ESG - ENVIRONMENTAL,SOCIAL AND GOVERNANCE
SINGEURB
IV Simpósio Nacional de Engenharia Urbana

Rio de Janeiro, 22 a 24 de novembro de 2023

UMA APLICAÇÃO DO SIG PARA LOCALIZAÇÃO DE ÁREAS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO COM POTENCIAL PARA COMPARTILHAMENTO DE BICICLETAS

A GIS APPLICATION FOR LOCATING AREAS IN RIO DE JANEIRO WITH POTENTIAL FOR BIKE SHARING.

DIAS, Matheus Neiva[1]; ALMEIDA, Camilla Espírito Santo[2]; ODA, Sandra[3] ; SILVA, Marcelino Aurélio Vieira da[4]

[1] Universidade Federal do Rio de Janeiro, matheus.neiva@pet.coppe.ufrj.br
[2] Universidade Federal do Rio de Janeiro, camillaesalmeida@pet.coppe.ufrj.br
[3] Universidade Federal do Rio de Janeiro, sandraoda@poli.ufrj.br
[4] Universidade Federal do Rio de Janeiro, marcelino@pet.coppe.ufrj.br

RESUMO

Atualmente, a rede cicloviária da cidade do Rio de Janeiro conta com 487 quilômetros de extensão. Apesar disso, existem problemas de continuidade e de integração com outros modos de transporte público, padrão que é seguido pelo sistema de bicicletas compartilhadas da cidade. Por esse motivo, o objetivo deste artigo foi identificar áreas de maior potencial para alocar a expansão do sistema, utilizando o método de análise multicritério Analytic Hierarchy Process (AHP) e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Para isso foram utilizados dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Ministério Público do Rio de Janeiro (MPRJ). Através desse estudo foi possível identificar que outras centralidades da cidade possuem grande potencial de demanda para expansão do sistema, em especial bairros como Madureira, Maracanã e Penha. O fortalecimento do transporte ativo nessas localidades pode promover um maior desenvolvimento socioeconômico descentralizado, sustentável e igualitário. Este estudo fornece uma ferramenta de apoio aos tomadores de decisão na promoção de maior mobilidade e acessibilidade no transporte urbano.

Palavras-chave: sistema de bicicletas compartilhadas, análise multicritério, SIG.

ABSTRACT

Currently, the cycling network in the city of Rio de Janeiro has 487 kilometers. However, there are issues with continuity and integration with other public transportation modes, a pattern that also affects the city's bike-sharing system. For this reason, the objective of this article was to identify areas with higher potential to allocate the expansion of the system, using the Analytic Hierarchy Process (AHP) multicriteria analysis method and Geographic Information Systems (GIS). Data from the Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) and the Ministério Público do Rio de Janeiro (MPRJ) were used for this purpose. Through this study, it was possible to identify that other central areas of the city have significant potential demand for the expansion of the system, particularly neighborhoods like Madureira, Maracanã, and Penha. Strengthening active transportation in these locations can promote more decentralized, sustainable, and equitable socio-economic development. This study provides a supporting tool for decision-makers in promoting greater mobility and accessibility in urban transportation.

***Keywords**: bike sharing system, multicriteria analysis, GIS.*

1 INTRODUÇÃO

Cidades brasileiras enfrentam problemas com o uso excessivo de carros particulares, mas a mobilidade urbana sustentável com prioridade para transporte coletivo e bicicletas pode ser uma alternativa. A cidade do Rio de Janeiro é composta por uma extensa rede cicloviária, mas que possui diversas desigualdades e falta de integração com outros meios de transporte.

Este artigo busca apoiar os tomadores de decisão na expansão do sistema de compartilhamento de bicicletas (Bike Rio) na cidade do Rio de Janeiro. Através do uso do método de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) e do uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), serão identificadas áreas favoráveis para a implantação do serviço, considerando densidade populacional, renda da população e proximidade a pontos geradores de viagens, além da integração com outros modos de transporte coletivo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A bicicleta é uma excelente opção para promover a mobilidade sustentável: não polui, tem baixo custo, beneficia a saúde humana e é ideal para deslocamentos curtos e integração com transporte público de alta capacidade (SILVEIRA & ANDRADE, 2017).

Segundo a Associação Brasileira do Setor de Bicicletas – Aliança Bike (2023), a cidade do Rio de Janeiro é a terceira maior rede cicloviária das cidades brasileiras, possuindo um total de 487 km de ciclovias e ciclofaixas, porém, essa rede é composta por trechos desconexos e possui pouca integração com outros modos de transporte (SILVEIRA & ANDRADE, 2017).

A rede cicloviária carioca enfrenta duas problemáticas. Primeiro, há uma distribuição desigual da infraestrutura, concentrando-se nos bairros com população

de renda elevada, indicando um desequilíbrio nos investimentos em mobilidade. Segundo, a maior parte da infraestrutura está localizada em áreas de lazer, como orlas e parques, dificultando o uso da bicicleta como meio de transporte urbano (SILVEIRA & ANDRADE, 2017).

Para a localização das estações, fatores como densidade populacional, características sociais e demográficas, pólos geradores de viagem, uso do solo, infraestrutura de transporte e densidade de locais de trabalho devem ser considerados. A proximidade de áreas residenciais, comerciais, lazer e pontos de integração com outros modos de transporte é essencial para completar a rede do sistema de transporte público coletivo existente (ZULUAGA et al., 2018; LOIDL et al., 2019).

No Centro da cidade do Rio de Janeiro, uma extensa infraestrutura cicloviária foi desenvolvida como parte dos projetos de renovação para os Jogos Olímpicos Rio 2016. Essa área possui alta demanda de transporte público coletivo devido à concentração de postos de trabalho, tornando a integração com a rede cicloviária essencial. Já os bairros da zona sul e Barra da Tijuca possuem uma população de renda mais elevada e maior infraestrutura de transporte, com grande parte de suas redes cicloviárias situadas em áreas de lazer (SILVEIRA & ANDRADE, 2017).

O atual sistema de bicicletas compartilhadas do Rio de Janeiro tem 310 estações restritas ao bairro da Barra da Tijuca e bairros da Zona Sul e do Centro, não sendo ofertado em outras regiões da cidade. Em novembro de 2022, a Prefeitura do Rio de Janeiro autorizou uma nova concessão do sistema de compartilhamento de bicicletas (Bike Rio) na cidade. A nova concessão prevê um aumento de 45% do sistema já existente, passando a ter 520 estações e até 5.200 bicicletas distribuídas na região central e nas zonas norte, sul e oeste da cidade (PREFEITURA RIO, 2022).

3 MÉTODO APLICADO

O objetivo deste artigo é apoiar os tomadores de decisão na expansão do sistema de compartilhamento de bicicletas (Bike Rio) na cidade do Rio de Janeiro, avaliando as áreas da cidade que possuem potencial para a implantação de estações desse sistema. Este é um problema de planejamento urbano no qual os tomadores de decisão podem ser auxiliados por uma integração de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) com um método de decisão multicritério. Desta forma, o projeto foi executado em duas etapas.

Na primeira etapa, foi utilizado um método de apoio multicritério à decisão para a seleção de bairros da cidade com maior potencial de implantação do sistema de bicicletas compartilhadas. Foram utilizados os parâmetros definidos por Zuluaga et al. (2018) e Loidl et al. (2019) para avaliar e qualificar esse potencial dos bairros. Para isso, foram utilizados dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Na segunda etapa, o sistema SIG foi empregado para a definição de pontos de alocação nesses bairros, visando o potencial de instalação de estações de

bicicleta compartilhada. Nesse processo, foram utilizados mapas fornecidos pelo DATARIO e pelo Ministério Público do Rio de Janeiro (MPRJ), os quais foram manipulados nos softwares TransCAD e Photoshop.

O Analytic Hierarchy Process (AHP) é um método de apoio multicritério que auxilia na tomada de decisão para resolver problemas com múltiplos critérios, fazendo uma análise comparativa, em pares, dos critérios para expressar o impacto dos elementos da hierarquia (GROSS, 2010).

Os (SIG) fazem parte do conjunto de técnicas matemáticas e computacionais que transformam dados espaciais em informações, conhecido como geoprocessamento. Os SIGs produzem, armazenam, processam e analisam dados espaciais para auxiliar na tomada de decisões georreferenciadas em diversas áreas científicas e organizações (PASSOS, 2018; DUARTE, 2021).

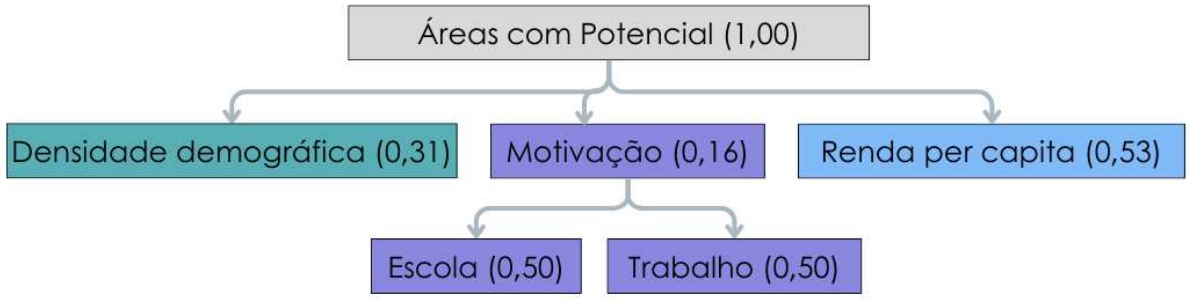
4 APLICAÇÃO E DADOS OBTIDOS

4.1 Escolha da área de estudo

O método AHP foi utilizado para a seleção de bairros da cidade com maior potencial de implantação do sistema de bicicletas compartilhadas. Os critérios utilizados para a análise foram densidade demográfica, renda per capita e quantidade de residentes com viagens diárias para estudo e trabalho.

Estes critérios foram estabelecidos com base na revisão bibliográfica. Para valorizar a característica da bicicleta como um modo de transporte de baixo custo, foi dado maior peso para o critério renda per capita, seguido pelos critérios de densidade e motivação de viagem. A árvore de critérios com os pesos correspondentes pode ser vista na Figura 1.

Figura 1 – Árvore de critérios



Fonte: autoria própria

Foram utilizados dados do Censo Demográfico do IBGE (2010), organizado por áreas de ponderação, que são agregados de setores censitários que permitem a calibração das estimativas populacionais produzidas pelo IBGE, e posteriormente foram selecionados os bairros correspondentes às áreas de ponderação. Para a população, utilizaram-se dados de densidade populacional. Para renda per capita,

normalizaram-se os dados com uma escala de pontuação (Tabela 1) multiplicando a quantidade de população em cada faixa de rendimento (A, B, C, D e E) pela pontuação correspondente.

Essa normalização foi feita através da equação 1.

$$Renda = [(A\times1) + (B\times2) + (C\times3) + (D\times4) + (E\times5)]/(A + B + C + D + E) \quad (1)$$

Desta forma, as áreas de ponderação com o maior porcentual de domicílios sem rendimento até com um salário mínimo de rendimento mensal ocupam as primeiras posições do ranking resultante do método AHP desse critério.

Tabela 1: Pontuação do critério renda per capita

Classes	Faixa de Rendimento Mensal	Pontuação
A	Mais de 2 salários mínimos	1
B	1 a 2 salários mínimos	2
C	1/2 a 1 salário mínimo	3
D	Até 1/2 salário mínimo	4
E	Sem rendimento	5

Fonte: autoria própria

Foram considerados os indivíduos acima de 15 anos de idade que frequentam a escola para o critério motivação-escola. E para o critério motivação-trabalho, os dados também foram normalizados através de uma escala de pontuação (Tabela 2), onde a quantidade de população dentro da faixa de tempo de deslocamento para o trabalho foi multiplicada pelo seu respectivo peso.

Essa normalização foi feita através da equação 2.

$$Trabalho = [(A\times1) + (B\times2) + (C\times3) + (D\times4) + (E\times5)]/(A + B + C + D + E) \quad (2)$$

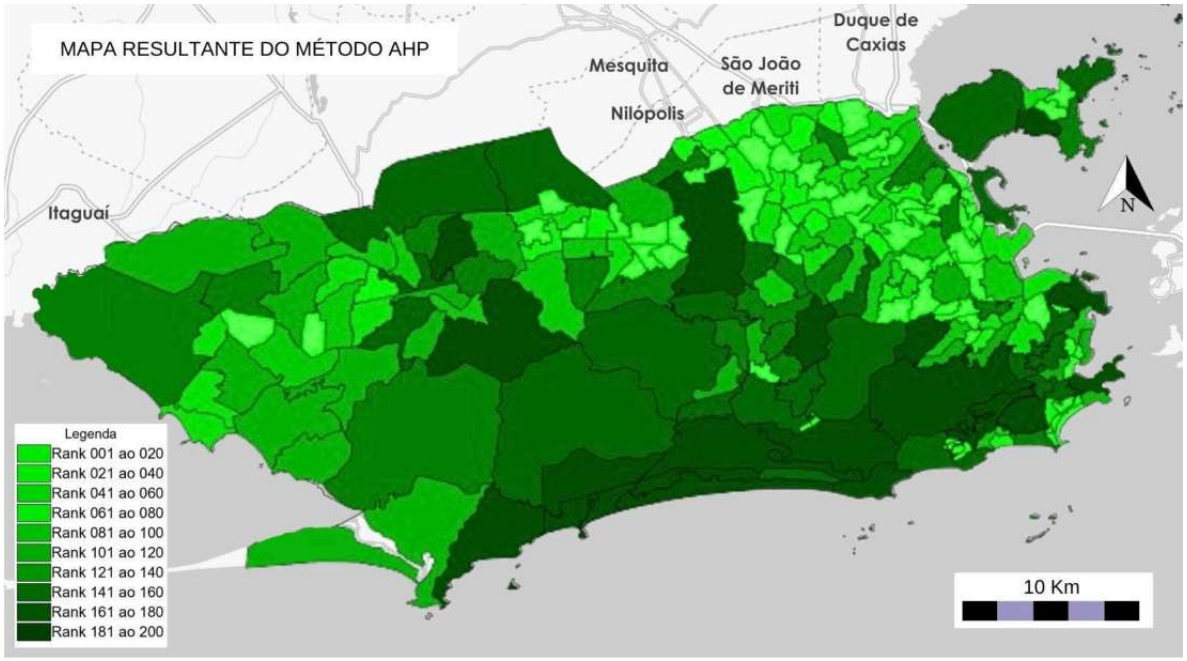
Tabela 2: Pontuação do critério motivação-trabalho

Classes	Faixa de Tempo de Deslocamento	Pontuação
A	Até 5 minutos	1
B	De 5 a 30 minutos	2
C	De 30 minutos a 1 hora	3
D	De 1 a 2 horas	4
E	Mais de 2 horas	5

Fonte: autoria própria

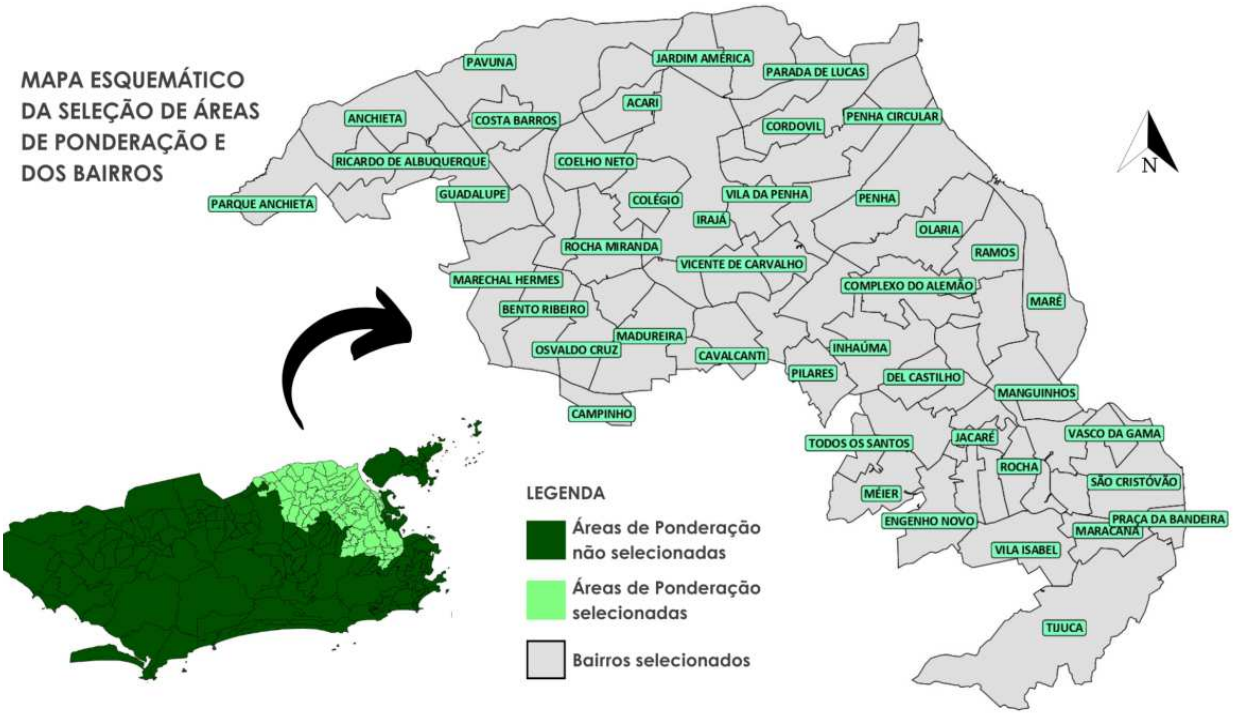
Desta forma, as áreas de ponderação com o maior porcentual de pessoas que gastam de 30 minutos a mais de 2 horas no deslocamento diário de seu domicílio até o seu local de trabalho, ocupam as primeiras posições do ranking resultante do método AHP desse critério.

Figura 2 – Mapa resultante do Método AHP



Fonte: autoria própria (adaptado de DATARIO (2022) e MPRJ (20223)

Figura 3 – Limite dos bairros selecionados



Fonte: autoria própria (adaptado de DATARIO (2022) e MPRJ (20223)

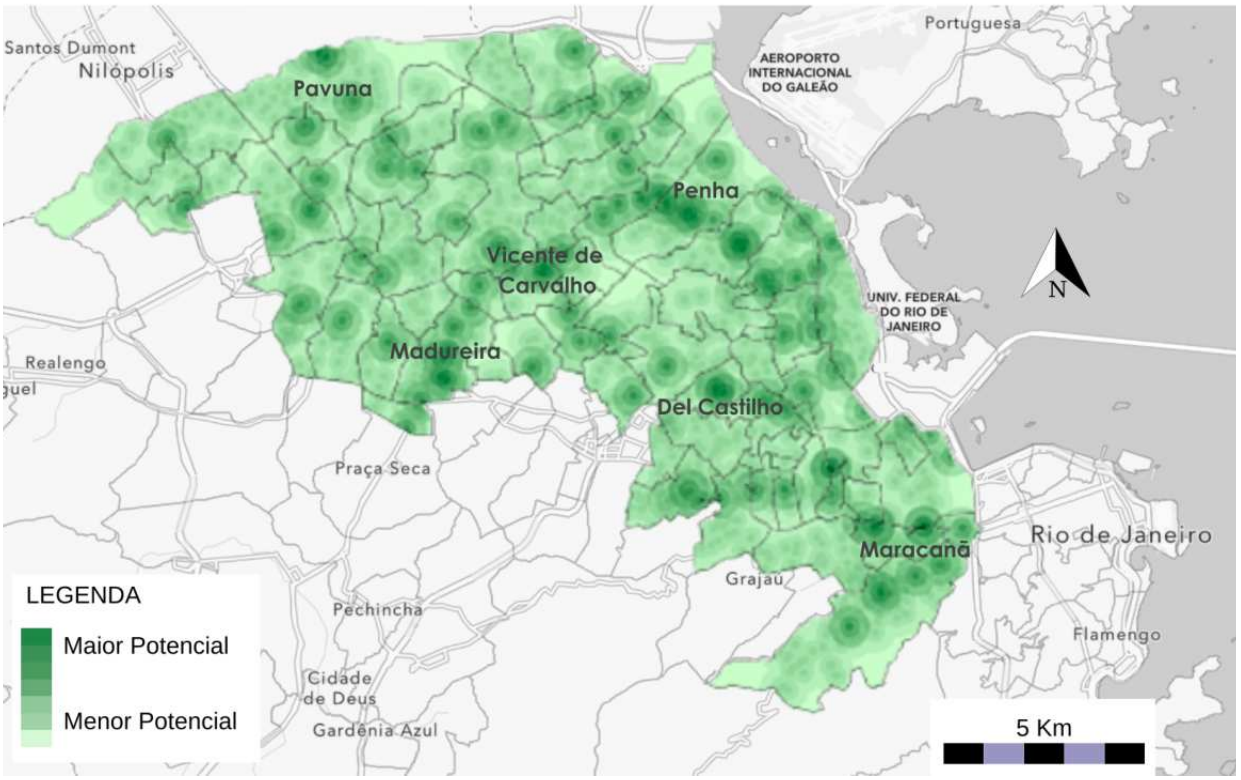
Aplicando o método AHP com os dados, o resultado final é o mapa temático da Figura 2. Através da análise visual da Figura 2, foi possível selecionar a área em que existe uma concentração de áreas de ponderação com maior potencial para alocação de estações de bicicleta compartilhada. A área de estudo selecionada foi composta pelos bairros integrantes das áreas de ponderação selecionadas, conforme mapa esquemático apresentado na Figura 3.

4.2 Pontos de alocação

De acordo com a bibliografia acerca do sistema de compartilhamento de bicicletas, as estações desse sistema devem ser localizadas próximas a terminais dos demais modos de transporte e em áreas que forneçam atratividade. Sendo assim, os pontos escolhidos neste artigo são os de estações de modos de transporte coletivo de alta capacidade (BRT, trem e metrô), escolas, hospitais, shopping e estádios (Estádio Jornalista Mário Filho – Maracanã – e Estádio São Januário).

Dessa forma, foram feitas as adições dos mapas das estações de BRT (Bus Rapid Transit), trem e metrô e da localização de escolas, hospitais, shopping e estádios, também disponibilizados pelo MPRJ, ao mapa de limite dos bairros e posteriormente foi utilizado o comando *bands or buffers* para fazer raios de proximidade dos pólos geradores de viagem (PGV) de 100 m, 250 m e 500 m de raio, gerando novos layers para cada um dos sete PGV (estação de BRT, estação de trem, estação de metrô, escola, hospital, shopping e estádio).

Figura 4 – Mapa resultante



Fonte: autoria própria (adaptado de DATARIO (2022) e MPRJ (2023)

Em seguida, foi feita uma sobreposição desses layers que resultou no mapa da Figura 4, a sobreposição foi feita de modo que os *buffers* com proximidade de 100 m, 250 m e 500 m tivessem transparências de 50, 75 e 90% respectivamente para os pólos geradores de viagem escola, hospitais, shoppings e estádios. Em relação aos *buffers* das estações de modos de transporte de alta capacidade para os raios de 100 m, 250m, e 500m as transparências foram de 10, 25 e 50% respectivamente.

Dessa forma, o mapa resultante da Figura 4 apresenta tons mais escuros em áreas de maior proximidade a pólos geradores de viagem, com maior peso para aqueles próximos a estações de modos de transporte de alta capacidade.

Na Figura 4 pode ser feita uma análise visual através dessa graduação de cores em que os tons mais escuros representam localidades com maior potencial para a alocação das estações do sistema de bicicletas compartilhadas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na primeira etapa do estudo, analisou-se características populacionais em toda a cidade do Rio de Janeiro para identificar bairros potencialmente adequados ao sistema de bicicletas compartilhadas. Utilizou-se uma análise multicritério com dados de densidade populacional, renda e número de habitantes que frequentam escolas e trabalho. Essa etapa resultou na seleção de 66 bairros na Zona Norte para a próxima fase.

Na segunda etapa, com o uso de SIG, mapeou-se as regiões desses bairros com maior densidade de pontos de interesse, destacando áreas como Madureira, Del Castilho, Penha, Vicente de Carvalho e Maracanã, consideradas outras centralidades na cidade do Rio de Janeiro.

Este estudo pode auxiliar os tomadores de decisão pois identificou áreas propícias para mobilidade sustentável, embora seja necessário fortalecer a infraestrutura, como a rede cicloviária. A oferta do serviço nessas regiões pode aumentar o uso de bicicletas em viagens de curta e média distância, desde que sejam incentivadas ações para tornar o uso mais atrativo em comparação a outros modos de transporte. A integração das estações com outros modos de transporte público também deve ser aprimorada através de ajustes na infraestrutura viária e ciclovias.

O serviço de compartilhamento de bicicletas no Rio de Janeiro atualmente está concentrado em regiões centrais, com maior oferta de empregos, renda e transporte público. A expansão prevista deve incluir outras centralidades, como Penha, Del Castilho e Madureira, para fortalecê-las e aumentar a acessibilidade, reduzindo a dependência das regiões tradicionais.

Estudos futuros devem considerar aspectos de segurança, criminalidade e infraestrutura urbana dos bairros selecionados. Também é necessário analisar a modelagem de uma rede cicloviária adequada e segura para viagens entre as estações, levando em conta características do sistema viário existente.

REFERÊNCIAS

ALIANÇA BIKE. **Ciclovias e ciclofaixas nas capitais**. 2023. Disponível em: <https://aliancabike.org.br/dados-do-setor/ciclovias-e-ciclofaixas/>. Acesso em: 03 de agosto de 2023.

DATA RIO Instituto Pereira Passos. **Dados**. 2022. Disponível em: <https://www.data.rio/search?collection=Dataset>. Acesso em: 08 de dezembro de 2022.

DUARTE, B. C. **Mobilidade Urbana Sustentável: estudo sobre infraestrutura cicloviária em Jacarepaguá utilizando Sistema de Informações Geográficas**. Projeto de Graduação – Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, dez. 2021.

GROSS, J. C. **Multicritério de Apoio à Decisão**. Indaial: Uniasselvi, 2010.

IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/apps/areaponderacao/index.html>. Acesso em: 16 jan. 2023.

LOIDI, M.; WITZMANN-MULLER, U.; ZAGELI, B. A spatial framework for Planning stationbased bike sharing systems. **European Transport Research Review**. v. 11, n. 9, jan. 2019. ISSN 1867-0717. Disponível em: <https://etrr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-019-0347-7>. Acesso em: 16 jan. 2023. DOI: 10.1186/s12544-019-0347-7.

MPRJ MINISTÉRIO PÚBLICO DO RIO DE JANEIRO. **MPRJ em mapas**. Rio de Janeiro: MPRJ, 2023. Disponível em: <http://apps.mprj.mp.br/sistema/inloco/>. Acesso em: 16 de janeiro de 2023.

PASSOS, S. V. G. **Instrumento de apoio à criação de um mapa de potencial ciclável da rede viária com recurso a SIG**. Dissertação (Mestrado) – Sistemas de Informação Geográfica. Universidade da Beira Interior. Covilhã, out. 2018.

PREFEITURA RIO. **Prefeitura do Rio ampliará em 45% o número de estações de bicicletas** compartilhadas. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://prefeitura.rio/fazenda/prefeitura-do-rio-ampliara-em-45-o-numero-de-estacoes-de-bicicletas-compartilhadas/>. Acesso em: 26 de janeiro de 2023.

SILVEIRA, L. Q.; ANDRADE, V. A integração bicicleta-metrô no Rio de Janeiro: características socioespaciais. In: 21º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito. São Paulo, 2017.

ZULUAGA, J. D.; ESCOBAR, D. A.; YOUNES, C. A GIS approach based on user location to evaluate a bike-sharing program. Dyna, v. 85, n. 204, p. 257-263, mar. 2018. ISSN: 00127353. Disponível em: <http://mr.crossref.org/iPage?doi=10.15446%2Fdyna.v85n204.67670>. Acesso em 15 de janeiro de 2023. DOI: 10.15446/dyna.v85n204.67670.