

HabitaLab: ferramenta para análise de métricas de habitabilidade em contextos urbanos

Caio Augusto Rabite de Almeida^a  e Angélica Silva Arruda Vidal^b 

^a Universidade Federal de Juiz de Fora, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGAU), Juiz de Fora, MG, Brasil.
E-mail: caio.rabite@gmail.com

^b Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional (IPPUR), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
E-mail: angelicasavidal@gmail.com

Submetido em 04 de novembro de 2025. Aceito em 19 de fevereiro de 2026.
<https://doi.org/10.47235/rmu.v14i1.472>

Resumo. A habitabilidade é um conceito ligado à melhoria e à compreensão das condições espaciais, sociais e econômicas da população, sendo reconhecida como um fator essencial para o planejamento urbano contemporâneo. O objetivo principal deste artigo é apresentar a ferramenta intitulada “HabitaLab”, desenvolvida para avaliar e quantificar índices de habitabilidade urbana, integrando parâmetros da forma urbana e sua configuração como eixo analítico e dados socioeconômicos, com o auxílio de design computacional. A metodologia foi dividida em quatro etapas: revisão bibliográfica; seleção de indicadores e coleta de dados; modelagem computacional e simulações paramétricas; e, por último, análise estatística. Para fins de realização da pesquisa, foi adotado como objeto empírico, um conjunto de 25 bairros do município de Juiz de Fora, Brasil. Os resultados destacam, por um lado, que a análise da relação entre a configuração espacial e os fatores socioeconômicos pode revelar aspectos relevantes de acessibilidade e diversidade funcional associados às condições de habitabilidade, para a contribuição de diretrizes que permitem revelar as necessidades de cada localidade. Por outro, evidenciam-se as potencialidades das ferramentas computacionais, sobretudo da “HabitaLab”, ao investigar formas integradas para análise urbana, contribuindo para a discussão sobre o tema da habitabilidade no planejamento urbano.

Palavras-chave. Habitabilidade, planejamento urbano, urbanismo, análise espacial, ferramentas computacionais

Introdução

A qualidade da correspondência entre as pessoas e seu ambiente vivenciado é conhecida como “habitabilidade (*liveability*)”. Trata-se de um conceito polissêmico, empregado de diversas formas e campos. Em uma interpretação ampla, engloba condições socioeconômicas, ambientais e políticas, como acesso a serviços, oportunidades e infraestrutura urbana. A habitabilidade tem sido usada como abordagem política pelos envolvidos na governança urbana (Li e Yao, 2018).

No âmbito deste estudo, a forma urbana é compreendida como uma estrutura espacial configuracional, cuja organização condiciona padrões de acessibilidade, interação e distribuição de usos no território. Essa compreensão orienta a análise da habitabilidade urbana desenvolvida ao longo do artigo, articulando Morfologia Urbana, sintaxe espacial e indicadores socioeconômicos em uma leitura integrada da cidade.

Segundo Kaal (2011), o uso do conceito de habitabilidade foi inicialmente desenvolvido

por geógrafos e sociólogos holandeses que investigavam as condições das comunidades rurais que enfrentavam a rápida urbanização após a II Guerra Mundial. O conceito foi, então, urbanizado por movimentos sociais que reagiram contra os projetos de renovação e revitalização urbana implementados em muitas cidades europeias e norte-americanas durante as décadas de 1960 e 1970. Embora a importância da habitabilidade esteja historicamente associada à transformação da cidade moderna, a incorporação do conceito no campo do planejamento e *design* contemporâneos é relativamente recente (Çaliskan e Sevik, 2022).

Recentemente, o Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (UN-Habitat, 2017) definiu a habitabilidade dentre as principais características e qualidades espaciais, sociais e ambientais que contribuem para o senso de bem-estar individual e coletivo das pessoas de determinado espaço.

As definições da habitabilidade podem variar conforme os contextos geográficos e culturais. De acordo com Paul e Sen (2020), as discussões sobre habitabilidade e qualidade do ambiente urbano estão mais estabelecidas em países do hemisfério norte, sendo que na perspectiva ocidental, são enfatizados aspectos físicos, com foco em critérios como transporte, infraestrutura presente e economia local. Posteriormente, países orientais ampliaram a interpretação da habitabilidade para além de aspectos físicos ao incorporar dimensões socioculturais como igualmente relevantes.

Heylen (2006) sugere que tal como outros conceitos de temática urbana, a habitabilidade vem sendo utilizada como um guarda-chuva de significados, que estão ligados tanto aos parâmetros que são considerados, quanto pela perspectiva de quem realiza a avaliação. Pacione (1990) reforça que a habitabilidade é uma qualidade relativa e não absoluta, cujo significado pode variar dependendo do local, tempo e finalidade da avaliação.

Depreende-se que a habitabilidade é uma questão complexa no que diz respeito à análise da saúde ambiental e que, em razão disso, sua avaliação tem sido construída derivada de múltiplas abordagens metodológicas, sem a consolidação de um modelo único, mas em um

conjunto diverso de abordagens que mobilizam diferentes indicadores e perspectivas analíticas. Ainda assim, é possível identificar os elementos mais recorrentes ao levantar as metodologias que as pesquisas análogas ao assunto têm utilizado.

No presente estudo, a leitura da forma urbana é operacionalizada a partir da sintaxe do espaço (Hillier, 2015), que compreende a configuração espacial como um elemento ativo na mediação entre estrutura urbana e práticas sociais, analisando como padrões de acessibilidade, integração e conectividade estruturam oportunidades de uso, copresença e vitalidade urbana, sem pressupor relações causais determinísticas.

Desta forma, este artigo tem como objetivo central apresentar a ferramenta intitulada HabitaLab, desenvolvida para apoiar um procedimento da avaliação da habitabilidade urbana com base em uma integração dos indicadores espaciais e socioeconômicos.

O artigo está organizado da seguinte forma: a seção Métricas de habitabilidade e critérios de avaliação apresenta o referencial teórico que fundamenta a habitabilidade e discute os principais indicadores usados na literatura; a Metodologia descreve os procedimentos adotados para o desenvolvimento da ferramenta e de análise dos dados; nas seções Índice de Mistura de Usos (IMUS) e Análise de rede sintática detalham-se os indicadores espaciais e suas operacionalizações. Posteriormente em Resultados e discussão reúnem os principais achados obtidos a partir dos indicadores. Por fim, as Conclusões sintetizam as contribuições da pesquisa, limitações e possibilidades para investigações futuras.

Métricas de habitabilidade e critérios de avaliação

Ao longo do tempo, muitas teorias discutiram sobre qual seria a forma urbana que promoveria maior habitabilidade das cidades e seus espaços, com tratativas sobre caminhabilidade, infraestrutura, variedade de serviços, aspectos socioeconômicos ou de caráter urbano (Dovey e Pafka, 2018). Esses debates forneceram embasamento para a interpretação de que certas configurações espaciais podem estar relacionadas a melhores condições de habitabilidade do que outras, e

isso poderia propiciar o desenvolvimento social, cultural e econômico em escala local (Jacobs, 2011).

Parte da literatura sobre o tema, compreende a habitabilidade como uma qualidade passível de mensuração, desde que ancorada em recortes conceituais e metodológicos específicos, adequadas em indicadores estabelecidos e compreendendo-se a complexidade inerente ao campo (Van Dorst, 2012; Leach et al., 2016; Giap et al., 2014).

Para Pacione (1990), apesar da rejeição do determinismo arquitetônico que povoou discussões sobre a cidade, o ambiente construído e a sua disposição exercem influência no comportamento e bem-estar dos cidadãos. Portanto, compreender a estrutura espacial urbana tem relevância no desenvolvimento de estratégias de planejamento e no apoio à formulação de políticas para projetar cidades mais habitáveis (Krehl et al., 2016). Nesse sentido, a forma urbana não é compreendida como um fator externo que atua mecanicamente sobre dinâmicas sociais, mas como parte constitutiva dos processos culturais, econômicos e espaciais que produzem a habitabilidade em contextos urbanos específicos.

Segundo Van Dorst (2012), os indicadores de habitabilidade associados ao ambiente físico podem ser organizados em duas categorias: habitabilidade normativa e presumida. A normativa é composta de: densidade, qualidade espacial, segurança, mistura de usos, proximidade de serviços etc. Já os fatores de habitabilidade presumida, referem-se aos aspectos perceptivos e subjetivos: presença de natureza, sensação de segurança, identificação, ausência de ruídos e incômodos, origens culturais e outras.

Apesar disso, não há evidência conclusiva de que um conjunto de atributos pertinentes a um bairro o torne mais habitável do que outro. Ao lado de indicadores espaciais, existem inúmeros fatores que podem influenciar na habitabilidade de uma área, mas que requerem abordagens próprias para serem avaliadas.

Na literatura sobre planejamento urbano, Wilson (1962) foi um dos pioneiros a estudar e utilizar o termo habitabilidade, com foco particular no bem-estar e na satisfação dos

residentes locais. A relevância de se discutir a habitabilidade tendo em conta a forma urbana, justifica-se segundo Southworth (2003), que as características físicas de um ambiente construído contribuem significativamente para o desempenho a longo prazo de um espaço.

A forma urbana abrange localização, geometria e as relações entre os elementos espaciais (ou seja, ruas e vias, terrenos e edifícios, espaços públicos e áreas verdes) do ambiente construído (Çaliskan e Sevik, 2022). Szibbo (2015) destaca como atributos morfológicos relacionados à habitabilidade, indicadores como: densidade, diversidade de uso da terra, disponibilidade de espaços abertos e acessibilidade. Hack (2012) complementa ao destacar que a configuração espacial afeta diretamente a escolha dos cidadãos na organização das suas vidas, visto que a mesma delimita ou proporciona oportunidades para a alocação social de recursos e comodidades, facilita o movimento e condiciona a interação social, o lazer e a vitalidade econômica.

O urbanismo contemporâneo enfrenta o desafio de lidar com a crescente complexidade das cidades, em um contexto no qual a urbanização global segue em expansão. Estimativas da Organização das Nações Unidas (ONU) apontam que cerca de 66% da população mundial viverá em zonas urbanas até 2050, reforçando a necessidade de abordagens analíticas capazes de compreender e orientar intervenções sensíveis às dinâmicas de cada território.

Neste cenário, cresce a demanda por métodos emergentes de planejamento urbano, que possam conciliar a resposta de maneira dinâmica e fornecer análises que incorporem outros agentes, tecnologias e teorias que, combinados com a integração de dados e ferramentas, fornecem uma base para estudos sobre a forma urbana (Oliveira e Medeiros, 2016).

Tais demandas por instrumentos de análises e simulação urbana estão crescendo de forma acelerada, facilitadas principalmente pelo aumento da disponibilidade de dados geoespaciais e melhorias tanto no acesso como nas ferramentas computacionais capazes de tratá-los.

O desenvolvimento de muitas destas alternativas tem respaldo principalmente em plataformas de *design* paramétrico, dos quais se destacam não somente a forma, mas também os seus parâmetros geradores e as informações contidas (Kolarevic, 2005).

O design paramétrico é uma abordagem de modelagem utilizando parâmetros interconectados para gerar formas, analisar dados e realizar simulações (Monedero, 2000). Esses processos possibilitam definir a relação entre os elementos de um projeto e a modificação simultânea de vários dos seus componentes formadores. Segundo Beirão et. al. (2011), parâmetros geométricos e de dados, como a morfologia, regulamentos e indicadores urbanos relacionados à forma, uso, tipologia e densidade podem ser definidos parametricamente.

Com isso é possível não apenas realizar um processo de projeto sistemático, mas também avaliar as vantagens e desvantagens de múltiplos cenários, deixando de ser apenas uma ferramenta gráfica para se tornar uma ferramenta metodológica (Lima, 2017).

A partir dessa revisão, observa-se que, embora as abordagens sobre habitabilidade variem em termos conceituais e metodológicos, há recorrência no uso de indicadores espaciais, socioeconômicos e ambientais como estratégias de operacionalização do conceito. Nesse sentido, o presente estudo adota uma perspectiva instrumental, buscando traduzir esses referenciais em procedimentos analíticos capazes de integrar diferentes bases de dados e métricas de territórios urbanos em uma ferramenta integrada.

Metodologia

A metodologia adotada neste estudo foi estruturada a partir dos referenciais teóricos discutidos nas seções anteriores, que apontam a habitabilidade como um conceito multidimensional, operacionalizada por meio da articulação entre atributos da forma urbana, diversidade funcional e indicadores socioeconômicos. A revisão da literatura orientou a seleção das métricas espaciais e sociais incorporadas à ferramenta HabitaLab, priorizando aquelas recorrentes em estudos sobre Morfologia Urbana, sintaxe espacial e qualidade do ambiente construído. Nesse sentido, as medidas configuracionais da forma

urbana, os indicadores de mistura de usos e as variáveis socioeconômicas foram integrados em um procedimento analítico único, permitindo traduzir os conceitos discutidos teoricamente em operações empíricas aplicáveis à escala intraurbana.

A ferramenta intitulada HabitaLab tem como objetivo contribuir para a otimização da captura de dados de bases abertas, visualização espacial dos dados e desenvolvimento de análises objetivas das correlações entre as métricas para elencar indicadores urbanísticos de habitabilidade. Os indicadores selecionados para coleta de dados e cruzamento de informações dos bairros para a pesquisa foram: área (Ha), população, densidade (Ha), taxa de crescimento, valor médio do aluguel, preço do metro quadrado (m²), índice de envelhecimento, razão crianças-mulheres e número de domicílios identificados no CRAS. Os indicadores socioeconômicos e demográficos utilizados foram obtidos em bases de dados públicos e institucionais, incluindo informações censitárias e socioassistenciais. Os dados relativos ao mercado imobiliário foram coletados a partir de bases secundárias de oferta e valores médios praticados.

Além destes dados, foram incorporadas métricas obtidas pela operacionalização em um ambiente paramétrico, do Índice de Mistura de Usos (IMUS), e também dos conceitos da sintaxe espacial, que atua como eixo analítico da investigação espacial para leitura configuracional por meio de medidas sintáticas de Integração, Escolha e Intermediação.

As métricas sintáticas de Integração, Escolha e Intermediação, bem como o Índice de Mistura de Usos (IMUS) foram calculadas especificamente para esta pesquisa por meio da ferramenta paramétrica HabitaLab, a partir da base viária e do uso do solo.

A metodologia proposta pode ser dividida em quatro momentos principais, articulando fundamentos teóricos, dados empíricos e processamento computacional para análise da relação entre a forma urbana, uso do solo e indicadores socioeconômicos nos bairros selecionados da cidade de Juiz de Fora, Brasil, sendo estes:

- O primeiro passo consistiu em uma revisão bibliográfica para identificar as principais métricas relevantes para o conceito da habitabilidade, selecionando-as e direcionando-as para a posterior coleta e tratamento dos dados. Os tipos de parâmetros podem formar duas categorias de classificação: os parâmetros diretos (obtidos por meio de dados geográficos, escalares e numéricos) tais como: densidade, distâncias, zoneamento, área construída, volume etc. E os parâmetros indiretos ligados a fatores sociais, econômicos, ambientais etc referentes ao espaço analisado.
- O segundo momento concentrou-se na coleta e organização desses dados, reunindo fontes censitárias e relatórios de Assistência Social (CRAS) no município. Para se obter os dados referentes aos valores praticados por preço de imóvel e valor de aluguel cobrados na cidade estudada, utilizou-se uma técnica de *web scraping* de dados públicos de *sites* de imobiliárias do município. Os dados foram organizados por bairro, padronizando as categorias e unidades para posterior análise estatística.
- Como forma de assegurar a interpretação das análises e minimizar distorções nos resultados, foram adotados critérios para seleção das amostras dos dados e bairros com o objetivo de evitar a influência de valores extremos (*outliers*), não incluindo, assim, bairros que apresentassem número muito baixo de registros populacionais, escassez de dados socioeconômicos e de infraestrutura urbana, os quais levariam a um comprometimento da consistência das relações. Simultaneamente, não foram incluídos o bairro Centro, ou outro semelhante dotado de área hiperdensada, com concentração muito alta de serviços, pois poderiam gerar algum desvio de tendência que dificultaria a análise de padrões

morfológicos e socioespaciais nos bairros de natureza predominantemente residencial ou mista. Para a importação dos dados da malha viária, lotes, edificações e distribuição de usos, coletou-se da plataforma *OpenStreetMaps*, *Google Maps* e de bases cadastrais da Prefeitura do município em formato .CAD ou .GIS. Cabe destacar que alguns destes dados encontram-se desatualizados frente ao rápido e natural processo de evolução urbana, como na base cadastral da Prefeitura.

- A terceira etapa foi o desenvolvimento da ferramenta computacional por meio da combinação de *softwares* de modelagem paramétrica como *Rhino* e seu *plugin Grasshopper* e pacotes adicionais de recursos de SIG (Sistema de Informação Geográfica), que permitiu integrar os diferentes conjuntos de dados em um único modelo. Nessa fase, foram operacionalizadas métricas sintáticas da malha urbana: integração normalizada, escolha normalizada e intermediação, derivadas de análises configuracionais. Além disso, foi implementada também a categorização de usos do solo, por meio do cálculo do Índice de Mistura de Usos (IMUS) com base na diversidade funcional. Essa consolidação de dados e informações diversas em um único ambiente paramétrico potencializou as análises espaciais subsequentes e garantiu maior confiabilidade metodológica ao estudo.

A quarta etapa compreendeu a análise de dados e mapas gerados. Utilizou-se tratamento estatístico, com a aplicação da fórmula de Índice de Mistura de Usos (Entropia), bem como da Correlação de *Spearman* para investigar associações entre a estrutura espacial urbana, diversidade funcional e indicadores qualitativos relacionados à habitabilidade, como ilustrado na Figura 1:

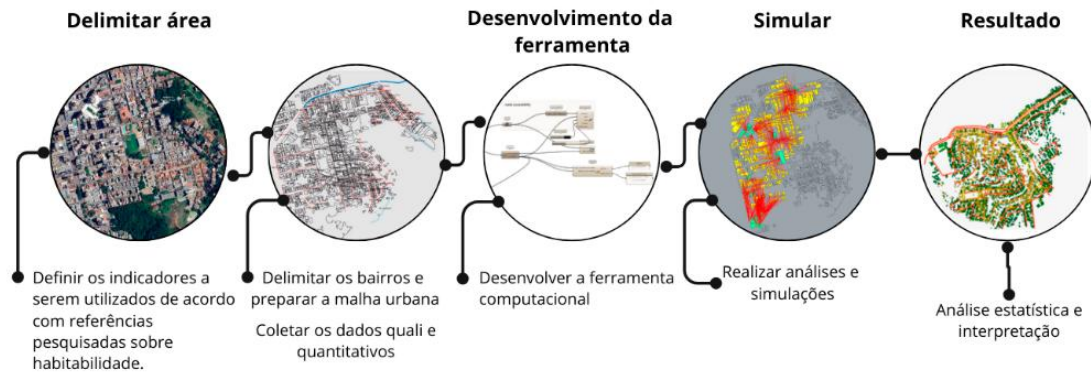


Figura 1. Passos metodológicos para operacionalização da ferramenta (fonte: elaboração própria)

Índice de Mistura de Usos (IMUS)

A primeira utilização de ferramenta desenvolvida para a análise de habitabilidade a partir das condicionantes que foram adotadas neste trabalho, buscou tratar da compreensão de usos e disponibilidade de serviços presentes em 25 bairros da cidade que foram selecionados para o objeto de estudo.

Segundo a literatura, a mistura de usos é crucial para uma boa habitabilidade, porque cria cidades e bairros dinâmicos, acessíveis socialmente e conectados. Melhora a conveniência, promove a caminhabilidade e a segurança pela presença de pessoas em diversos ciclos do dia. Para Jacobs (2011), a vitalidade urbana geralmente se refere à capacidade de um lugar de induzir atividades sociais e econômicas vivas.

O conceito de vitalidade tem sido muito utilizado no contexto urbano, e frequentemente associado em paralelo com a noção de habitabilidade. A vitalidade urbana é construída socialmente na dependência de concentração de pessoas.

Segundo Lima (2017), a variedade de serviços de uma localidade é fundamental para a caminhabilidade desta e, conseqüentemente, promover encontros e mobilidade constantes. A diversidade de usos favorece a presença contínua de pessoas nas ruas, a ativação do espaço público e a redução de deslocamentos motorizados. A vitalidade é um indicador crítico de habitabilidade em cidades de alta densidade e tem impactos positivos na economia e vida social (Lynch, 1992).

Depreende-se que, teoricamente, valores de IMUS mais elevados estariam vinculados à caminhabilidade e ao acesso facilitado de

equipamentos urbanos, princípios defendidos pela literatura como “desejáveis” para a habitabilidade.

O planejamento urbano e as políticas públicas de regulamentação do espaço priorizam o desenvolvimento do uso misto como estratégia-chave para o desenvolvimento de bairros sustentáveis.

O código desenvolvido para a análise do IMUS parte de dois critérios para mensuração:

1. Quantificar a mistura de usos em nível do pedestre sob a forma numérica, avaliando a proporção de localidades a cada atividade, estando elas divididas entre: áreas verdes, espaços públicos, institucional, residencial e comercial.
2. Calcular o IMUS (Índice de Mistura de Usos do Solo), que é um indicador para mensurar a diversidade funcional de um território urbano. O IMUS foi calculado com base em uma adaptação da fórmula do Índice de Diversidade de Shannon (também conhecido como índice de Shannon-Wiener) e integrando os valores obtidos das proporções na ferramenta. O resultado varia entre 0 (uso único) e 1 (mistura perfeita e equilibrada de todos os usos). Um alto IMUS tende a indicar bairros com diversidade de funções, o que favorece a ocupação ativa do espaço público, o uso misto ao longo do dia e da redução de longos deslocamentos, o que conseqüentemente promove maior fluxo de pessoas, comércio, segurança e coesão social.

Um dos processos mais presentes foi o de mesclar dados provenientes de diferentes fontes. O principal motivo foi o de agilizar a entrada dos metadados, coletados de

repositórios como *Google Place e Maps*, e dos dados censitários responsáveis por conter informações de localização, tipo de estabelecimento e classificação, promovendo maior precisão e atualização constante se qualquer modificação for feita na base de

dados. Para isso, foi necessário o auxílio do *plugin Heron* para *Grasshopper*, para importar os dados GIS de várias fontes e alinhar as bases de dados encontradas no ambiente *Rhino/Grasshopper*, como demonstrado na Figura 2.

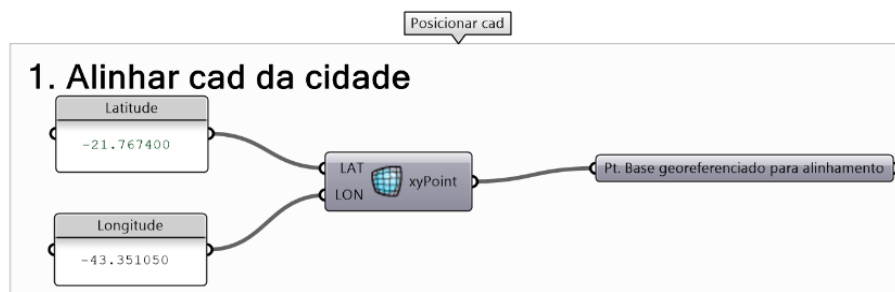


Figura 2. Parte do código para alinhamento da rede viária importada com o CAD e pontos geométricos no *software Grasshopper* (fonte: elaboração própria)

Para a extração dos pontos a partir do *Google Places API* foi necessário um *script* em *Python* com um pacote da biblioteca *GeoPandas*: trata-se de um projeto de código aberto para simplificar o trabalho com dados geoespaciais na linguagem de programação especificada. O *GeoPandas* estende os tipos de dados usados para permitir operações espaciais em tipos geométricos. Todos estes dados foram exportados e salvos no formato *.CSV* e lidos depois no *software Grasshopper*, que lançou os pontos a partir das coordenadas georreferenciadas. Segue abaixo parte do código:

```
Import geopandas as gpd
Import pandas as pd
Gdf = gpd.read_file ("estabelecimentos.shp")
Dados=gdf[["nome_estabelecimento", "tipo", "endereco", "bairro", "Geometry"]].copy()
Dados["longitude"] = dados.geometry.x
Dados["latitude"] = dados.geometry.y
```

Quanto ao levantamento dos valores de mercado de imóveis e dos preços de aluguel praticados no município analisado, aplicou-se uma técnica de *web scraping* voltada à extração de dados públicos disponíveis em *sites* de imobiliárias locais, conforme código abaixo:

```
Import requests
From bs4 import BeautifulSoup
Import pandas as pd
For imóvel in soup.find_all("div", class_="bloco-imovel"):
```

Para fechamento do processo, precisou-se também alinhar corretamente os pontos com possíveis divergências em relação aos pontos X e Y do plano tridimensional no *software Rhinoceros*. A Figura 3 ilustra parte do código usado nesta etapa.

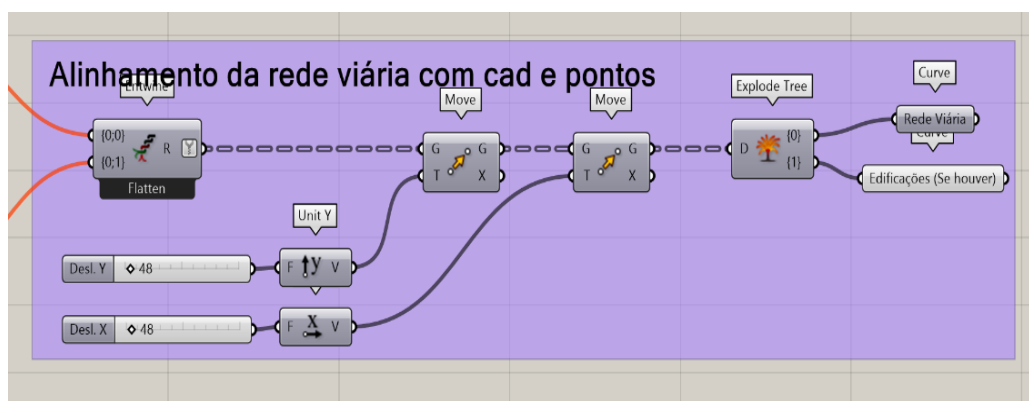


Figura 3. Parte do código na interface do *plugin Grasshopper* para alinhamento dos dados de GIS com o *software Rhino* e pontos obtidos (fonte: elaboração própria)

Cada geometria responsável pela identificação do uso é inserida como dado de entrada, por exemplo curva e/ou polígonos. Esta geometria é tratada, quantificando o

número total de itens respectivos, bem como de suas áreas totais. A Figura 4 apresenta um componente utilizado para este procedimento.

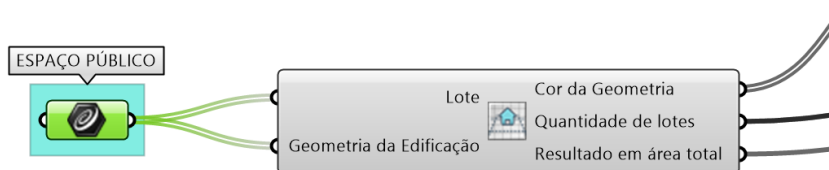


Figura 4. Componente no *Grasshopper* para quantificar os espaços em lotes e resultados de área total (fonte: elaboração própria)

É possível gerar um mapa com as cores, indicando cada uso e um gráfico com os dados numéricos da área total destinada a cada uso

no bairro analisado por quantidade numérica e por área total ocupada, como visto nas Figuras 5 e 6.

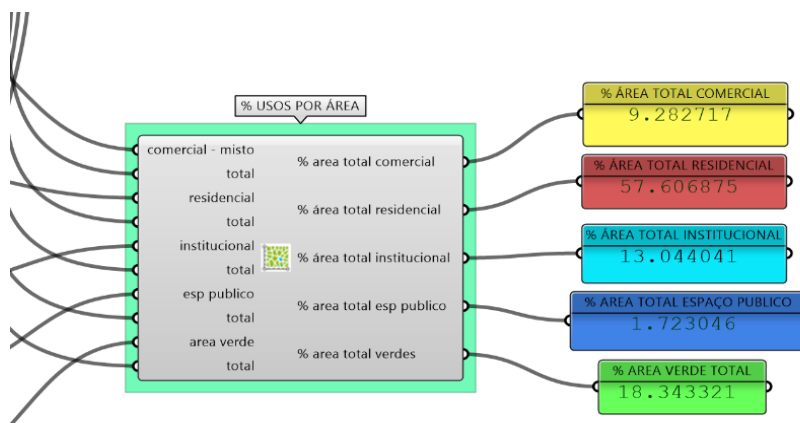


Figura 5. Cluster representativo da ferramenta para análise da porcentagem líquida de usos por área de acordo com sua natureza (fonte: elaboração própria)

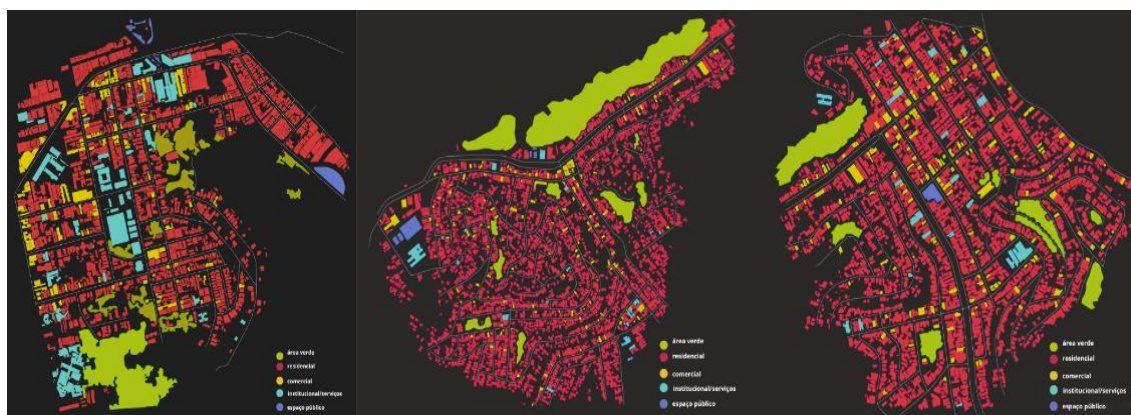


Figura 6. Mapas gerados na interface da ferramenta Habitalab com a análise feita com o mix de uso dos bairros analisados (fonte: elaboração própria)

Esta primeira análise apoia diretamente o entendimento ágil do bairro e de suas carências e potencialidades em termos de serviços disponíveis e suas classificações, além de aferir o processo de inserção dos pontos de cada atividade para outros meios de

avaliação e filtragem de dados a serem usados a seguir pela metodologia.

Estes indicadores podem auxiliar a identificar zonas monofuncionais, segregadas espacialmente e com potencial para a

formulação de políticas de solo mais equilibradas e voltadas para a concepção de cidades mais compactas.

Análise de rede sintática

O último indicador considerado pelo método e incorporado às funcionalidades da ferramenta foi o da sintaxe espacial. Partindo do pressuposto de que a configuração das redes viárias está associada a padrões de movimento, uso do solo e práticas sociais. Conforme Hillier (2015), a análise sintática explora as inter-relações entre espaço e movimento em diferentes escalas, permitindo compreender como a estrutura espacial condiciona dinâmicas urbanas. Em estudos quantitativos, a Sintaxe do Espaço permite representar a configuração urbana a partir de distâncias topológicas, fornecendo padrões de acessibilidade, caminhabilidade e escolha de rotas de pedestres (Carpio-Pinedo, 2014).

Van Nes e Yamu (2018) esclarecem que os resultados advindos de experimentos destes estudos têm contribuído para o desenvolvimento de teorias de compreensão da construção e evolução urbana, considerando o impacto das atividades sociais neste processo. Por fim, Sevtsuk e Mekkonen (2012) destacam que as ferramentas para análise sintática têm evoluído desde então, adquirindo novas funcionalidades, dentre as quais a capacidade de introduzirem novos elementos, como edificações, e estabelecer pesos diferentes entre os elementos e o uso do solo em toda a área considerada.

Foram calculadas as relações espaciais sob um viés configuracional por meio de análises sintáticas de todos os bairros desta pesquisa.

As seguintes medidas sintáticas foram aplicadas: Escolha e Integração, sendo as duas normalizadas. Tais medidas sintáticas normalizadas, concentram sua relevância, pois são indicadas para o tratamento de análises configuracionais em escalas variadas (Van Nes e Yamu, 2021), coerente com o objeto de estudo e na verificação dos bairros selecionados. As métricas podem ser sintetizadas da seguinte maneira:

- **Integração:** mede o grau de proximidade de cada segmento em relação ao conjunto da rede viária, considerando a distância métrica ao longo das conexões entre

segmentos adjacentes. Segundo Hillier (2015), a posição ideal dos atratores econômicos é influenciada pela estrutura de rede das vias, direcionando onde as atividades econômicas ocorrem, no qual os atratores (centros comerciais, polos econômicos e de serviços) buscam se localizar ao longo das ruas mais integradas. Ou seja, quanto mais pessoas utilizarem uma rua, maior a probabilidade de atrair pontos de destino. Por sua vez, quanto mais atratores ao longo de uma via, mais elas atraem pessoas, criando assim um processo de efeito múltiplo. De maneira análoga, é possível observar também que os valores imobiliários e os processos de locação de propriedades são influenciados pelos níveis de integração presentes na rede de vias urbanas (Desyllas, 2000). Os resultados podem ser visualizados por meio de dois “mapas”: os da malha (*network*) contendo os valores das vias e o das parcelas correspondentes às localidades do bairro (lotes, edificações) como visto na Figura 7.

- **Escolha:** é calculada contando o número de vezes que cada segmento de via vai no caminho mais curto entre todos os pares de segmentos dentro de uma distância selecionada. O caminho mais curto refere-se ao menor desvio angular (ou seja, a rota mais reta) através da malha (Hillier e Lida, 2005) e, portanto, desempenharia um papel na forma como as pessoas tendem a se orientar pelo ambiente construído. Dalton (2003) realizou estudos empíricos nos quais indicou que os ângulos influenciam na escolha das rotas das pessoas nos cruzamentos de vias, dando preferência a conservar a linearidade, com o mínimo desvio angular possível. A análise angular, então, revela quais as principais rotas de movimento sob tais princípios são percebidas (Van Nes e Yamu, 2018). A Figura 8 demonstra a visualização da métrica.
- **Intermediação/Centralidade:** reflete os fluxos de pedestres na rede, e indica o centro topológico da configuração, ou seja, as partes onde a maioria das funções especificadas podem ser realizadas (Sevtsuk e Mekkonen, 2012). As contribuições deste indicador para a

habitabilidade são de ampliar as análises de rede sintáticas e conexões topológicas sob os seguintes aspectos: distribuição de serviços e comércio analisados sob variações de distâncias e pesos; distribuição de pontos de transporte público na malha viária do bairro e distribuição de equipamentos. Com a ferramenta, é possível também criar grafos direcionados, não direcionados ou mistos, bem como definir as propriedades de peso para cada aresta. Ao operar em uma interface paramétrica, os pontos de origem, destino, pesos e variâncias e quaisquer transformações tanto da estrutura viária quanto das edificações podem ser feitas e recalculadas de modo dinâmico. Os resultados revelam a característica de ocupação de cada bairro e qual faixa de ocupação é predominante: nas bordas ou nas vias de maior axialidade, por exemplo.

Contudo, vale ressaltar que certos aspectos de centralidade extrapolam os limites pelo escopo da análise sintática do espaço. Estudos dedicados à análise da forma construída, abordam não apenas a configuração física do ambiente, mas também as características simbólicas e culturais que conferem identidade a um determinado local (Van Nes e Yamu, 2018), que contribuem para a diversidade e o enriquecimento da vivência local.

Resultados e discussão

Para interpretação dos resultados, foram agrupados e filtrados os dados com base na localização dos bairros de forma sistemática. Em seguida, inseridos em uma tabela estruturada para aplicação de fórmulas de normalização e dos cálculos de correlação estatística com todos os indicadores definidos pela pesquisa, conforme Tabela 1.

A partir dos resultados estatísticos, algumas correlações entre as variáveis espaciais e socioeconômicas podem ser exploradas e ajudar nas interpretações para perguntas que motivaram a investigação desta pesquisa. Por exemplo, ao se verificar as medidas de Mix de Usos com as medidas sintáticas de Integração e Escolha, pode-se conferir se bairros com mais diversidade de usos tendem a ser mais acessíveis na malha viária. Já o preço do metro

quadrado e o valor do aluguel e sua relação com a acessibilidade, pode demonstrar se áreas mais integradas ou com maior fluxo potencial possuem maior valor de mercado. A medida de intermediação com o IMUS ou Preços de aluguel ou metro quadrado, para verificar se ruas de bairros com maior fluxo estrutural favorecem usos mistos ou valorização.

As análises de correlação foram feitas após a coleta e agrupamento de dados de todos os bairros, e utilizando-se o coeficiente de Spearman, em função da natureza não paramétrica das variáveis analisadas e da adequação do método para identificação de associações monotônicas entre indicadores espaciais e socioeconômicos. O Coeficiente de Spearman varia de -1 a 1, nos quais esta pesquisa adotou a escala de valores proposta por Cohen (1988), que designa as relações fracas ($r = |\pm 0,10|$); relações moderadas ($r = |\pm 0,30|$); relações fortes ($r = |\pm 0,50|$).

A Tabela 2 descreve os resultados das correlações entre todos os parâmetros que serão interpretados em seguida.

De forma resumida, a partir do banco de dados construído e das análises realizadas com base no coeficiente de Spearman, observa-se que espaços com maiores níveis de conectividade e de integração tendem a associar-se a mais diversidade de usos e a valores imobiliários mais elevados. Esses resultados reforçam a relevância da Sintaxe do Espaço e outras análises combinadas como a de IMUS para abordagens analíticas e compreensão de processos de centralidade, uso do solo e dinâmica urbana, conforme discutido na literatura sobre a forma urbana (Desyllas, 2000; Sevtsuk e Mekonnen, 2012; Van Nes e Yamu, 2018). Nesse sentido, as análises sintáticas oferecem subsídios consistentes para o apoio à leitura e ao planejamento de bairros mais integrados, acessíveis e funcionalmente diversos, em consonância com estudos que articulam configuração espacial, vitalidade urbana e valorização do território.

Para fins interpretativos das correlações obtidas nos coeficientes, foram seguidos critérios propostos por Cohen (1988), considerando-se as correlações como fortes, moderadas e fracas seguindo os valores da escala que foi mencionada acima.

Tabela 1. Indicadores para habitabilidade dos bairros analisados (fonte: elaboração própria)

Bairro	Ha	P	D	TC	VA	PM²	IE	C/M	NDC	INA	INM	ENA	ENM	INT	IMUS
Sagrado Coração	226,9	2070	9,1	-13,4	725	2011	17,4	28,2	284	0,86	0,57	0,73	0,40	0,70	0,50
São Geraldo	269,3	2087	7,8	97,1	710	2659	16,3	29,7	166	0,94	0,63	1,03	0,52	0,77	0,51
Teixeiras	115,2	5197	45,1	6,5	1273	4348	39,4	23,1	270	1,29	0,94	1,15	0,61	0,81	0,55
Santa Luzia	124,4	13732	110,4	7,1	1167	3869	55,0	22,0	742	1,45	0,93	1,21	0,63	0,92	0,66
Cascatinha	64,0	4671	73,0	22,0	1471	3936	69,9	19,3	37	1,37	0,99	1,22	0,84	0,65	0,67
Ipiranga	211,8	14872	70,2	12,5	827	2132	30,9	26,9	914	1,86	0,93	1,44	1,04	0,83	0,66
Santo Antônio	181,0	8628	47,7	14,7	867	2110	26,1	25,9	621	1,43	1,14	1,18	0,86	0,85	0,73
Lourdes	156,0	7104	45,5	10,9	955	3191	55,5	20,6	369	1,25	0,89	1,07	0,76	0,64	0,55
Furtado de Menezes	19,0	2653	139,6	-14,5	700	1997	54,8	23,6	195	1,44	0,72	0,77	0,45	0,50	0,60
Costa Carvalho	75,0	7525	100,3	7,0	891	3044	51,7	22,0	161	1,25	0,41	0,64	0,33	0,49	0,63
Borboleta	200,7	5164	24,6	9,3	1085	3540	39,2	22,3	293	0,94	0,82	0,75	0,43	0,70	0,54
São Pedro	392,7	10681	27,2	14,9	1160	4029	31,5	22,3	954	0,79	1,21	1,11	0,74	1,11	0,88
Benfica	881,1	18111	20,6	13,0	1064	3136	26,2	27,0	749	1,63	1,11	1,03	0,95	0,89	0,80
Santa Cruz	409,1	15514	37,9	2,5	834	2092	24,3	27,8	938	0,99	0,69	0,47	0,36	0,49	0,58
São Mateus	124,4	18134	146,0	8,3	1504	4312	125,7	13,4	281	1,51	1,13	1,03	0,83	1,29	0,89
Bom Pastor	90,6	5548	61,2	12,3	1599	4282	113,9	18,8	31	1,43	1,05	0,87	0,74	1,12	0,88
Santa Helena	38,6	5831	151,1	6,7	1478	4670	140,8	13,7	37	1,42	1,26	1,08	0,92	0,70	0,72
Granbery	45,2	4890	108,3	7,6	1389	4626	86,4	14,9	47	1,55	1,14	1,04	0,85	0,98	0,74
São Bernardo	114,0	3541	83,9	-5,5	906	2521	78,7	20,5	170	1,33	1,60	1,36	1,03	0,77	0,74
Vitorino Braga	64,0	4263	66,6	7,8	827	3093	76,1	20,5	175	1,04	0,75	0,51	0,36	0,52	0,68
São Benedito	143,0	14407	100,7	3,3	626	2297	35,5	27,3	415	1,03	0,76	0,67	0,50	0,72	0,69
Linhares	521,0	10755	20,6	4,0	703	2841	35,7	26,5	914	1,11	0,89	0,65	0,54	0,62	0,55
Manoel Honório	50,0	6374	127,5	-0,9	1166	3546	114,4	17,7	150	1,35	1,03	0,87	0,68	0,87	0,71
Progresso	241,0	16986	70,5	7,7	926	2990	43,1	24,7	627	0,97	0,61	0,51	0,39	0,55	0,58
Bandeirantes	373,8	11073	29,6	25,9	1012	2924	43,6	23,2	332	1,47	1,23	1,09	0,86	0,75	0,62

Legenda: ha= área; p= população; D= Densidade (Ha); TC= Taxa de Crescimento (%); VA= Valor Médio Aluguel (R\$); Pm²= Preço/M² em R\$; IE= Índice De Envelhecimento (%); C/M= Razão Crianças-Mulheres (%); NDC= Número de domicílios no CRAS; INA= Integração Normalizada (valor mais alto); INM=Integração Normalizada (média); ENA= Escolha Normalizada (valor mais alto); ENM= Escolha Normalizada (Média); INT= Intermediação.

Área (Ha)= área total do bairro medida em hectares. População= quantitativo de moradores do bairro segundo o Censo. Densidade (Ha)= densidade de pessoas por hectare. Taxa de crescimento (%) = porcentagem de crescimento da população residente no bairro. Valor médio Aluguel (R\$) = valor médio cobrado para aluguel no bairro entre os imóveis disponíveis em fontes públicas de sites de imobiliárias. Preço M²= valor médio do metro quadrado com base em dados de fontes públicas de sites de imobiliárias. Índice de Envelhecimento (%) = crescimento de porcentagem de população inserida na faixa etária de idosos. Razão Criança-Mulheres (%) = proporção da presença de mulheres e crianças em relação ao total dos residentes do bairro. Número de domicílios no CRAS = quantidade numérica de domicílios cadastrados no CRAS (Centro de Referência de Assistência Social). Integração Normalizada (Valor + alto) = valor numérico de maior integração entre todos os bairros de uma área analisada, com o ponto de maior acessibilidade topológica. Integração Normalizada (média) = valor médio entre as análises sintáticas de integrações das áreas do bairro. Escolha Normalizada (valor + alto) = valor numérico de qual segmento de via com maior potencial de atrair fluxo de movimento. Intermediação = valor numérico para indicação de fluidez e conectividade da rede, avaliando o fluxo potencial de um espaço. IMUS = Índice de Mistura de Usos do solo do bairro, com a medida baseada na entropia de Shannon, onde foram consideradas as áreas de espaço público, comerciais, residenciais, verdes e institucionais.

Obs.: valor arredondado para duas casas decimais.

Tabela 2. Resultados após correlação de Spearman (fonte: elaboração própria)

Ind.	ha	p	D	TC	VA	Pm ²	IE	C/M	NDC	INA	INM	ENA	ENM	INT	IMUS
Ha	1,00	0,40	-0,77	0,32	-0,27	-0,25	-0,68	0,63	0,65	-0,17	-0,17	0,07	-0,07	0,02	-0,26
p	0,40	1,00	0,18	0,03	0,06	-0,06	-0,08	0,17	0,69	0,35	0,17	0,22	0,23	0,25	0,34
D	-0,77	0,18	1,00	-0,42	0,26	0,14	0,68	-0,54	-0,25	0,33	0,27	0,10	0,23	0,13	0,49
TC	0,32	0,03	-0,42	1,00	0,19	0,21	-0,26	0,04	-0,02	0,02	0,16	0,28	0,18	0,20	-0,03
VA	-0,27	0,06	0,26	0,19	1,00	0,86	0,64	-0,76	-0,40	0,34	0,52	0,43	0,37	0,45	0,49
Pm²	-0,25	-0,06	0,14	0,21	0,86	1,00	0,62	-0,75	-0,48	0,31	0,38	0,26	0,22	0,30	0,40
IE	-0,68	-0,08	0,68	-0,26	0,64	0,62	1,00	-0,93	-0,56	0,41	0,39	0,17	0,27	0,13	0,52
C/M	0,63	0,17	-0,54	0,04	-0,76	-0,75	-0,92	1,00	0,61	-0,38	-0,46	-0,21	-0,26	-0,18	-0,51
NDC	0,65	0,69	-0,25	-0,02	-0,40	-0,48	-0,56	0,61	1,00	0,02	-0,04	0,12	0,05	0,09	-0,06
INA	-0,17	0,35	0,33	0,02	0,34	0,31	0,41	-0,38	0,02	1,00	0,73	0,38	0,60	0,56	0,68
INM	-0,17	0,17	0,27	0,16	0,52	0,38	0,39	-0,46	-0,04	0,73	1,00	0,72	0,83	0,63	0,68
ENA	0,07	0,22	0,10	0,28	0,43	0,26	0,17	-0,21	0,12	0,38	0,72	1,00	0,84	0,73	0,53
ENM	-0,07	0,23	0,23	0,18	0,37	0,22	0,27	-0,26	0,05	0,60	0,83	0,84	1,00	0,70	0,59
INT	0,02	0,25	0,13	0,20	0,45	0,30	0,13	-0,18	0,09	0,56	0,63	0,73	0,70	1,00	0,58
IMUS	-0,26	0,34	0,49	-0,04	0,49	0,40	0,52	-0,51	-0,06	0,68	0,68	0,53	0,59	0,58	1,00

Idem descrição da tabela 1. Neste caso, os resultados apresentados são referentes às medidas encontradas após a correlação de Spearman. Obs.: valor arredondado para duas casas decimais.

Destacam-se os seguintes pontos identificados como correlações fortes, e não considerando para interpretação indicadores da mesma origem, por exemplo métrica de escolha com o valor alto e média, estando o retorno das variáveis de valor próximo a +1,00:

- IMUS x Integração Média ($r=+0,684$): compreende-se que bairros de maior integração espacial (mais acessíveis e conectados à malha urbana) tendem a apresentar mais mistura de usos. A conectividade topológica indica o favorecimento de diversidade funcional, como residências próximas a serviços e equipamentos públicos. No planejamento urbano, a integração pode ser usada para estimular adensamentos funcionais, promovendo maior equidade de distribuição de amenidades.
- Intermediação x Escolha Normalizada ($r=+0,730$): valores esperados, pois ambos são métricas de fluxo e centralidade, já que vias com maior centralidade de passagem concentram fluxo, confirmando a assertividade da ferramenta e dos valores obtidos.
- Densidade x Taxa de Envelhecimento dos Moradores do bairro ($r=+0,683$): bairros mais densos da cidade estudada tendem a concentrar maior proporção de

idosos. A possível hipótese é de que idosos permanecem em bairros consolidados, bem como faixas etárias mais jovens se acomodam em bairros em crescimento ou em processos de adensamento.

- IMUS x Taxa de Envelhecimento ($r=+0,515$): valores indicam que uma maior mistura de usos está associada à presença de população mais idosa. A hipótese é de que há uma tendência da terceira idade preferir locais com acesso facilitado ao comércio, saúde e transporte, característica de bairros com maior IMUS.
- Valor do Aluguel x Integração Média ($r=+0,52$): percebe-se uma tendência de localidades com valores de aluguel mais altos possuírem maior integração de sua rede, o que pode ser justificado entendendo-se que bairros mais acessíveis e bem integrados concentram uma relação entre valorização e acessibilidade.

Quanto às correlações com resultados moderados, cita-se por exemplo os índices configuracionais (integração e escolha) e valores imobiliários, sugerindo que vias mais integradas valorizam o solo, mesmo que estas não sejam os únicos fatores de valorização.

Mostra-se também que a acessibilidade topológica influencia padrões urbanos. Destacam-se os indicadores:

- IMUS x Valor do Aluguel ($r=+0,486$): bairros com mais diversidade de usos tendem a ter aluguel mais alto, já que a diversidade de funções urbanas pode valorizar um imóvel, favorecendo a atratividade e a conveniência.
- IMUS x Preço do M² ($r=+0,396$): bairros com maior diversidade de usos possuem valores mais elevados de moradia.
- Preço do M² x Intermediação ($r=+0,297$): corrobora com a hipótese de que vias estruturantes valorizam imóveis, principalmente por fatores de localização e importância dos fluxos.

Já sobre as correlações fracas ou negativas, observou-se:

- IMUS x Taxa de Crescimento Populacional ($r=-0,03$): interpreta-se que bairros com maior diversidade funcional apresentam crescimento populacional mais baixo, o que indicaria que uma vitalidade funcional não está diretamente associada ao crescimento populacional recente. Uma das hipóteses possíveis seria a de que bairros consolidados possuem suas funções estabelecidas, bem como a estrutura urbana já existente limitaria a expansão demográfica.
- Integração Média x Número de Domicílios cadastrados no CRAS ($r=-0,03$): há leve tendência de bairros menos integrados conterem maior número de domicílios vinculados à assistência social. Sob um entendimento urbano, bairros mais periféricos ou mal conectados tendem a concentrar populações mais carentes.
- Valores de Integração x Razão crianças-mulheres ($r=-0,37$): bairros mais integrados topologicamente tendem a ter menor proporção de crianças por mulher, o que significa que áreas mais acessíveis e centrais, sejam ocupadas por famílias com menor número de filhos.
- Razão crianças-mulheres x valor do aluguel ($r=-0,762$): esse resultado pode ser visto como um dos mais diferentes, indicando que bairros com maior presença de crianças por mulher tendem a ter valores imobiliários mais baixos,

isso pode sugerir que famílias com mais crianças se concentram em áreas menos valorizadas, seja por maior oferta de espaços disponíveis para formação de novas famílias, seja por questões de acessibilidade financeira. Em uso prático, ajuda a entender a segregação socioeconômica e distribuição de faixas etárias no território.

- IMUS x razão crianças-mulheres ($r=-0,51$): bairros com maior mistura de usos geralmente são mais consolidados, verticalizados ou valorizados, onde o perfil demográfico pode tender a famílias menores ou de faixa etária elevada. Em contraponto, bairros majoritariamente ocupados por famílias maiores tenderiam a apresentar menor valor imobiliário, maior disponibilidade espacial e baixa diversidade de usos.

Os resultados obtidos se articulam com um conjunto de pesquisas feitas no contexto brasileiro, em que estudos realizados em outras cidades no país têm apontado que padrões de conectividade e integração espacial, morfologia e compacidade tendem a se associar às dinâmicas de centralidade, vitalidade urbana e aos padrões de distribuição desigual de bens e serviços no território (Netto e Krafta, 2010; Holanda, 2013; Medeiros, 2013; Villaça, 2000).

Cabe destacar a relevância da sintaxe espacial (Hillier, 2015) como abordagem capaz de revelar padrões estruturais da cidade não apreendidos por análises puramente geométricas ou estatísticas. Conforme van Nes e Yamu (2018), a leitura configuracional explícita como a forma urbana condiciona práticas sociais e processos socioespaciais. Nesse sentido, a articulação entre métricas sintáticas, mistura de usos e dados socioeconômicos permite compreender como a organização espacial dos bairros estrutura condições de acesso, diversidade funcional e habitabilidade.

No campo específico da teoria e aplicação da sintaxe espacial em cidades brasileiras, a literatura tem demonstrado que métricas como integração, escolha e outras não operam de forma determinística, mas em articulação com fatores históricos, funcionais e socioeconômicos, reforçando a necessidade de leituras holísticas dos resultados (Holanda,

2002; Medeiros e Barros, 2014). Além disso, tais investigações no Brasil têm enfatizado a importância de instrumentos metodológicos capazes de integrar bases de dados espaciais e provenientes de outras fontes de modo a ampliar a capacidade analítica sobre a relação entre forma urbana e qualidade de vida (Medeiros, 2013; Krafta e Rauber, 2020; Villaça, 2000), fator que pode contribuir principalmente em se tratando de estratégias de urbanismo social.

Conclusões

A análise desenvolvida evidencia que a avaliação da habitabilidade urbana conforme vista em sua definição, demanda abordagens capazes de articular, de forma integrada, indicadores espaciais, socioeconômicos e ambientais, combinando dimensões quantitativas e qualitativas na leitura do espaço urbano, sobretudo aplicadas à escala intraurbana, onde as relações entre configuração espacial e dinâmicas locais tornam-se mais evidentes.

No contexto deste estudo, a ferramenta HabitaLab mostrou-se capaz de apoiar a identificação de bairros com baixa vitalidade urbana, caracterizados pela predominância de usos únicos, bem como de subsidiar estratégias de adensamento funcional e a análise das relações entre diversidade urbana, valor imobiliário, envelhecimento, densidade e acessibilidade, dentre outros indicadores correlatos à habitabilidade.

Destaca-se também que o design computacional apresenta valências para o campo do planejamento e gestão urbana, particularmente no desenvolvimento de instrumentos analíticos e projetuais adaptados às complexidades das cidades. Esta relevância é ainda mais presente quando consideramos os desafios inerentes ao cenário nacional, onde a maior parte das cidades têm pouca disponibilidade de dados que poderiam ter grande utilidade operativa.

Devemos reconhecer algumas limitações para este trabalho. Primeiro, a forma urbana não é o único fator que influencia os níveis socioeconômicos das áreas da cidade, há outros aspectos relevantes, por exemplo, políticas habitacionais específicas, intervenções urbanas e gentrificação.

Os resultados e a proposta metodológica seguindo as diretrizes teóricas estabelecidas podem induzir a percepção de que os espaços com melhores índices de habitabilidade são aqueles que dispõem de maior oferta e qualidade de serviços. Sendo assim, é importante compreender as especificidades de cada lugar, não se situando apenas em fatores econômicos e sociais e relativizando possíveis dinâmicas que possuam outras formas de habitabilidade, como por exemplo a sazonalidade de eventos e serviços ou características de percepção ambiental e cultural.

Na composição do Índice de Mistura de Usos do Solo (IMUS), a inclusão das áreas verdes como uma das categorias de uso do solo, reconhecidas na literatura como relevantes para a habitabilidade, influenciou os resultados em bairros específicos, em especial naqueles com baixa diversidade funcional, onde a presença relativa de grandes áreas verdes elevou, ainda que moderadamente os valores do índice.

O maior obstáculo metodológico reside na dificuldade de encontrar dados socioespaciais digitalizados em bancos compatíveis com os *softwares* e ferramentas usadas. Algumas inserções feitas de forma “manual” para cada edificação dificultam a elaboração do modelo e pode reduzir a confiabilidade dos resultados, já que alguma informação pode não ter sido considerada ou armazenada. A ampliação e qualificação das bases de dados tendem a aumentar a precisão das simulações, reduzir o tempo de elaboração dos modelos e fortalecer os processos de análise e retroalimentação.

Outro ponto de limitação diz respeito à causalidade. Seguindo a abordagem proposta, ela deve ser vista como uma pesquisa exploratória, que investigou uma variedade de questões relacionadas ao ambiente urbano e à habitabilidade espacial. Por exemplo: mesmo que, a princípio, a conectividade esteja ligada a índices socioeconômicos elevados, o aumento desse atributo em um bairro pode não trazer necessariamente melhorias diretas para a população residente.

Embora esta relação entre forma urbana e características socioeconômicas seja consolidada como discussão, sua amplitude metodológica permanece relevante, especialmente diante da necessidade de apoiar

a formulação de instrumentos de apoio à análise e ao planejamento urbanos.

A perspectiva da reprodução da metodologia empregada e a facilidade em se obter os resultados, podem ampliar o campo disciplinar de modo a servir como uma interface colaborativa para a redução de lacunas entre os profissionais e diversos agentes envolvidos.

Para futuros trabalhos, busca-se compreender quais as contribuições podem ser feitas com o uso de métodos e ferramentas para construção de modelos de análise do território e do uso local do espaço, ou a distribuição de *layout* de serviços com base nas necessidades reais dos usuários, superando a imposição de padrões urbanísticos.

Conclui-se que o desenvolvimento de novas ferramentas e métodos computacionais tem possibilitado a incorporação de novas interpretações, principalmente em formação de indicadores e métodos. Esse direcionamento favorece a ampliação de conexões entre dados e análises, no sentido de aproximar mais efetivamente os conceitos de habitabilidade e as contribuições efetivas na prática do planejamento urbano.

Referências

- Barros, A. P. (2014) *Configuração espacial e dinâmica urbana: contribuições da sintaxe espacial para a análise das cidades brasileiras*. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, v. 16, n. 2, 87-104.
- Beirão, J., Nourian, P. e Mashhoodi, B. (2011) “Parametric urban design: na interactive sketching system for shaping neighborhoods”, em *29^a Conference on Education in Computed Aided Architectural Design in Europe*, eCAADe 225-234. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2011.225>
- Çaliskan, O. e Sevik, E. (2022). “Urban form and liveability: towards a socio-morphological perspective” em *Built Environment*. 48(3), 301-316. <https://doi.org/10.2148/benv.48.3.301>
- Carpio-Pinedo, J. (2014) “Urban bus demand forecast at stop level: space syntax and other built environment factors, *evidence from Madrid*”, em *Procedia Social and Behavioral Sciences*, v. 160, 205-214. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.132>
- Cohen, J. (1988) *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, Nova Jersey).
- Dalton, R. (2003) “The secret is to follow your nose: route path selection and angularity”, *Environment and behavior*, 35(1), 107-131. <https://doi.org/10.1177/0013916502238867>
- Desyllas, J. (2000) “*The relationship between urban street configuration and office rent pattern in Berlin*”, *Tese de Doutorado publicada*. University of London, University College London, Reino Unido.
- Dovey, K., Pafka, E., e Ristic, M. (2017) “Mapping as spatial knowledge”, *Mapping Urbanities*, 1-16, Routledge.
- Giap, T., Thye, W. e Aw, G. (2014). “A new approach to measuring the liveability of cities: the Global Liveable Cities Index”, *World Review of Science, Technology and Sustainable Development*, 11(2), 176-196.
- Hack, G. (2012) “Shaping urban form”, em Rosan C. D., Sanyal, B. e Vale, L. J. (eds.), *Planning ideas that matter: livability, territoriality, governance, and reflective practice* 33(1), 33-64. (MIT Press, Massachussets).
- Heylen, K. (2006) “Liveability in social housing: three case-studies in flanders”, em *Proceedings of ENHR Conference “Housing in an expanding Europe: theory, policy, participation and implementation”* (1-24), Ljubljana, Eslovênia (KU Leuven).
- Hillier, B. (2015) *Space is the machine: a configurational theory of architecture* (CreateSpace Independent Publishing, Londres).
- Hillier, B. e Lida, S. (2005). *Network and psychological effects in urban movement*, em *International Conference on Spatial Information Theory*, (Berlim, Alemanha), Springer Berlim, 474-490.
- Holanda, F. (2002) *O espaço de exceção* (Universidade de Brasília, Brasília).
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010). *Censo Demográfico – 2010*. (IBGE, Rio de Janeiro). Recuperado em 16 de novembro de 2024 de www.ibge.gov.br

- Jacobs, J. (2011) *Morte e vida de grandes cidades*, 3 ed. (Martins Fontes, São Paulo).
- Kaal, H. (2011) “A conceptual history of livability: dutch scientists, politicians, policy makers and citizens and the quest for a livable city”, *City* 15 (5), 532-547. <https://doi.org/10.1080/13604813.2011.595094>
- Krafta, R. e Rauber, A. (2020) “Morfologia urbana e a revolução dos dados”, *Revista de Morfologia Urbana*, [S. l.], v. 8, n. 1, p. e00151. DOI: 10.47235/rmu.v8i1.151.
- Krehl, A., Siedentop, S., Taubenbock, H. e Wurm, M. (2016) *A comprehensive view on urban spatial structure: urban density patterns of German city regions*, em ISPRS International Journal of Geo-Information, 5 (6), 76.
- Leach, J., Braithwaite, P., Lee, S., Bouch, C., Hunt, D., e Rogers, C. (2016) “Measuring urban sustainability and liveability performance: the city analysis methodology”, em *International Journal of Complexity in Applied Science and Technology*, 1 (1), 86-106.
- Li, W. e Yao, C. (2013) “Trends of livability in the capital region of Taiwan”. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 12 (2), 293-300. <https://doi.org/10.3130/jaabe.12.293>
- Lima, F. T. (2017) “Métricas urbanas: sistema (para)métrico para análise e otimização de configurações urbanas de acordo com métricas de avaliação de desempenho”, *Tese de Doutorado publicada da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro*.
- Lynch, K. (1992). *The image of the city*, 4 ed. (MIT Press, Massachussets).
- Medeiros, V. A. (2013) *Urbis brasiliae: o estudo da forma urbana no Brasil* (Universidade de Brasília, Brasília).
- Monedero, J. (2000) “Parametric design: a review and some experiences”, em *Automation in Construction*, 9(4), 369-377. [https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(99\)00020-5](https://doi.org/10.1016/S0926-5805(99)00020-5)
- Montgomery, J. (1998) “Making a city: urbanity, vitality and urban design”, em *Journal of Urban Design*, 3(1),93-116. <https://doi.org/10.1080/13574809808724418>
- Netto, V. e Krafta, R. (2010) “A forma urbana como problema de desempenho: acessibilidade, centralidade e estrutura especial”, em *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, v. 12, n. 2, 59-77.
- Oliveira, V. e Medeiros, V. (2016) “Morpho: Combining Morphological Measures”, em *Environment and Planning B: Planning and Design*, 43 (5), 805-825.
- Pacione, M. (1990). “Urban liveability: a review”, em *Urban Geography*, 11 (1), 1-30. <https://doi.org/10.2747/0272-3638.11.1.1>
- Paul, A. e Sen, J. (2020) “A critical review of liveability approaches and their dimensions”, em *Geoforum*, 117(1), 90-92. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.09.008>
- Siegel, S. e Castellan, N. (1988) *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*, 2 ed. (McGraw-Hill Book Company, Nova Iorque).
- Southworth, M. (2003) “Measuring the liveable city”, em *Built Environment*, 29(4),343-354. Doi:10.2148/benv.29.4.343.54293
- Szibbo, N. (2015) “Liveability and LEED-ND: the challenges and sucessses of sustainable Neighborhood Rating-Systems”, *Tese de Doutorado publicada. University of California, Berkeley*.
- UN-Habitat (2017) *Habitat III: draft new urban agenda*, UN-Habitat World Cities Report 2017, Nairobi, Quênia.
- Van Dorst, M. (2012) “Liveability”, em Van Bueren, E., Van Bohemen, H., Itard, L. e Vischer, H. (eds.), *Sustainable urban environments* (Springer, Dordrecht).
- Van Nes e A., Yamu, C. (2021) *Introduction to space syntax in urban studies* (Springer Nature, Dordrecht).
- Van Nes, A. e Yamu, C. (2018) “Space syntax: a method to measure urban space related to social, economic and cognitive factors”, em Yamu, C., Poplin, A., Devisch, O. e de Roo, G. (eds.), *Virtual and the real in planning and urban design: perspectives, practices and applications* (136-150)

(Routledge, Francis and Taylor, Abingdon, Inglaterra, Reino Unido).

Villaça, F. (2000) *Espaço intra-urbano no Brasil* (Studio Nobel, São Paulo).

Wilson, R. (1962) “Liveability of the city: attitudes and urban development”, em F. Chapin, & Weiss, S. (eds.), *Urban growth dynamics in a regional cluster of cities* (John Wiley and Sons, Nova Iorque).

Tradução do título, resumo e palavras-chave

HabitaLab: a tool for analyzing habitability metrics in urban contexts

Abstract. Liveability is a concept related to improving and understanding spatial, social, and economic conditions, affecting urban populations and is widely recognized as a key element in contemporary urban planning. This paper aims to present the tool entitled Habitalab, developed to evaluate and quantify urban liveability indices through integrated analysis combining urban form parameters, spatial configuration as an analytical framework, and socioeconomic data, supported by computational design. The methodology was structured into four stages: literature review; indicator selection and data collection; computational modelling with parametric simulations; and statistical analysis. For research purposes, a set of twenty-five neighborhoods in the city of Juiz de Fora, Brazil, was adopted as the empirical focus. Results indicate that examining relationships between spatial configuration and socioeconomic factors reveals relevant aspects related to accessibility and functional diversity associated with liveability conditions, contributing to guideline formulation aimed at identifying specific local needs. Additionally, findings highlight the potential of computational tools, particularly Habitalab, to support integrated approaches for urban analysis, contributing to ongoing discussions on liveability within urban planning studies.

Keywords. Liveability, Urban Planning, Urbanism, Spatial Analysis, Computational Tools

Editoras responsáveis pela submissão: Eneida Maria Souza Mendonça, Michela Sagrillo Pegoretti.
Editor assistente: Vitor de Toledo Nascimento. Editora de texto: Linda Emiko Kogure.

Licenciado sob uma licença Creative Commons.

