WEI, H.; CHEN, N. Promote transit via hardening first-and-last-mile accessibility: Learned from modeling commuters' transit use. *Transportation Research*, v. 86, ISSN 1361-9209, 2020a. DOI <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102446>

ZUO, T.; WEI, H.; CHEN, N.; ZHANG, C. First-and-Last mile solution via bicycling to improving transit accessibility and advancing transportation equity. *Cities*, v. 99, ISSN 0264-2751, 2020b. DOI <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102614>