

Tecnologia de Geoinformação na Avaliação da Mobilidade Infantil em Áreas Urbanas: da Cidade Planejada à Cidade Informal

Geoinformation Technology in the Assessment of Children's Mobility in Urban Areas: from the Planned to the Informal City

Ana Clara Mourão Moura¹ 

Christian Rezende Freitas² 

Palavras-chave

Análise Multicritérios
Análise de Sensibilidade
Mobilidade Infantil
Cidades para Crianças
Geoprocessamento

Resumo

O artigo relata o emprego de tecnologias de geoinformação como suporte à análise espacial de adequabilidade de vias urbanas para a mobilidade infantil independente, com vistas a entender as diferenças de oportunidades entre áreas da cidade planejadas e áreas não planejadas, sendo as segundas em um exemplo de vulnerabilidade social. Os estudos de caso são desenvolvidos em áreas conectadas em Belo Horizonte, sendo a primeira a cidade tradicional projetada e a segunda um recorte de uma favela e seus arredores. Explora modelos de Análise de Multicritérios por Pesos de Evidência (*Multicriteria Analysis*) e de Análise de Sensibilidade para Avaliação de Adequação (*Sensitivity Analysis to Suitability Evaluation*). A partir da escolha criteriosa de variáveis de análise, apoiado por ampla revisão bibliográfica sobre o tema, são elaborados mapas temáticos que caracterizam cada condição de ocupação, segundo características físicas, presença de infraestrutura, tipologias de uso, ocupação humana do espaço. Uma vez elaboradas as variáveis iniciais, elas são integradas para espacialização do nível de vulnerabilidade espacial, e são avaliados os níveis de incerteza das distribuições espaciais. O resultado é a identificação da área planejada como mais propícia para o desenvolvimento da criança. A abordagem apresenta critérios defensáveis e reproduzíveis para outros estudos de caso futuros.

Keywords

Multicriteria Analysis
Sensitivity Analysis
Child Mobility
Child-Friendly Cities
Geoprocessing

Abstract

The article presents the use of geoinformation technologies to support the spatial analysis of the suitability of urban roads for independent child mobility, aiming to understand the differences in opportunities between planned areas of the city and unplanned areas, the latter being an example of social vulnerability. The case studies are developed in connected areas in Belo Horizonte, with the first being the traditional planned city and the second a section of a favela and its surroundings. It explores models of Multicriteria Analysis by Weights of Evidence and Sensitivity Analysis to Suitability Evaluation. Based on the careful selection of analysis variables, supported by an extensive literature review on the subject, thematic maps are created, which characterize each occupation condition, according to physical characteristics, presence of infrastructure, types of use, and human occupation of space. Once the maps have been created with the initial variables, the collection is integrated for the spatial representation of the level of spatial vulnerability, and the levels of uncertainty in the spatial distributions are evaluated. The result is the identification of the planned area as more conducive to child development, in comparison to the social vulnerability area. The approach presents defensible and reproducible criteria for other future case studies.

INTRODUÇÃO

O estudo da mobilidade infantil, seja ela ativa ou independente, é do interesse do planejador urbano para subsidiar políticas de inclusão deste grupo social no pleno uso das condições de habitabilidade e de desenvolvimento de suas atividades, que fazem parte do livre crescer, da construção de cidadãos ativos e participantes. Crianças que iniciam suas vidas a partir da mobilidade ativa, são potenciais adultos que irão utilizar menos o automóvel. Estudos sobre a análise da qualidade espacial para a mobilidade infantil preparam o espaço urbano para a caminhabilidade pois, onde circulam crianças, podem circular em melhores condições os adultos.

Como o objetivo de realizar investigações sobre o tema, pesquisas apoiadas por agências de fomento têm sido desenvolvidas, com o intuito de observar e mensurar como as crianças usam o espaço urbano em suas muitas atividades, do lazer ao se deslocar para seus deveres. As pesquisas abordaram, particularmente, a mobilidade infantil independente, que se caracteriza pela possibilidade da criança se deslocar por conta própria, sem maiores riscos à sua segurança, mas também usufruindo da experiência das vivências que o espaço coletivo pode proporcionar nos valores do lúdico, da qualidade ambiental, do convívio social, das informações coletivas, entre outros (Savolainen *et al.*, 2025).

A mobilidade infantil independente ainda enfrenta muitos obstáculos, relacionados à possibilidade da independência de menores de idade. Em outros países, há mais detalhados e robustos estudos sobre o tema, pois a questão do risco não é impedimento inicial, de modo que há mais pesquisas sobre benefícios e sobre a possibilidade de incentivo à ação (Ferreira *et al.*, 2024; Weir, 2023; Frohlich; Collins, 2024).

A legislação brasileira não estabelece uma idade específica para que uma criança possa andar sozinha na rua, mas menciona que esta possibilidade deve ser mensurada pelos pais em virtude da maturidade da criança e das condições do ambiente onde ela irá transitar. De acordo com o Código Civil Brasileiro, os pais têm a obrigação de zelar pelo bem-estar dos seus filhos e, portanto, devem avaliar se a criança está apta a se locomover sozinha com segurança. Já o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) orienta sobre a responsabilidade dos adultos em garantir sua proteção, mas apresenta, em seu capítulo II, o direito de ir e vir nos logradouros públicos, especificando no Artigo 16: “ir, vir e

estar nos logradouros públicos e espaços comunitários, ressalvadas as restrições legais”.

Diante do interesse e direito de ir e vir infantil, como entender, de modo pragmático e claro, as condições de um ambiente, tanto no que se refere à segurança como também ao valor de se realizar a mobilidade?

A presente pesquisa apresenta proposta metodológica de avaliação, com o uso de critérios defensáveis e reproduzíveis, das condições do espaço público destinado à mobilidade e à permanência nas vias públicas, de modo a entender as vulnerabilidades e potencialidades das condições existentes para a mobilidade infantil, seja ela ativa e/ou independente. Ele aborda duas áreas com condições espaciais bem diferenciadas: uma área planejada e com as melhores condições urbanas, e uma área de vulnerabilidade social e sua área de influência, onde a criança tem maior probabilidade de circular a pé. A escolha das duas áreas visa aplicar a metodologia de análise espacial em condições de urbanização diferenciadas.

A primeira área trabalhada foi a delimitada pela Av. do Contorno, em Belo Horizonte, caracterizada como cidade planejada. Ela foi implantada como cidade positivista, nos anos de 1897, através da mudança da capital de Ouro Preto para Belo Horizonte. A nova capital foi desenhada segundo os princípios da cidade-jardim, composta por vias ortogonais em reticulados uniformes, arborizadas, distribuição de parques e praças, embora tenha optado por ignorar os desenhos dos cursos d'água. A área delimitada pela Av. do Contorno foi caracterizada como “área central urbana”, e recebeu toda a estrutura urbana de transportes, educação, saneamento e assistência médica; abrigou os edifícios públicos, e ali se instalaram os estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços.

Belo Horizonte foi planejada para receber cerca de 200.000 habitantes, contando com a área central, a suburbana e a rural. Hoje, 128 anos após a inauguração, a cidade apresenta 2.315.560 habitantes, em área de 331 km². A área delimitada pela Av. do Contorno conta com 83.905 habitantes distribuídos em 8,87 km² (IBGE, 2022) (Figura 1).

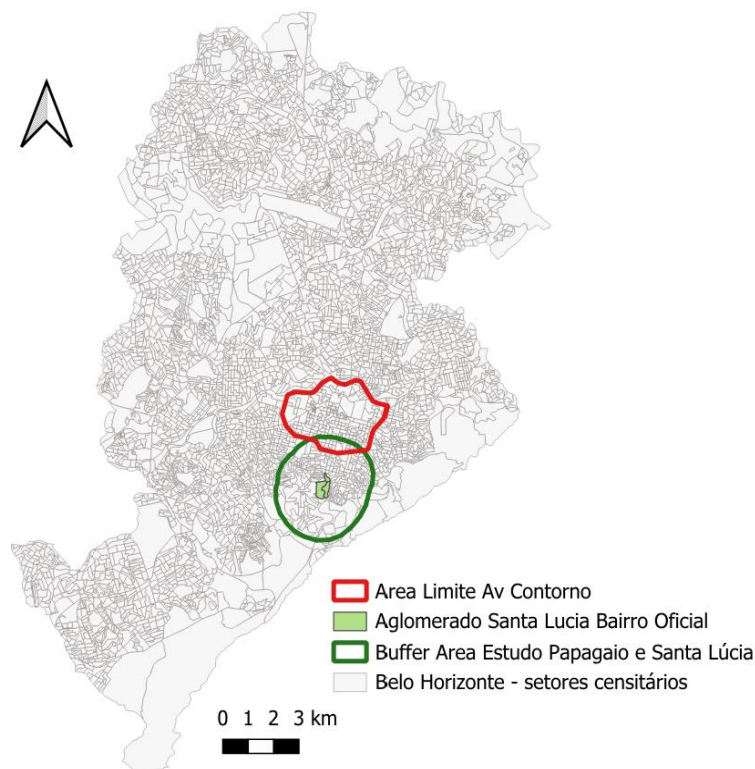
O estudo da mobilidade infantil ativa e independente na área delimitada pela Av. do Contorno visou entender, na porção mais bem planejada da cidade, quais eram as variáveis componentes principais que interferem na qualidade dos espaços urbanos para o uso da criança. Identificadas as variáveis, o estudo empregou a “Análise de Multicritérios” (MCA – *Multicriteria Analysis – Weighted Sum*) para identificação de um ranking das melhores e

piores áreas, assim como o emprego do método de “Análise de Incertezas” para identificação das áreas onde poderia haver dúvidas nos resultados. (SASE – *Sensitivity Analysis to Suitability Evaluation*) (Moura *et al.*, 2024).

Diante dos primeiros resultados, foi colocada a questão: o estudo teve como espaço de análise uma área projetada e favorecida por recursos urbanos. Mas como seriam os resultados em área de vulnerabilidade social? E é desta questão que surge o objeto de investigação deste artigo, que aplicou o mesmo processo metodológico na região do Morro do Papagaio e

Aglomerado Santa Lúcia, áreas de vulnerabilidade social caracterizadas como Vilas, onde vivem 12.494 pessoas em 0,383 km². No recorte da área dos aglomerados foi usado o princípio de área de influência de deslocamento a pé, onde circulam as crianças. Segundo Moreno (2016), em média, uma pessoa caminhando a 4 km/h percorre cerca de 1 km em 15 minutos. Considerando que as crianças das vilas poderiam usufruir também dos recursos da vizinhança, foi realizado um recorte espacial de 1500 metros a partir das bordas, considerando velocidade entre 4 e 5 km/h, o que é um passo de passeio. (Figura 1).

Figura 1 – Localização das áreas de estudo: área limite Av. Contorno e Área Morro do Papagaio e Aglomerado Santa Lúcia



Fonte: Os autores (2024) a partir de dados IBGE (2022) e PBH (2024).

Bases Conceituais

O pensamento geográfico sistematizado se origina dos gregos, com o intuito de usar de modo objetivo a localização de fenômenos e ocorrências, usando lógicas ainda muito ligadas à matemática e à geometria. Com o advento da informática, no final dos anos de 1960 surgiram os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) com o intuito de usar a condição da localização associada a todas as variáveis, e estruturar dados a partir deste ponto de vista. É inquestionável que nos dias de hoje todos os fenômenos e ocorrências, sejam eles físicos ou sociais, possuem vinculação territorial e podem

ser georreferenciados, ou seja, amarrados por uma localização geográfica. É a compreensão da espacialização das questões que traz novos olhares sobre a investigação científica, pois se entende que há justificativas e motivações que têm caráter geográfico, de localização espacial.

Associado ao advento do uso dos SIGs surge o conceito de geoprocessamento, que é a aplicação de recursos de modelagem e análise espacial. O prefixo “geo” remete a terra, território, espacialização, ao passo que o sufixo “processamento” vem de processo, que é do latim *processus*, que significa “andar avante”, “progresso”. O geoprocessamento permite, a partir da estruturação de dados em SIGs,

transformar dados em análise, abrindo novas formas de entender a realidade.

Cowen (1990), que conceituava as tecnologias de geoinformação, entre as quais estão os SIGs e o geoprocessamento, como "sistemas assistidos por computador para captura, armazenamento, recuperação, análise e exibição de dados espaciais". Secondini (1988) defende que o uso dessas tecnologias acrescenta potencialidade às seguintes funções de pesquisa ambiental: aquisição e elaboração de informações; análise das informações; formulações de previsões; geração de propostas de controle do sistema, e identificação de soluções aos problemas apresentados. Tomlinson (1990) apresenta as muitas possibilidades que se abrem no sentido de aplicação de modelos de análise espacial. Já Dangermond (1983) destaca o papel dos aspectos topológicos do dado espacial, o que muda a maneira como se trabalha a informação, pois o dado não é visto de modo isolado, mas como uma rede, e cabe entender o significado de cada localização em relação a essa rede, acrescido das informações sobre as variáveis mensuradas naquele lugar.

Salientando os benefícios na adoção dos SIGs, Secondini (1988, p.96) acredita que seus recursos: "...tornam possível a constatação sempre mais analítica e objetiva da organização territorial de um lado e, por outro lado, faz emergir novos elementos de conhecimento e novas sugestões de interpretação relacionadas a particulares fenômenos econômicos e sociais, em função de sua distribuição no território."

Acredita-se na definição dada por Xavier-da-Silva (1992, p.48) para o geoprocessamento: "destina-se a tratar os problemas ambientais levando em conta a localização, a extensão e as relações espaciais dos fenômenos analisados, visando a contribuir para a sua presente explicação e para o acompanhamento de sua evolução passada e futura".

Desta forma, foram definidas variáveis principais na forma de camadas, obtidas como dados da cartografia oficial de Belo Horizonte através do geoportal de Infraestrutura de Dados Espaciais (BHMap, 2024). A divisão das mensurações em variáveis seguem o princípio discutido por Huggett (1980, p.17) que defende a análise sistêmica, na escolha de variáveis principais que podem responder por um fenômeno, mas entendidas de modo sistêmico como elementos interrelacionados que permitem entender a complexidade: "Ao discriminar partes do sistema de subsistemas em diferentes níveis de resolução, um sistema complexo é simplificado de uma maneira lógica e realista que evita a massa desconcertante de informações."

Uma vez obtidas as camadas de informações, elas foram espacializadas por modelos de geoprocessamento que indicam as áreas de ocorrência, classificadas segundo o grau de pertinência ao interesse da mobilidade infantil. Os modelos em geografia envolvem propriedades locais (onde), atributos temáticos (o que) e temporais (quando), descrevendo tempo e espaço. Segundo Berry (1995) os modelos podem ser destinados a representar condições de escala, extensão, objetivo, abordagem, técnica, associação, agregação e temporalidade.

É um modelo clássico em geoprocessamento que os mapas temáticos de concentração de ocorrências por variáveis sejam são combinados por Análise de Multicritérios, segundo Pesos de Evidência (*Multicriteria Analysis by Weighted Sum*) (Bonham-Carter, 1994; Malczewski; Rinner, 2015). A Análise de Multicritérios parte do princípio da abordagem sistêmica. A abordagem sistêmica é compreendida como um conjunto de partes que interagem, que não estão somente agregadas, mas sim correlacionadas, segundo Huggett (1980). A abordagem sistêmica é composta pelos elementos (ou objetos – no exemplo os pontos de mensuração), pelos estados (ou propriedades dos objetos – no caso informados como variáveis nas colunas da tabela associada).

Inicialmente capturados de modo separado, para decompor a realidade, as camadas de variáveis já trabalhadas segundo modelos de área de influência, são integradas por Análise de Multicritérios, segundo o valor contido em cada elemento espacial e considerando o peso que reporta a importância de cada camada. O objetivo é recompor uma visão única de concentração espacial do conjunto de comportamentos. O resultado é um ranking que indica as áreas mais vulneráveis às de maior potencial, das áreas de maior ausência de condições às mais bem servidas de condições. É uma análise numérica e quantitativa que tem como objetivo a interpretação qualitativa.

Complementa a Análise de Multicritérios os estudos relativos ao nível de Incerteza. Eles são conhecidos pelo modelo de SASE – *Sensitivity Analysis to Suitability Evaluation* que acrescenta a informação sobre o grau de dúvida que se pode ter dos resultados em função do comportamento das variáveis, pois aquelas que apresentam muitas variações de valores em uma mesma situação são entendidas como fatores de incerteza. Baseado no modelo matemático de Monte Carlo Weighted Sum, o SASE tem como resultado o detalhamento da análise segundo a composição de situações identificadas como positivas (alta potencialidade) mas com incertezas (o que requer mais investigação);

áreas de alta potencialidade e sem incertezas (resultados positivos robustos); áreas de baixa potencialidade, mas com incertezas (requer mais investigação para decisões), e áreas de baixa potencialidade e sem incerteza (de fato são áreas negativas). (Ligmann-Zielinska; Jankowski, 2008; Cakir *et al.*, 2021).

METODOLOGIA

O processo se iniciou com o estudo de caso no recorte da área delimitada pela Av. do Contorno, área projetada do início da cidade. O primeiro passo executado foi a revisão bibliográfica sobre o tema, com o intuito de definir as variáveis componentes principais que interferem no potencial para a mobilidade infantil ativa e independente (Adhikhari *et al.*, 2021; Pan *et al.*, 2021; Dixon *et al.*, 2021; Ikeda *et al.*, 2018; Danenberg *et al.*, 2018; Smith *et al.*, 2017; Ward *et al.*, 2016; Lachowycz *et al.*, 2012; Zdiara, 2018; Castro, 2018; Levner, 2018; Biddulph, 2012; Canciovici, 2018; Igel *et al.*, 2020; Atles, 2018).

A partir dos principais autores, foram definidas as variáveis para mapeamento, compostas por coleção de 15 mapas e separadas pelos tópicos de interesse ambiental, lugar e movimento, segundo as variáveis: arborização viária; limpeza e manutenção; presença de iluminação; características naturais, flores e jardineiras, animais; experiência multissensorial agradável (som, água, vento); fachada ativa, preferencialmente pequenos negócios; uso misto; presença de ambientes recreativos e amenidades; espaços de permanência; designs atraentes, cores, texturas, arte urbana; locais seguros para caminhar e andar de bicicleta; redução da via, rua de pedestre, passagem pedonal, moderação do tráfego; largura da calçada; pintura ou mudança de material de piso; barreiras físicas entre calçada e rua.

No estudo de caso inicial foram construídas duas coleções de dados: por captura de dado em campo e por obtenção de mapas técnicos

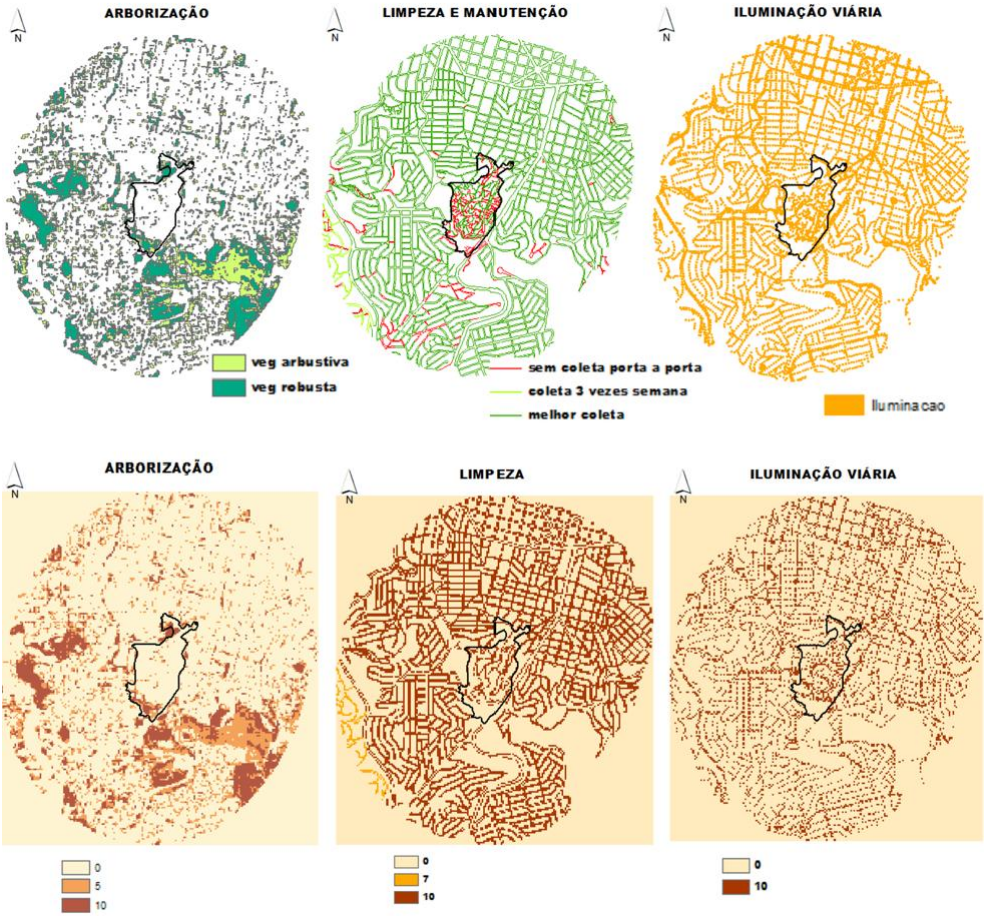
disponibilizados pela Prefeitura (BHMap). No segundo estudo, diante da observação de que foram semelhantes os resultados no primeiro estudo de quando foram usados dados de campo e quando foram usados dados técnicos existentes na plataforma pública, optou-se por trabalhar apenas com a coleção de mapas técnicos, obtidos diretamente na coleção pública ou trabalhados como proxy (quando não há o dado específico, mas há outros que respondem por ele). Em ambos os estudos os dados originais se encontravam na plataforma pública como arquivos vetoriais, mas foram convertidos em formato *raster* para serem integrados na Análise Multicritérios (MCA).

A coleção de dados disponível no geoportal BHMap é muito rica e foi possível realizar todas as mensurações e mapeamentos previstos, através do emprego de modelos de área de influência, modelos de concentração de ocorrências, ou simples classificação das legendas segundo o grau de pertinência ao tema (do mais adequado ao menos adequado).

Os mapas foram trabalhados no sentido de serem elaborados modelos de distribuição espacial, indicando a área de influência de ocorrência, um passo a mais do que apenas a representação cartográfica do dado. Isto significa transformar de Modelos de Representação para Modelos de Processos (Steinitz, 2012). Os mapas temáticos foram convertidos para *raster* e tiveram suas legendas reclassificadas de 0 a 10, segundo o grau de pertinência para a investigação (Figura 2, Figura 3).

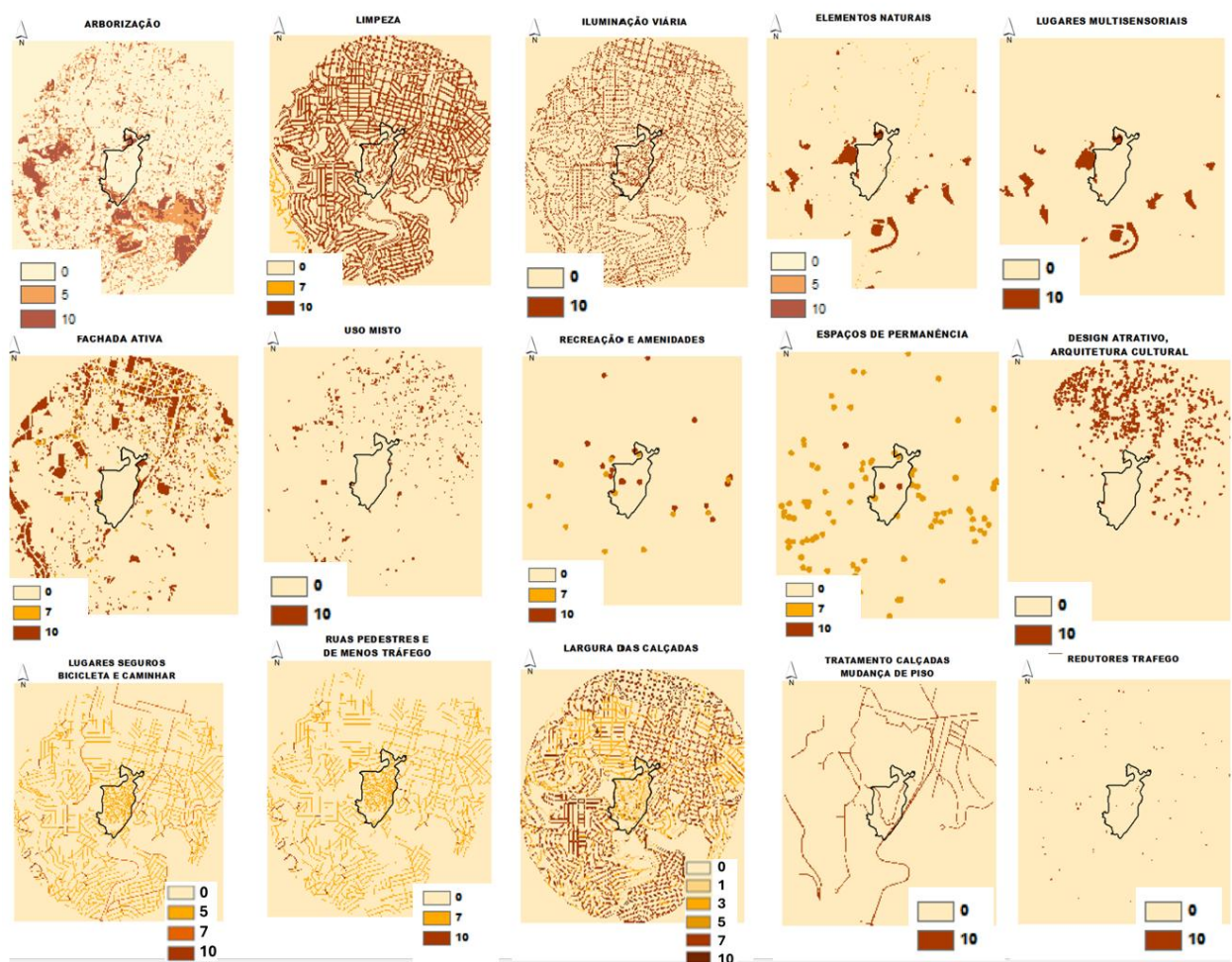
No estudo inicial da Av. do Contorno foram aplicados diferentes métodos para obter as opiniões de diferentes grupos de participantes quanto à importância das variáveis para a investigação, o que resultou na tabela de pesos para uso na Análise de Multicritérios segundo Pesos de Evidência (*Weighted Sum*). A mesma relação de pesos obtida no primeiro estudo de caso foi empregada no segundo estudo de caso, com vista a favorecer a comparação de resultados (Figura 4).

Figura 2 – Transformação de Modelos de Representação em Modelos de Processos, normalizados de 0 a 10. Aglomerado Santa Lúcia



Fonte: Os autores (2024).

Figura 3 – Coleção de mapas em Modelos de Processos, normalizados de 0 a 10. Aglomerado Santa Lúcia



Fonte: Os autores (2024).

Figura 4 –Relação de variáveis e respectivos pesos atribuídos, em percentual

	Variáveis	Importância	Percentual/Peso
Ambiental	1. arborização viária	média a alta	0.07
	2. limpeza e manutenção	alta	0.10
	3. iluminação suficiente	média a baixa	0.05
	4. características naturais, flores e jardineiras, animais	média a alta	0.07
	5. experiência multisensorial agradável (som, água, vento)	alta	0.10
Lugar	6. fachada ativa, preferencialmente pequenos negócios	média a alta	0.07
	7. uso misto	baixa	0.04
	8. presença de ambientes recreativos e amenidades	média	0.06
	9. espaços de permanência	média	0.06
	10. designs atraentes, cores, texturas, arte urbana	média a alta	0.07
Movimento	11. locais seguros para caminhar e andar de bicicleta	alta	0.10
	12. redução da via, rua de pedestre, passagem pedonal, moderação do tráfego	média a alta	0.07
	13. largura da calçada	média a baixa	0.05
	14. pintura ou mudança de material de piso	baixa	0.04
	15. barreiras físicas entre calçada e rua	média a baixa	0.05
			1.00

Fonte: Os autores (2024).

Preparados os mapas, eles foram integrados por MCA, segundo a relação entre pesos e notas, sendo os pesos a relação de importância relativa da variável e as notas valores normalizados de 0

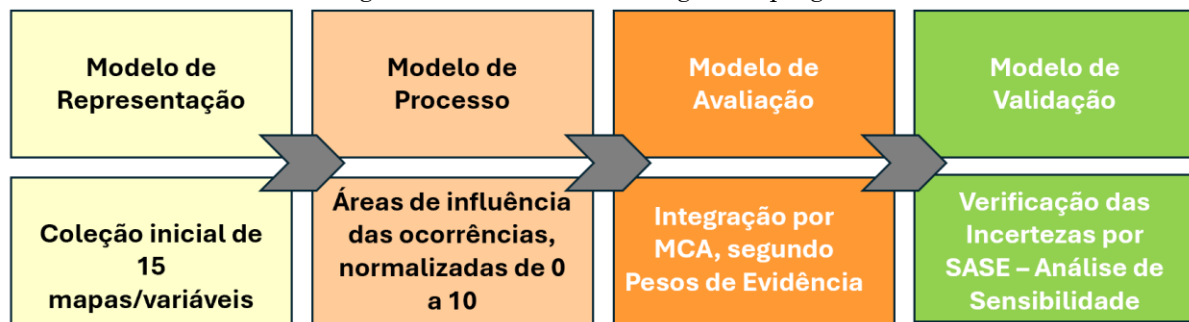
a 10 segundo o grau de pertinência à síntese desejada (qualidade espacial viária e de lugares públicos para a mobilidade infantil).

A integração MCA é um modelo quantitativo que resulta em valores em um ranking classificatório de 0 a 10 segundo a potencialidade e vulnerabilidades. Mas para adicionar qualidade ao estudo, foi aplicado o modelo SASE para verificação das incertezas, espacializando os lugares onde os resultados deveriam ser interpretados como menos robustos. Para o emprego do SASE, os mapas, que estavam em formato em *raster* segundo a

etapa de Modelo de Processos, foram convertidos para pontos, um ponto em cada célula *raster*, pois o algoritmo de SASE precisa da identificação de unidades como primitivas gráficas para a associação com tabelas de atributos e aplicação do *script*. Foi usado o *script* fornecido pelo Prof. P. Jankowski (Moura; Jankowski, 2016).

Desta forma, o roteiro metodológico se resume na imagem:

Figura 5 – Roteiro metodológico empregado



Fonte: Os autores (2024).

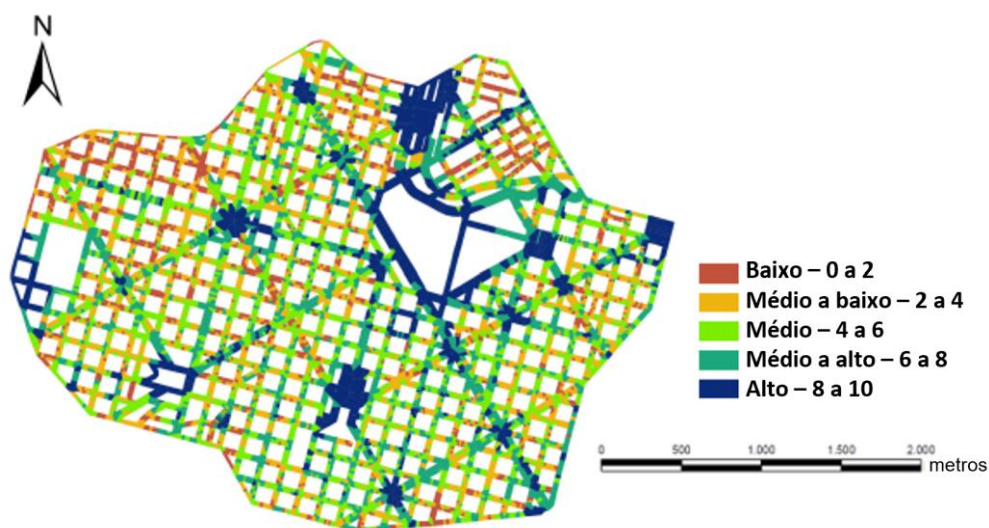
DESENVOLVIMENTO E DISCUSSÃO

Realizadas as sínteses de variáveis, tanto para o estudo de caso da área delimitada pela Av. do Contorno (cidade planejada), estudo da etapa inicial da pesquisa, como para a área de influência do Aglomerado Santa Lúcia e Morro do Papagaio (área não planejada e de vulnerabilidade social), foram obtidos os mapas quantitativos de ranking de potencialidade e vulnerabilidade à mobilidade infantil ativa e independente.

Os mapas, classificados de 0 a 10, indicam as áreas mais favoráveis e as menos favoráveis,

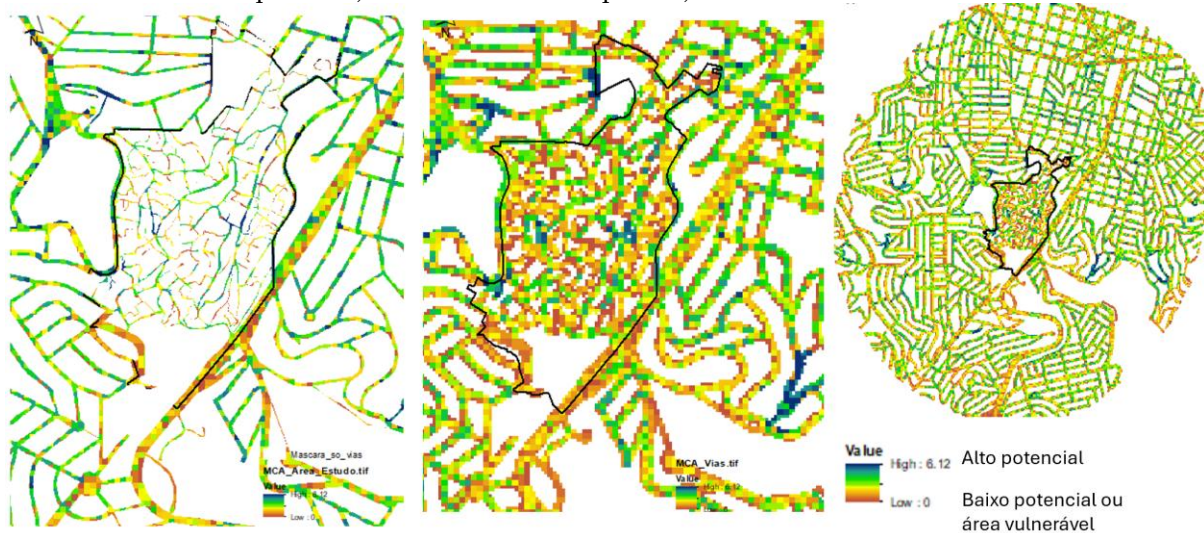
segundo a combinação das 15 variáveis de análise. Observa-se que no estudo de caso da Av. do Contorno há significativa presença de espaços classificados como de alto potencial, distribuídos principalmente em áreas de parques, praças e vias com condições qualificadas (Figura 6). Em comparação, observa-se que no estudo de caso do Aglomerado Santa Lúcia e Morro do Papagaio não se atingiram valores próximos a 10, que seriam plenos potenciais, mas o maior valor foi de 6.12, indicando que a área como um todo apresenta um potencial próximo do médio, podendo ter alguns pontos de médio a alto (Figura 7).

Figura 6 – Resultado da MCA nos limites da Av. do Contorno, nas vias e lugares públicos



Fonte: Os autores (2024).

Figura 7 – Resultado da MCA no Aglomerado Santa Lúcia e Morro do Papagaio– nas vias e lugares públicos, transformados em pontos, na área de influência

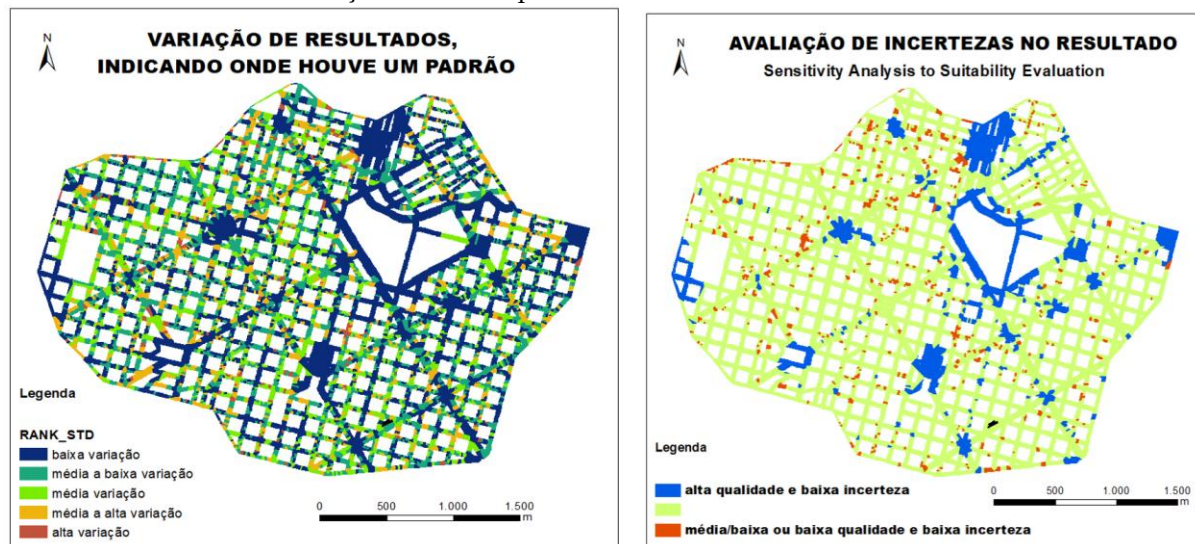


Fonte: Os autores (2024).

Avaliando as incertezas através do script de SASE, observa-se que na área da Av do Contorno há predomínio da baixa variação do comportamento das variáveis na integração, acontecendo pouca variação ou incerteza nos resultados. Combinando a classificação do potencial (análise MCA) com a verificação das incertezas (análise SASE), se destacam os lugares de alta qualidade para a mobilidade infantil e que há baixa incerteza dos resultados.

Isto significa que os resultados são robustos, a grande maioria dos lugares indicados como muito positivos realmente o são, e a área é favorável à mobilidade infantil ativa ou independente. Por outro lado, há também as áreas definidas como vulneráveis ou de baixo potencial ou qualidade, e há baixa incerteza sobre estas afirmativas, espacializando lugar que podem ser alvo de melhorias ou ações (Figura 8).

Figura 8 – Resultado da SASE nos limites da Av do Contorno – destaque das incertezas e combinação das áreas potenciais com os níveis de incerteza

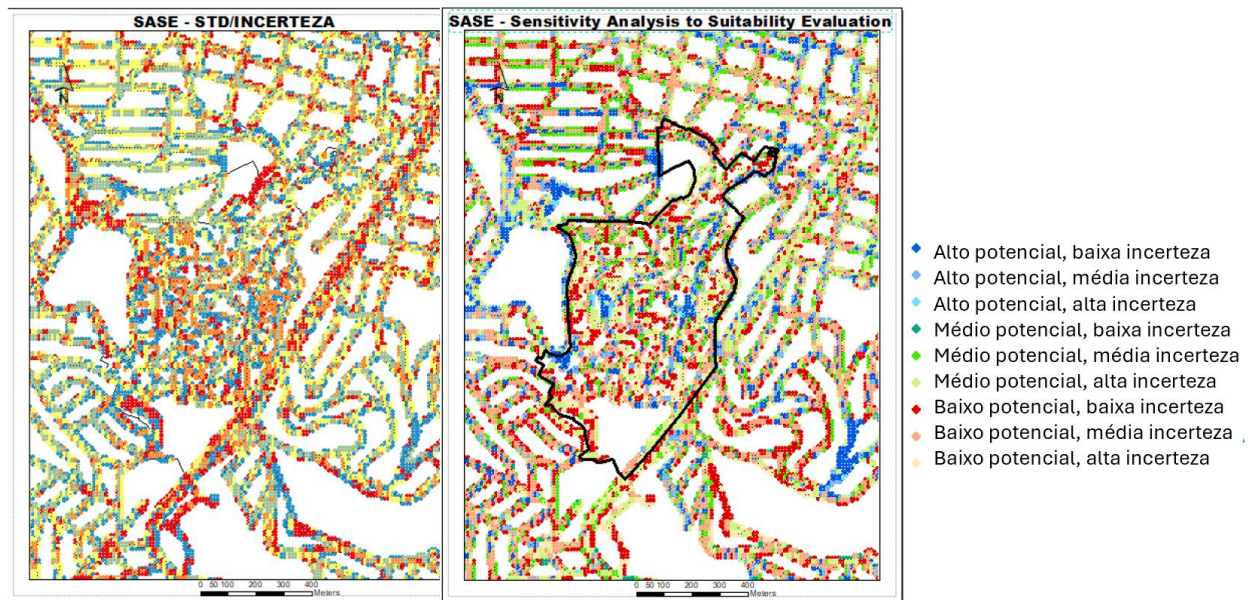


Fonte: Os autores (2024).

Na análise da distribuição de incertezas no estudo de caso do Aglomerado Santa Lúcia e Morro do Papagaio, observa-se o predomínio da incerteza, em função da maior variabilidade das condições existentes. Combinando a análise de potencial (MCA) com a análise de incertezas (SASE) é possível identificar as combinações de

identificação de áreas de maior potencial relativo para a área com a baixa incerteza, que seriam as áreas positivas e com resultados mais robustos. E podem ser observadas também as áreas mais negativas e sem incertezas, onde estão de fato as vulnerabilidades (Figura 9).

Figura 9 – Resultado da SASE no Aglomerado Santa Lúcia e Morro do Papagaio – destaque das incertezas e combinação das áreas potenciais com os níveis de incerteza

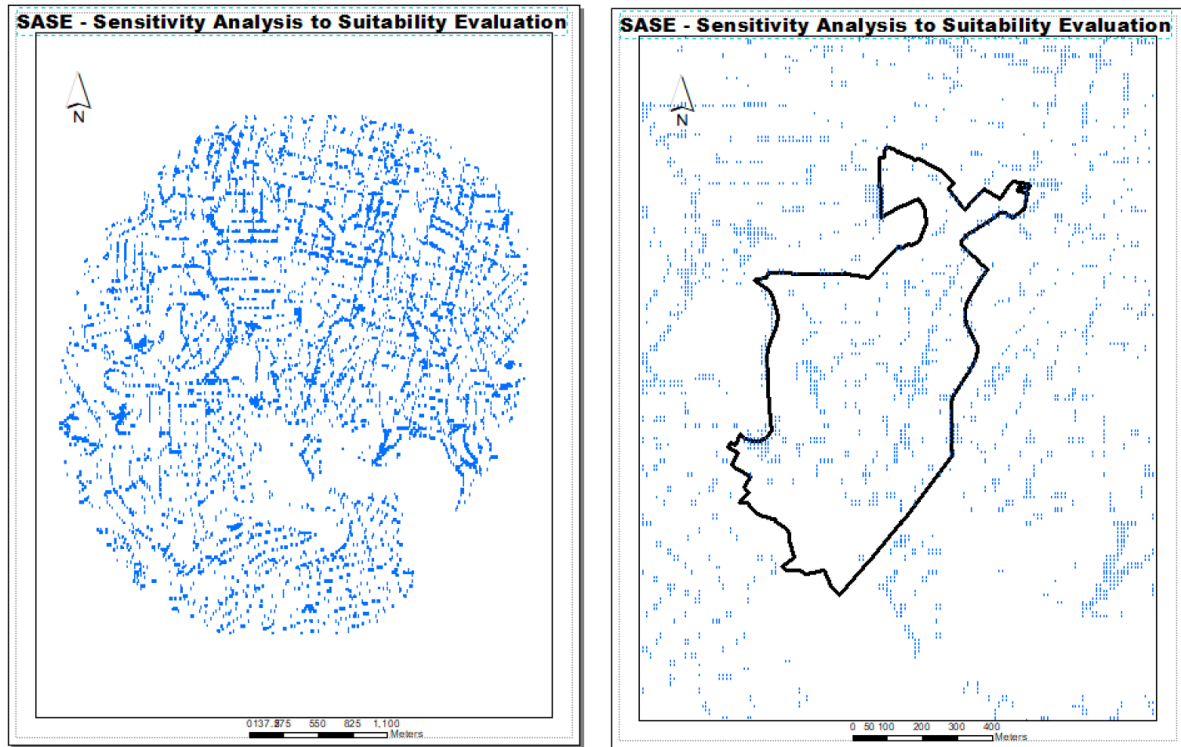


Fonte: Os autores (2024).

Detalhando a avaliação do Aglomerado Santa Lúcia e Morro do Papagaio, quando se considera a área de influência de 1.5 km ou 15 minutos de caminhada, observa-se que há maior concentração de áreas positivas no norte do recorte, o que coincide com área da cidade projetada, deixando clara a diferença de oportunidades e condições. Há concentrações de potenciais ao longo de um eixo viário que vai do centro-sul ao nordeste do aglomerado, indicando

uma área prioritária para a instalação de ações que favoreçam as crianças, ou mesmo para o urbanismo tático e instalação de experiências lúdicas que as façam vivenciar o espaço público. Há também duas manchas, como se fossem espaços de maior dimensão, na borda sul/oeste (Borda do Parque Jornalista Eduardo Couri, Barragem de Santa Lúcia) e na porção central mais a oeste (borda do Parque Santo Antônio) (Figura 10).

Figura 10 – Distribuição das áreas mais favoráveis, e onde há menor incerteza dos resultados – na área de influência e no aglomerado



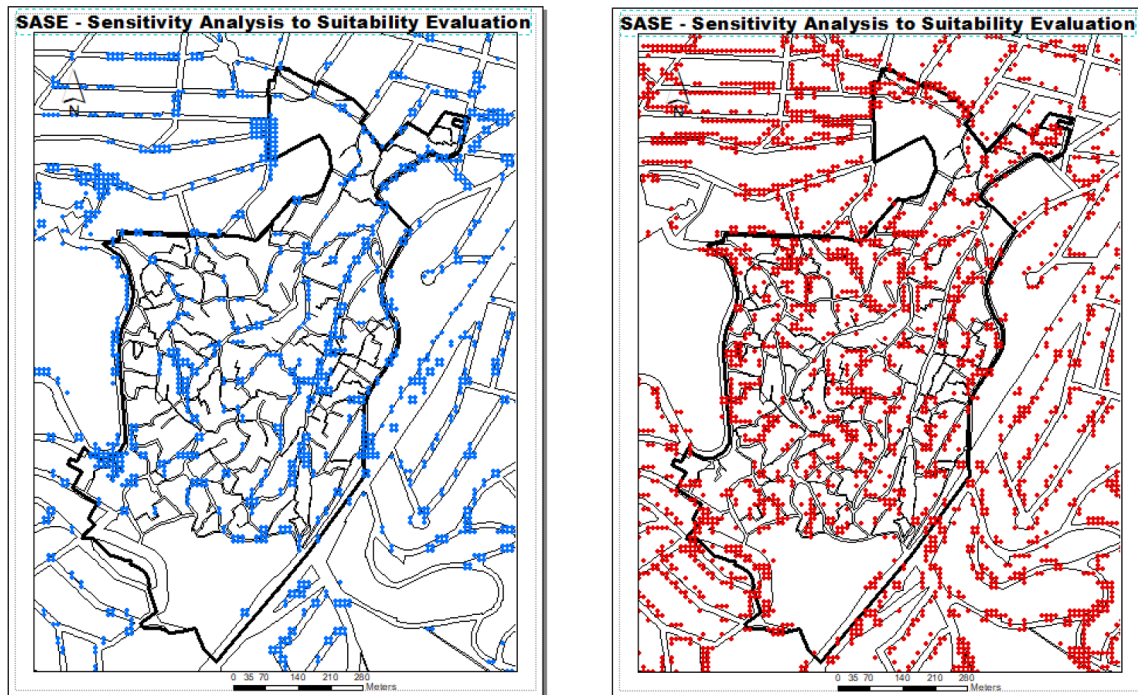
Alto interesse, baixa a média dúvida/incerteza

Fonte: Os autores (2024).

Comparando a distribuição dos pontos positivos com os negativos, do alto potencial com a alta vulnerabilidade, observa-se que as condições piores são mais numerosas e mais distribuídas. Destacamos apenas os pontos de baixa ou média incerteza, para se analisar os resultados mais robustos. O mapa de

distribuição de pontos positivos, com potenciais, confirma a importância da Rua São Tomás de Aquino no aglomerado, assim como as bordas dos parques já citados, além de uma área no entroncamento da Rua Principal com a Rua Tancredo Neves (Figura 11, Figura 12).

Figura 11 – Distribuição das áreas mais favoráveis e menos favoráveis, onde há menor incerteza dos resultados no aglomerado



Alto interesse, baixa a média dúvida/incerteza

Baixo interesse, baixa a média dúvida/incerteza

Fonte: Os autores (2024).

Figura 12 – Distribuição das áreas mais favoráveis e menos favoráveis, onde há menor incerteza dos resultados no aglomerado, com imagem de Satélite ao fundo



Alto interesse, baixa a média dúvida/incerteza

Baixo interesse, baixa a média dúvida/incerteza

Fonte: Os autores (2024).

CONCLUSÕES

Os estudos apresentados comprovam o potencial das tecnologias de geoinformação na identificação das áreas prioritárias para a instalação de atividades voltadas para as crianças, identificados como aqueles onde há algumas condições de favorecimento da mobilidade infantil ativa e/ou independente.

O trabalho propõe roteiro metodológico com critérios claros, defensáveis e reproduzíveis. Partiu-se de revisão bibliográfica para escolha das variáveis de investigação, foram organizados e selecionados dados públicos e gratuitos para a composição das camadas de informação, esses dados foram transformados em informação espacial através de modelos de área de influência das ocorrências, foi realizada a normalização das camadas de mapas para que elas fossem, finalmente, integradas e resultassem na distribuição espacial das potencialidades e vulnerabilidades.

Os critérios são defensáveis porque são claramente explicados, passo a passo, e são reproduzíveis porque podem ser repetidos para recortes espaciais onde há uma mínima coleção de dados georreferenciados. O estudo dá um passo a mais além da integração de variáveis por Análise de Multicritérios, validando os resultados através de investigação do nível de incerteza existente.

Estudos semelhantes podem ser realizados em outras áreas urbanas, contanto que existam dados sobre as variáveis de interesse ou que o pesquisador esteja disposto a realizar trabalho de campo para composição dos mapas (atividade que foi realizada no primeiro estudo de caso, da Av. do Contorno).

Mas, se houver dados cartográficos sobre as variáveis disponíveis, eles poderão ser utilizados. Para validar as decisões a respeito, os resultados da integração dos dados públicos foram comparados com os resultados da integração das variáveis coletadas em campo, e concluiu-se que era possível e suficiente trabalhar apenas com dados públicos, o que se mostrou plenamente satisfatório.

A repetição do processo pode ser realizada com software gratuito de geoprocessamento nos modelos de representação, de processos e de análises; mas o script empregado para os estudos SASE é proprietário e funciona como um plugin do ArcGis. Mas há planos futuros de criação de um script ETL (*Extract, Transform and Load*), uma vez que a lógica é aberta e o código foi escrito originalmente em Python.

Destaca-se a importância da existência da IDE – Infraestrutura de Dados Espaciais – no

município de Belo Horizonte, o geoportal BHMap, publicado pela Prefeitura Municipal. Territórios que investem em sistemas geográficos de informação qualificados, e que podem ser consumidos livremente pelos usuários via wms (*web map service*) e/ou wfs (*web feature service*), permitem que o pesquisador ou o planejador não perca tempo na produção do dado do zero, mas invista seus conhecimentos em análises espaciais qualificadas.

Destaca-se também que a tecnologia de geoinformação, quando pode ser empregada segundo o que há de mais atual, transforma dados em informação, o que significa ganho de conhecimento. A geovisualização de todo o processo permite ver o que antes não era visível, mas apenas intuição, evitando afirmativas sem comprovações.

O resultado das investigações comprova a qualidade socioambiental da área urbana projetada, a delimitada pela Av. do Contorno, e demonstra a fragilidade da área do Aglomerado Santa Lúcia e Morro do Papagaio, urbanização não planejada. Não obstante as muitas dificuldades da área não planejada, ainda assim são identificadas posições com algum potencial de desenvolvimento, para que novas ações resultem em um ambiente mais favorável.

AGRADECIMENTOS

Artigo desenvolvido como contribuição ao projeto CNPq/MCTI N 10/2023 - UNIVERSAL; Número do Processo: 406500/2023-1 (Intervenções de pequena escala para a retomada dos espaços livres públicos pelas crianças: um passo na direção da mobilidade infantil independente).

Agradecemos a Prof.a Paula Barros, coordenadora da pesquisa acima mencionada, pelas discussões sobre o tema de mobilidade infantil independente e pela revisão do texto em inglês.

FINANCIAMENTO

Projeto CNPq/MCTI N 10/2023 - UNIVERSAL; Número do Processo: 406500/2023-1

REFERÊNCIAS

- ADHIKHARI, D.; HENDERSON, T.; DOLCE, M.; BANKS, A.; ZAIM, H.; ONWUKA, A.; JONES, N. An evaluation of PlayStreets in the South Side neighborhood of Columbus, Ohio. **Public Health**, n. 141, p. 97–101, 2021. <https://doi.org/10.1177/1757913921990411>
- ATLES, R. K. Playable Street to reclaim independent play for all children. In: DANENBERG, R.; DOUMPA, V.; KARSSSENBERG, H. (eds.). **The City at Eye Level for Kids**. Rotterdam: STIPO, 2018. p. 160–163.
- BELO HORIZONTE (Município). **BHMap – Sistema de Informações Geográficas de Belo Horizonte**. Belo Horizonte: PBH, 2024. Disponível em: <https://bhmap.pbh.gov.br>. Acesso em: 17 jul. 2024.
- BERRY, B. J. What is a model. **GIS World**, v. 8, n. 1, p. 26–28, 1995. <https://doi.org/10.1088/2058-7058/8/11/25>
- BIDDULPH, M. Radical streets? The impact of innovative street designs on liveability and activity in residential areas. **Urban Design International**, n. 17, p. 178–205, 2012. <https://doi.org/10.1057/udi.2012.13>
- BONHAM-CARTER, G. **Geographic Information Systems for Geoscientists: modelling with GIS**. Ottawa: Pergamon, 1994. 397 p.
- CAKIR, S.; HECHT, R.; KRELLENBERG, K. Sensitivity analysis in multi-criteria evaluation of the suitability of urban green spaces for recreational activities. **AGILE: GIScience Series**, v. 2, p. 22, 2021. <https://doi.org/10.5194/agile-giss-2-22-2021>
- CANCIOVICI, C. The plinth—A portal to play. In: DANENBERG, R.; DOUMPA, V.; KARSSSENBERG, H. (eds.). **The City at Eye Level for Kids**. Rotterdam: STIPO, 2018. p. 148–151.
- CASTRO, D. M. Corners for kids: Quality spaces small scale. In: DANENBERG, R.; DOUMPA, V.; KARSSSENBERG, H. (eds.). **The City at Eye Level for Kids**. Rotterdam: STIPO, 2018. p. 143–147.
- COWEN, D. GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences? In: PEUQUET, D.; MARBLE, D. (eds.). **Introductory Readings in Geographic Information Systems**. London: Taylor & Francis, 1990. p. 52–61.
- DANENBERG, R.; DOUMPA, V.; KARSSSENBERG, H. **The City at Eye Level for Kids**. Rotterdam: STIPO, 2018. 394 p.
- DANGERMOND, J. A classification of software components commonly used in geographical information systems. In: MARBLE, D.; CALKINS, H.; PEUQUET, D. (eds.). **Basic Readings in Geographic Information Systems**. Amherst: SPAD Systems, 1983.
- DIXON, B. N.; UGWOABA, U. A.; BROCKMANN, A. N.; ROSS, K. M. Associations between the built environment and dietary intake, physical activity, and obesity: A scoping review of reviews. **Obesity Reviews**, v. 22, e13171, 2021. <https://doi.org/10.1111/obr.13171>
- FERREIRA, Inês A.; FORNARA, Ferdinando; PINNA, Vanessa; MANCA, Andrea; GUICCIARDI, Marco. Autonomy as key to healthy psychological well-being: A systematic literature review on children's independent mobility, cognitive and socio-emotional development. **Journal of Transport & Health**, v. 38, p. 101837, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2024.101837>
- FROHLICH, Katherine L.; COLLINS, Patricia A. Children's right to the city and their independent mobility: why it matters for public health. **Journal of Epidemiology and Community Health**, v. 78, n. 1, p. 66–68, 2024. <https://doi.org/10.1136/jech-2023-221067>
- HUGGETT, R. *Systems analysis in geography: contemporary problems in geography*. Oxford: Clarendon Press, 1980. 208 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2022: resultados**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 dez. 2024.
- IGEL, U.; GAUSCHE, R.; KRAPP, A.; LÜCK, M.; KIESS, W.; GRANDE, G. Movement-enhancing footpaths—A natural experiment on street design and physical activity in children in a deprived district of Leipzig, Germany. **Preventive Medicine Reports**, v. 20, 101197, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2020.101197>
- IKEDA, E.; STEWART, T.; GARRETT, N.; EGLI, V.; MANDIC, S.; HOSKING, J.; WITTEN, K.; HAWLEY, G.; TAUTOLO, E. S.; RODDA, J.; MOORE, A.; SMITH, M. Built environment associates of active school travel in New Zealand children and youth: A systematic meta-analysis using individual participant data. **Journal of Transport & Health**, v. 9, p. 117–131, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2018.04.007>
- LACHOWYCZ, K.; JONES, A. P.; PAGE, A. S.; WHEELER, B. W.; COOPER, A. R. What can global positioning systems tell us about the contribution of different types of urban greenspace to children's physical activity? **Health & Place**, v. 18, p. 586–594, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2012.01.006>
- LEVNER, A. Turning spaces into places. In: DANENBERG, R.; DOUMPA, V.; KARSSSENBERG, H. (eds.). **The City at Eye Level for Kids**. Rotterdam: STIPO, 2018. p. 127–129.
- LIGMANN-ZIELINSKA, A.; JANKOWSKI, P. A framework for sensitivity analysis in spatial multiple criteria evaluation. In: COVA, T. J.; MILLER, H. J.; BEARD, K.; FRANK, A. U.; GOODCHILD, M. F. (eds.). **Geographic Information Science**. Berlin: Springer, 2008. p. 217–232. https://doi.org/10.1007/978-3-540-87473-7_14
- MALCZEWSKI, J.; RINNER, C. **Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science**. New York: Springer, 2015. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-74757-4>
- MORENO, C. **La ville du quart d'heure: pour un nouveau chrono urbanisme**. 2016. Disponível em: <https://www.latribune.fr/regions/smartcities/la-tribune-de-carlos-moreno/la-ville-du-quart-d-heure-pour-un-nouveauchrono-urbanisme-604358.html>. Acesso em: 10 fev. 2024.

- MOURA, A. C. M.; JANKOWSKI, P. Contribuições aos estudos de análises de incertezas como complementação às análises multicritérios – “Sensitivity Analysis to Suitability Evaluation”. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 68/4, p. 665–684, 2016. <https://doi.org/10.14393/rbcv68n4-44274>
- MOURA, A. C. M.; ROSA, A. A.; BARROS, P. Children’s independent mobility in urban planning: geospatial technology with a technical approach and citizens’ listening. **Geographies**, v. 4, p. 115–140, 2024. <https://doi.org/10.3390/geographies4010008>
- PAN, X.; ZHAO, L.; LUO, J.; YINHAO, L.; ZHANG, L.; WU, T.; SMITH, M.; DAI, S.; JIA, P. Access to bike lanes and childhood obesity: A systematic review and meta-analysis. **Obesity Reviews**, v. 22, e13042, 2021. <https://doi.org/10.1111/obr.13042>
- SAVOLAINEN, E.; LINDQVIST, A. K.; FORSBERG, H.; RUTBERG, S. Accompaniment, benefits, and community connection: Voicing children’s perspectives on independent active transport. **Journal of Transport & Health**, v. 44, p. 102096, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2025.102096>
- SECONDINI, P. (org.). **La conoscenza del territorio e dell’ambiente: il ruolo delle tecnologie dell’informazione**. Milano: Enidata, 1988. 269 p. (Coleção Dati & Fatti).
- SMITH, M.; HOSKING, J.; WOODWARD, A.; WITTEN, K.; MACMILLAN, A.; FIELD, A.; BAAS, P.; MACKIE, H. Systematic literature review of built environment effects on physical activity and active transport—An update and new findings on health equity. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, v. 14, p. 158, 2017. <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0613-9>
- STEINITZ, C. **A framework for geodesign: changing geography by design**. Redlands: ESRI, 2012.
- TOMLINSON, R. Geographic Information System – new frontier. In: PEUQUET, D.; MARBLE, D. (eds.). **Introductory Readings in Geographic Information Systems**. London: Taylor & Francis, 1990. p. 18–29.
- WARD, J. S.; DUNCAN, J. S.; JARDEN, A.; STEWART, T. The impact of children’s exposure to greenspace on physical activity, cognitive development, emotional wellbeing, and ability to appraise risk. **Health & Place**, v. 40, p. 44–50, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2016.04.015>
- WEIR, H. Children’s autonomous mobility and their well-being. **Wellbeing, Space and Society**, v. 4, p. 100134, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.wss.2023.100134>
- XAVIER-DA-SILVA, J. Geoprocessamento e análise ambiental. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 54, p. 47–61, jul./set. 1992.
- ZDIARA, A. The city as playground, museum, cinema & classroom. In: DANENBERG, R.; DOUMPA, V.; KARSENBERG, H. (eds.). **The City at Eye Level for Kids**. Rotterdam: STIPO, 2018. p. 139–141.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Ana Clara Mourão Moura: concepção, análise de dados, redação do manuscrito, discussão dos resultados, revisão.

Christian Rezende Freitas: elaboração dos dados, proposição da metodologia, discussão dos resultados.

EDITOR ASSOCIADO: Silvio Carlos Rodrigues. 

DISPONIBILIDADE DE DADOS: Os dados que fundamentam os resultados deste estudo poderão ser disponibilizados pelo autor correspondente, mediante solicitação devidamente justificada [Ana Clara Mourão Moura].



Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.