

Remote sensing using images in urban equipment analysis: the case of playgrounds in public squares

Jaceguay Zukoski¹, Carlos Verzola Vaz¹

¹ Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil
jaceguay@gmail.com
carlos.vaz@ufsc.br

Abstract. This research aims to assess the usage of urban equipment, particularly children's playgrounds in public squares. It employs a prototype using a VGA camera connected to a Raspberry Pi equipped with image learning algorithms. The unit functions autonomously, from data collection to processing, revealing information about the patterns of space utilization. This information is synthesized into a comprehensive spatio-temporal activity map illustrating playground equipment activity. This visual representation offers actionable insights for urban managers, spotlighting underutilized areas and informing strategies to improve child-centered recreational facilities. Conducted in Balneário Camboriú, Santa Catarina, the prototype has successfully demonstrated its capability to capture and interpret data into relevant insights, the findings suggest that there are indications that the most frequently used equipment by children are those strategically located within the line of sight of adults.. Additionally, it highlighted that seating areas for accompanying adults are typically overcrowded, as adult behavior tends to be stationary compared to the more dynamic activity of children.

Keywords: Playgrounds; Social behavior; Child development; Public squares; Computer vision.

1 Introdução

Os estudos sobre a utilização dos equipamentos públicos, apresentam uma fonte de informações indispensáveis a respeito da qualidade do espaço urbano, esta compreensão proveniente de observações a respeito da interação do público, pode auxiliar os gestores a desenhar ambientes mais efetivos que por consequência influenciam no sucesso social, econômico e ambiental dos lugares (Jan Gehl, & Birgitte Svarre, 2013).

O emprego de técnicas de monitoramento por sensores e análise de dados na infraestrutura pública são frequentes em setores como mobilidade e segurança. Levando em conta o valor proporcionado pela qualidade dos

espaços de lazer para a comunidade, é coerente que estes benefícios sejam incorporados a estes ambientes, sobretudo nos destinados ao público infantil, este estudo foca na exploração deste tipo particular de espaço público os playgrounds. A utilização crescente de instrumentos de medição, como acelerômetros, pedômetros e câmeras, para observar a eficácia dos espaços recreativos infantis tem ganhado destaque nos últimos anos. Essa ênfase surge da preocupação em usar esses espaços para promover a atividade física, considerando sua conexão direta com as estatísticas de obesidade infantil. Segundo o relatório da World Health Organization (WHO) de 2019, globalmente, 38,2 milhões de crianças de até 5 anos são obesas ou estão acima do peso. As metodologias empregadas a partir destas observações abordam aspectos variados, as mais comuns focam na mensuração da frequência e nível de esforço de cada atividade, enquanto abordagens qualitativas como a adequação do espaço ou sobre o engajamento da criança, considerando seu nível de desenvolvimento e comportamento social, são menos frequentes, atualmente os pesquisadores não possuem metodologias amplamente aceitas para coletar essas outras dimensões (GRADY; BUNDY, 2019). Brincar tem valor essencial para a infância, beneficiando o desenvolvimento emocional e social das crianças (Lester & Russell, 2010). A International Play Association destaca a expressão de criatividade e resiliência no brincar. Compreender o uso de playgrounds é vital para arquitetos e gestores.

2 Metodologia

O sensoriamento automatizado oferece vantagens substanciais em comparação com os métodos tradicionais, que dependem de observação direta e anotações. Entre estas, destacam-se a capacidade de coleta contínua de dados, objetividade da análise e a economia de recursos. Esses atributos são consistentes com as aspirações futuras deste estudo, que objetiva abranger todos os espaços de lazer existentes na cidade durante os períodos de utilização. A metodologia de pesquisa em que este trabalho se baseia, e a qual pretende expandir com o uso de tecnologias de visão computacional, adota o princípio de registrar dados simultaneamente à sua localização física em um mapa previamente definido da área de interesse. (Cosco, Moore e Islam, 2010). Como prova de conceito para a coleta de dados, foi selecionada uma praça em Balneário Camboriú. Localizada no entroncamento de duas vias movimentadas, Av. do Estado Dalmo Vieira e 4º Avenida.

Foi utilizado o processamento de vídeo para coletar e analisar dados in loco, reduzindo assim os requisitos da infraestrutura que dispensa o

armazenamento ou transmissão de imagens, isto atende a um dos objetivos futuros que trata da expansão deste projeto para todas as praças da cidade.



Figura 1. Foto do playground selecionado para o estudo. Fonte: autor, 2023

O protótipo construído é capaz de executar um fluxo de trabalho que comprehende três etapas, captura, tratamento das imagens e o armazenamento da geometria e propriedades resultantes em uma tabela na própria unidade. Como o estudo envolve o monitoramento de atividades realizadas por pessoas no espaço público, um aspecto importante considerado foi a privacidade dos usuários, especificamente descartando a necessidade de armazenar a imagem capturada durante o processo, os dados provenientes da câmera permanecem na memória volátil durante a execução da rotina e não são armazenados, o produto da coleta compreende as coordenadas relativas às posições detectadas pelo modelo em conjunto com o horário em que foram detectados. A partir destes dados, com a intenção de obter informações relevantes sobre o uso do espaço, foram utilizados métodos de tratamento de imagem e análise de dados, as bibliotecas e modelos utilizados serão descritos a seguir.

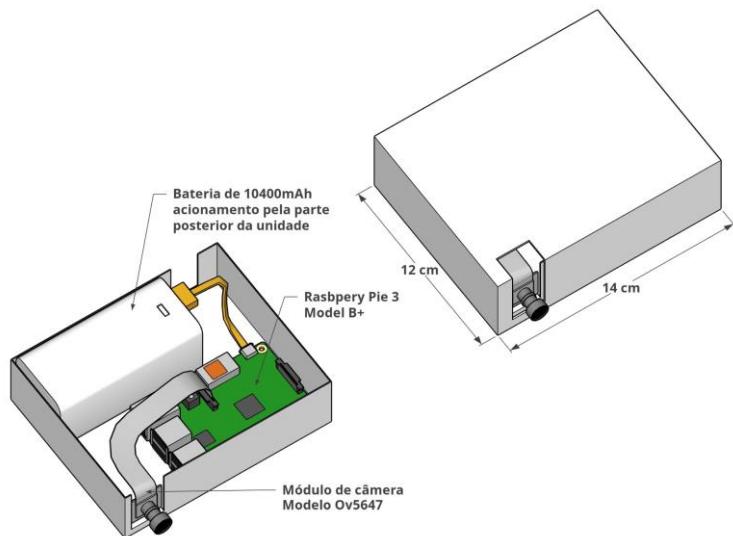


Figura 2. Protótipo confeccionado. Fonte: autor, 2023

2.1 Especificações do protótipo

A premissa do projeto contempla o processamento local das imagens, isto significa que as questões relacionadas a infra estrutura para transferir ou armazenar a grande quantidade de imagens requeridas pela análise serão dispensadas, em contrapartida a unidade deve ter capacidade de processamento suficiente para extrair as informações desejadas no próprio local de monitoramento. Para tanto foi selecionado um modelo de computador compacto e de baixo custo, conhecido como Raspberry Pi, parte de uma família de SBCs (Single Board Computers) de dimensões reduzidas, desenvolvidos no Reino Unido pela Raspberry Pi Foundation. A Raspberry Pi Foundation foi formada por Eben Upton em 2009. O objetivo ao desenvolver o Raspberry Pi era promover o ensino de ciência da computação básica em escolas e países em desenvolvimento, fornecendo uma plataforma de computação de baixo custo (PAJANKAR, 2020).

O modelo selecionado foi o Raspberry Pi 3 Model B+, equipado com um processador quad-core de 1.2GHz, 1GB de RAM e capacidade de armazenamento via cartão microSD, neste caso um cartão de 16 gigabytes foi utilizado. A câmera possui um ângulo de visão diagonal de 75.7 graus, comprimento focal de 3.6mm, tem uma resolução de 5 megapixels e possui conexão através de um cabo flat. Já como fonte de energia utilizou-se uma bateria com capacidade de 10400mAh.

2.2 Programação da unidade

As etapas, desde o acionamento da câmera até o armazenamento do resultado em um arquivo de texto, uma tabela separada por vírgulas, é de responsabilidade de um script escrito na linguagem Python, apenas a rotina de acionamento é feita pelo sistema operacional (RaspiOS), especificamente um CRON job (um componente do sistema operacional Linux, que permite o agendamento recorrente de tarefas). Esta rotina, executada a cada dez segundos, é projetada para se adaptar às peculiaridades da câmera e garantir que o tempo de processamento de um disparo não conflite com o seguinte, prevenindo uma sobrecarga do sistema que poderia resultar em falhas na execução.

As bibliotecas utilizadas, com o objetivo alimentar o programa com subprogramas auxiliares foram:

- i. **OpenCV** (Open Source Computer Vision Library): se trata de uma biblioteca de algoritmos de visão computacional e aprendizado de máquina de código aberto (OPENCV, 2023, acesso em 25 jul. 2023);
- ii. **Pandas**: Em programação de computadores, pandas é uma biblioteca de software criada para a linguagem Python para manipulação e análise de dados. Em particular, oferece estruturas e operações para manipular tabelas numéricas e séries temporais (PANDAS, 2023, acesso em 25 jul. 2023).

Posteriormente ao tratamento do conjunto completo de dados, com a finalidade de visualizar as informações, foi feita outra rotina em que os dados são agregados em sobreposição a um mapa do espaço, construído posteriormente a partir de uma foto do local. O método `getDefaultValueDetector()` foi selecionado da própria biblioteca OpenCV, é um detector de pedestres baseado no algoritmo de Histograma de Gradientes Orientados (HOG), apesar de não se tratar de não ser um modelo particularmente eficiente ele é menos intensivo em termos de recursos computacionais, e por este motivo foi adotado neste estudo.

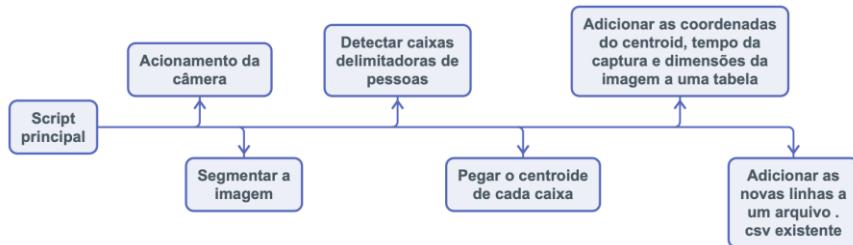


Figura 3: Diagrama da rotina de coleta de dados. Fonte: autor, 2023

O passo subsequente tem a finalidade de enriquecer os os pontos coletados e preparar as informações para que sejam visualizadas, a partir de uma foto foram determinadas as coordenadas das caixas delimitadoras de cada dos equipamento seguidas pelo rótulo e classe a qual cada um pertence. Procedeu-se com a elaboração de uma segunda rotina em Python onde os dados são agregados através da sobreposição a esta tabela.

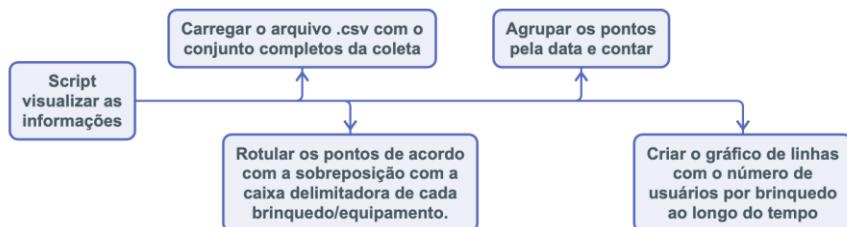


Figura 4. Diagrama da rotina de tratamento de dados. Fonte: autor, 2023

O armazenamento dos dados foi realizado em tabelas simples salvas em arquivos .csv(arquivos de texto com valores separados por vírgula). Os dados são adicionados como novas linhas, formatadas em colunas contendo as coordenadas x e y dos pontos detectados e um marcador temporal com o momento do registro.

Tabela 1. Amostra estrutura dos dados coletados

x	y	timestamp
495	-185	2023-03-16 16:07:55
273	-199	2023-03-16 16:07:55

Fonte: autor, 2023

Após 30 minutos de monitoramento, esses dados foram analisados e sobrepostos às caixas delimitadoras dos equipamentos do playground. Isso resultou em um novo arquivo .csv com as colunas 'nome', 'timestamp', 'contagem' e 'classe'. Essas colunas correspondem ao nome do equipamento, o horário da coleta de dados, o número de usuários identificados em cada equipamento e a categoria do equipamento (por exemplo, bancos, escorregadores), o seguinte código realiza a união espacial:

```
for index, brinquedo in df2.iterrows():
    points_in_bringuedo = df1[(df1['x'] >= brinquedo['Xmin']) &
                               (df1['x'] <= brinquedo['Xmax']) &
                               (df1['y'] >= brinquedo['Ymin']) &
                               (df1['y'] <= brinquedo['Ymax'])]
```

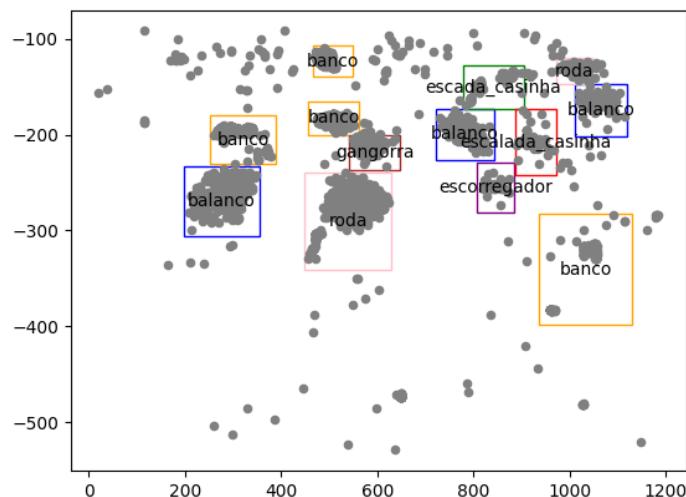


Figura 5. Dados coletados e mapa de equipamentos. Fonte: autor, 2023

Tabela 2. Amostra sobreposição de dados

nome	timestamp	contagem	classe
balanco_assessivel	2023-03-16 16:00:02	1	balanco
balanco_assessivel	2023-03-16 16:00:03	1	balanco

Fonte: autor, 2023

Conforme mencionado anteriormente, o intervalo entre cada coleta e processamento foi de 10 segundos. Além de prevenir a sobreposição na

execução dos scripts, este tempo permitiu a aquisição de uma pré-imagem, uma medida que tem a finalidade de possibilitar o melhor ajuste do sensor da câmera às condições de iluminação do ambiente. Essa imagem preliminar não é incorporada na sequência do script. Em vez disso, a imagem válida para uso é obtida após um segundo desta.

2.3 Visualização de dados

Para a criação do mapa contendo a visão geral do espaço, foram utilizadas técnicas de fotogrametria, baseada em uma série de fotografias sequenciais coletadas a partir do entorno da área de estudo. Em seguida, o resultado dessa análise foi georreferenciado com utilização da plataforma QGIS, uma solução de software livre de Sistema de Informação Geográfica (SIG) que permite visualizar, editar e analisar dados geoespaciais. Os dados obtidos foram correlacionados com os equipamentos identificados na referida área, e assim disponíveis para visualização.

Esta abordagem alinha-se às futuras propostas do projeto, que objetivam integrar os dados de diversos playgrounds do município. Também proporciona a possibilidade de utilização de técnicas de geoprocessamento, facilitando a realização de estudos mais abrangentes mediante a união de dados espaciais, como os censitários ou características socioespaciais do entorno. Desta forma, é possível fornecer uma análise aprofundada e minuciosa das dinâmicas socioespaciais presentes na área de estudo.

2.4 Instalação no local

Para que fosse obtida uma visão o mais abrangente possível, possibilitando a cobertura de todos os equipamentos infantis por meio da câmera do protótipo, foi selecionado como ponto de ancoragem um poste de iluminação. O período de coleta de dados iniciou-se às 15:45 horas, estendendo-se por uma hora. Escolhemos este horário devido ao seu potencial em apresentar uma ampla gama de atividades no playground. Este teste inicial serve principalmente como uma prova de conceito, validando a viabilidade tanto dos componentes físicos quanto do software desenvolvido.

3 Resultados

Ao longo do estudo, realizamos um total de 270 ciclos de coleta e processamento de dados, destes foram descartados os primeiros 90 ciclos, pois a unidade estava ainda sendo acomodada no ponto selecionado junto ao

poste de iluminação. A validação dos resultados foi realizada através da comparação dos dados coletados com uma contagem simples do número de usuários durante a coleta. Aos 10 minutos do início da coleta foram identificados 16 usuários, enquanto pelo modelo foram detectados 11 pessoas, uma assertividade de aproximadamente 70%. Os resultados específicos por equipamento ao longo do período de coleta e o uso total de cada tipo de equipamento são apresentados a seguir.

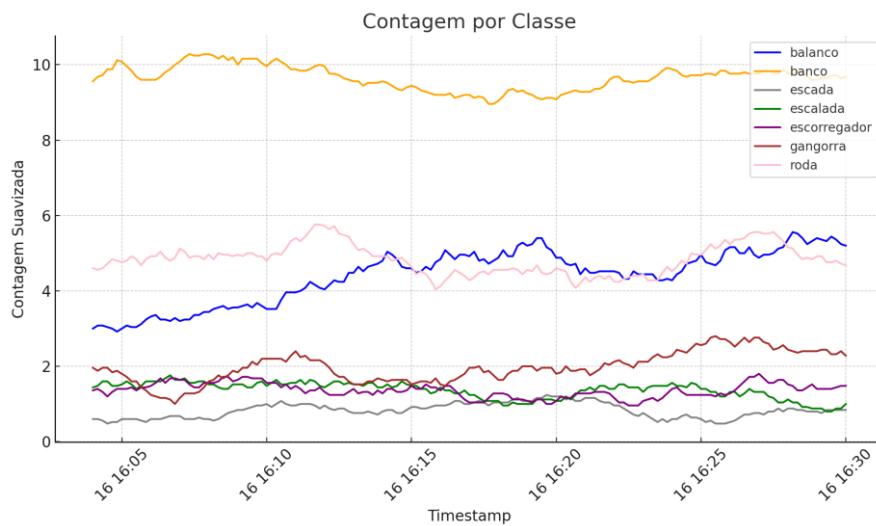


Figura 6: Uso de equipamentos ao longo do tempo. Fonte: autor, 2023.

O modelo não distingue entre adultos ou crianças, o que impossibilita a aferição direta da interação dos adultos em brincadeiras ou auxílio no uso de brinquedos. Assim, as constatações sobre as atividades são evidenciadas apenas pela finalidade intrínseca de cada equipamento. Observou-se que a ocupação dos bancos é desproporcionalmente alta em relação aos equipamentos de playground, que apresentam uma rotatividade maior. Presume-se que os adultos tendem a permanecer estáticos, agindo na maior parte do tempo como supervisores, o que explicaria a detecção maior nos bancos. Por se tratar de um recorte temporal limitado a uma tarde de sábado, não é possível concluir se é o caso específico do período selecionado, poderia-se entender que esta seja uma particularidade deste período, influenciado pela disponibilidade de tempo que os pais possuem durante o fim de semana.

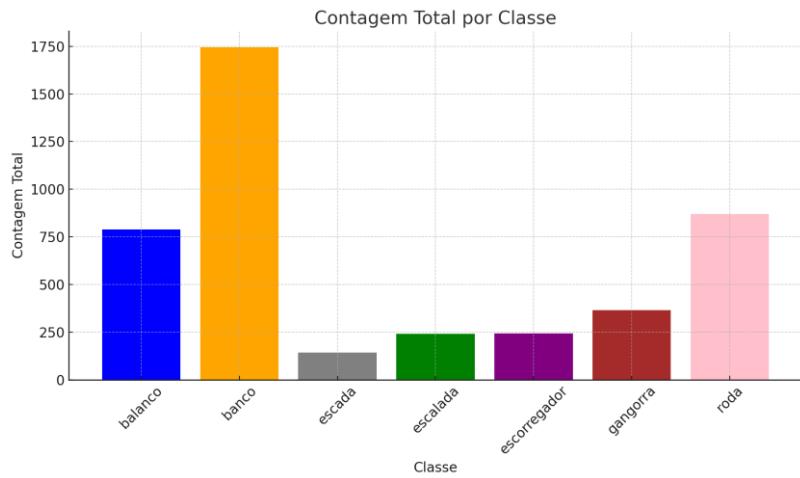


Figura 7: Pontos detectados por classe no período de 30 minutos. Fonte: autor, 2023.

A visualização em mapa destaca a soma dos dados coletados ao longo do período de estudo. Os valores utilizados a partir do arquivo .csv resultante da coleta, foram integrados ao mapa por meio da coluna 'nome'. A partir da disposição espacial dos dados, é possível perceber que os equipamentos mais populares estão posicionados na região central, próximo aos bancos, de maneira a estar dentro do campo de visão e interação dos responsáveis.

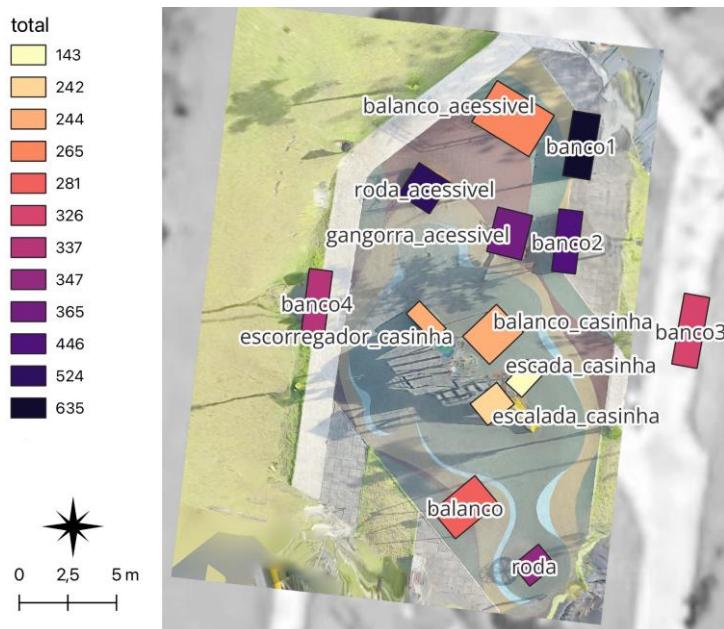


Figura 8: Mapa total de detecções nos equipamentos. Fonte: autor, 2023.

4 Passos futuros

Este trabalho foi realizado na disciplina de Computação e Programação Aplicada ao Processo de Projeto, ministrada na Universidade Federal de Santa Catarina, prosseguindo com o estudo, os próximos passos incluem a expansão da coleta de dados para abranger todo o horário de funcionamento do playground. Estamos particularmente interessados em entender os padrões de socialização, a demonstração de independência das crianças e a influência da idade e do desenvolvimento que o espaço possibilita. Esta crítica sobre a área de estudo pode ser feita, por exemplo, através da avaliação dos equipamentos, considerando suas várias especificações, como altura, material e idade apropriada, entre outros. Esses itens podem ser tratados como "perguntas" em uma análise na qual a utilização pelos usuários representa a resposta da comunidade à adequação do equipamento. Um estudo ainda mais abrangente deve incluir outros espaços da cidade, ampliando o repertório de respostas dos usuários aos projetos de parques infantis implantados pela gestão pública.

Outro ponto observado é a necessidade de comparar o desempenho de outros métodos além do getDefaultPeopleDetector() do OpenCV, no que diz respeito à eficiência na detecção de pessoas, sempre levando em consideração as capacidades do hardware selecionado.

5 Conclusão

Através da utilização de um sensor, foi possível capturar a percepção do usuário refletida em sua escolha de utilizar e permanecer em determinadas áreas. O espaço planejado possui intenções quando propõe uma diversidade de equipamentos e atividades com espaços de descanso ou de interação. Este comportamento torna-se evidente no mapa gerado, onde estas atividades foram detectadas. O mapa não apenas comunica as preferências dos usuários em relação ao projeto, mas também evidencia características de sinergia ou conflito entre as opções na organização do espaço, destacadas pela proximidade entre diferentes usos e ambientes. Como observada a área norte, com maior densidade de equipamentos e bancos foi a mais utilizada, enquanto a parte sul, separada deste conjunto pela casinha, teve uma frequência menor de usuários. A visualização sintetiza dados sobre o uso sobrepostos à ordem espacial do local em estudo, permitindo observações empíricas. Esta reflexão prática, proporciona informações que subsidiam a melhoria nas ações de gestores e planejadores de espaços públicos.

Agradecimentos

Agradecimentos à FAPESC, pelo auxílio financeiro de apoio a infraestrutura do Grupo de Modelagem Avançada (GMA).

Referências

- Cosco, N., Moore, R., & Islam, M. (2010). Behavior mapping: a method for linking preschool physical activity and outdoor design. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(3), 513-519.
- Gehl, J., & Svarre, B. (2018). A vida na cidade: como estudar. Perspectiva.
- Grady, P., & Bundy, A. (2019). What do children do on the playground? A Rasch analysis approach to measurement. *American Journal of Occupational Therapy*, 73(4_Supplement_1), 7311500064p1.
- Lester, S., & Russell, W. (2010). Children's right to play: An examination of the importance of play in the lives of children worldwide. Bernard van Leer Foundation.
- Martins, G. de A., & Theóphilo, C. R. (2009). Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas. Atlas.
- Moore, R., & Young, D. (1980). Childhood outdoors: Toward a social ecology of the landscape. In I. Altman & J. Wohlwill (Eds.), *Children and the environment* (Human Behavior and Environment v.3). Plenum Press.
- Pajankar, A. (2020). Raspberry Pi image processing programming: With NumPy, SciPy, Matplotlib, and OpenCV (1st ed.). Apress.
- Szeliski, R. (2010). Computer vision: Algorithms and applications (1st ed.). Springer.
- World Health Organization. (2021, June 9). Obesity and overweight. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- White, W. (2001). The social life of small urban space. Project for Public Spaces Inc.