



Classificação de ofertas de apartamentos utilizando mineração e visualização de dados: um estudo da verticalização no bairro de Manaíra, João Pessoa

Yasmin de Freitas Vieira Couto^a e Lucas Figueiredo de Medeiros^b

^a Universidade Federal Fluminense, Departamento de Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Niterói, RJ, Brasil. E-mail: yasminfvcouto@gmail.com

^b Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, João Pessoa, PB, Brasil. E-mail: lucasfigueiredo@gmail.com

Submetido em 29 de abril de 2021. Aceito em 01 de outubro de 2021.
<https://doi.org/10.47235/rmu.v9i2.204>

Resumo. O fenômeno da verticalização em cidades brasileiras tem se intensificado nas últimas décadas, refletindo forças de mercado e expectativas sobre o morar que se manifestam através da crescente construção e oferta de novos edifícios e apartamentos; ou na adaptação dos existentes. Este artigo tem como objetivo aplicar técnicas de mineração e visualização de dados para investigar as características da verticalização em Manaíra, João Pessoa, Paraíba, que é fortemente condicionada pela legislação e pela localização relativa dentro do bairro, bem como identificar a presença de estratégias de fortificação nos edifícios em estudo. A pesquisa utilizou o método de agrupamento K-means para classificar a oferta de apartamentos no bairro por preço e área, observando também a localização dos apartamentos no bairro. Em seguida, procurou entender algumas características dos edifícios e a adoção de estratégias de fortificação, tais como a presença de equipamentos de segurança. Os resultados contribuem para demonstrar o potencial da mineração de dados em pesquisas na arquitetura e urbanismo, produzindo visualizações que descortinam a verticalização em Manaíra a partir de um conjunto limitado de dados, explicando e visualizando a influência da localização relativa dos edifícios e de condicionantes locais e, em paralelo, a adoção generalizada de estratégias de fortificação.

Palavras-chave. urbanismo, verticalização, fortificação, mineração de dados, k-means.

Introdução

A localização relativa é o valor de uso mais importante de um imóvel, já que ela determina em grande parte a facilidade ou dificuldade de acesso à oferta de comércio, serviços, equipamentos, espaços públicos, locais de trabalho, dentre outras oportunidades que a cidade oferece (Villaça, 1998; Marcus et al, 2019). Nesse sentido, há uma relação direta entre localização e preço. Marcus et al (2019) apresentam isso de maneira simples: edifícios idênticos

provavelmente terão valores distintos se localizados em diferentes partes da cidade.

O preço de uma habitação, no entanto, resulta também de outras variáveis econômicas, sociais e espaciais que encapsulam expectativas individuais e coletivas sobre o modo de morar. No processo de formação de preço, características de cada unidade habitacional, do edifício que a abriga, e do entorno imediato complementam o valor da localização no espaço urbano. De fato, modelos que se baseiam predominantemente na acessibilidade ou localização relativa não

necessariamente vão capturar a percepção dos possíveis compradores (Heyman et al, 2019).

Nesse sentido, a forma dos edifícios, sobretudo os habitacionais, reflete expectativas sociais de um determinado período histórico - e expectativas similares conduzem a soluções recorrentes (Netto et al, 2017). Edifícios verticais surgem não apenas de estratégias de adensar e, portanto, de multiplicar e capturar o valor do solo, mas também dessas expectativas em relação a modos de morar.

Expectativas sobre o morar em diferentes contextos urbanos brasileiros incorporam uma crescente negação e abandono do espaço público (Caldeira, 2000). Como caracterizado por Caldeira (2000), o medo do espaço público tem moldado novos padrões de segregação. A interface entre espaços privados e públicos é cada vez mais rígida, sobretudo em edifícios multifamiliares e condomínios horizontais voltados à moradia dos estratos de maior renda. A fortificação, termo sugerido pela autora para descrição do fenômeno, também se manifesta na verticalização e enclausuramento cada vez mais evidente dos edifícios, com muros e grades que ignoram a escala humana; itens diversos de segurança como câmeras, alarmes, cercas eletrificadas; e grandes equipamentos de lazer exclusivos aos moradores.

Edifícios em altura com essas características contribuem para a crescente 'desurbanidade' das cidades brasileiras. Estes imóveis desestimulam o convívio com o outro no espaço urbano, criando bolhas de homogeneidade social que respondem a expectativas sobre modos de morar associados a um tipo de mobilidade dependente do automóvel particular (Figueiredo, 2012). Enquanto novos edifícios produzidos contemporaneamente já são projetados em função dessas expectativas, dispondo de muitas vagas de garagem, diversos equipamentos de lazer privativos e elementos de fortificação, prédios antigos são continuamente adaptados para mimetizar ou incorporar alguns desses aspectos.

Apesar da bem estabelecida conceituação teórica dos fenômenos de verticalização e fortificação, a captura empírica destes processos ainda é um campo relativamente

aberto, sobretudo em contextos urbanos pouco explorados. A disponibilidade de grandes bases de dados abre oportunidades para investigar tais fenômenos urbanos. Este artigo se dedica à análise do preço de venda de apartamentos e de características formais dos edifícios em altura do bairro de Manaíra, na cidade de João Pessoa. A abordagem baseada em dados como estratégia de análise empírica tem emergido em estudos urbanos de temas diversos, tais como mobilidade (Gonzalez et al, 2008; Zhao et al, 2016), morfologia urbana (Gil et al, 2012; Boeing 2021) e preço de imóveis (Abraham et al, 1994; Wu et al, 2020). A abordagem focada em dados permite a captura da realidade de tal modo a produzir entendimentos que não derivam necessariamente da confirmação ou negação de hipóteses previamente estabelecidas, mas sim de relações identificadas que emergem da análise dos dados (Anderson, 2008). Os fenômenos falam por si e podem ou não corroborar expectativas teóricas relacionadas ao valor dos imóveis e características formais dos edifícios. Este artigo investiga a verticalização e fortificação no bairro de Manaíra, João Pessoa, Paraíba, Brasil, utilizando técnicas de mineração e visualização de dados, para construir classificações por agrupamento (*clustering*) com o algoritmo K-means (MacQueen, 1967).

Este artigo tem como objetivo aplicar técnicas de mineração e visualização de dados para investigar as características da verticalização em Manaíra, João Pessoa, Paraíba, que é fortemente condicionada pela legislação e pela localização relativa dentro do bairro, bem como identificar a presença de estratégias de fortificação nos edifícios. A pesquisa partiu da base de dados abertos agregados pela plataforma Properati.¹ Os arquivos continham informações sobre preço de venda e área de apartamentos ofertados em sites online no bairro de Manaíra entre janeiro de 2017 e fevereiro de 2018. Os dados brutos foram tratados, filtrados e georreferenciados. Na primeira etapa, a pesquisa procurou investigar, a partir de três variáveis, área, preço e localização, como a oferta de apartamentos reflete a localização relativa dentro do bairro, fortemente influenciada pela proximidade da praia e pela legislação.

Na segunda etapa, a pesquisa coletou informações complementares dos edifícios a

partir de uma amostra da base de dados, incorporando novas informações como idade aproximada, número de andares, forma da base e presença de elementos de fortificação. Nessa etapa, a pesquisa buscou identificar alguns elementos presentes nos edifícios verticalizados do bairro que indiquem estratégias de fortificação.

As análises produziram classificações por agrupamento e visualizações que ajudam a explicar a verticalização no bairro a partir de uma análise baseada em dados, mapas e gráficos. O artigo traz contribuições efetivas ao entendimento da distribuição dos edifícios no bairro e reflete sobre o resultado cumulativo da implantação ou remodelação dos edifícios ao longo do tempo no território. Como pano de fundo, este artigo busca contribuir na consolidação do uso das técnicas de mineração e visualização de dados num contexto urbano ainda pouco explorado.

O bairro de Manaíra

Manaíra é um bairro litorâneo da cidade de João Pessoa na orla da praia de Manaíra, conforme aponta a Figura 1. O bairro é delimitado a leste pela via costeira, a Avenida João Maurício, e a oeste pelo bairro de São José, uma comunidade que se desenvolveu às margens do Rio Jaguaribe e se consolidou como ZEIS (Zona Especial de Interesse Social). O bairro São José é ocupado sobretudo por uma população de baixa renda e foi urbanizado em 2012. Ao norte, o bairro faz divisa com os bairros de Jardim Oceania e Aeroclub, através da Avenida Flávio Ribeiro

Coutinho ('Retão de Manaíra'). Ao sul, faz divisa com o bairro de Tambaú através da Avenida Ruy Carneiro.

A morfologia da rede de ruas no bairro parte de uma estrutura em grade, mas com algumas irregularidades e interrupções criadas por quadras combinadas, alongadas ou deslocadas. Em função disso, apenas algumas avenidas cruzam o bairro de norte a sul e de sul a norte. Elas abrigam os principais fluxos de automóveis e as linhas de transporte público. As principais avenidas que cortam o bairro são (do leste, praia, para o oeste): João Maurício, Edson Ramalho, Guarabira, Esperança, Monteiro da Franca e João Cândia. Somam-se a essas a Avenida Maria Rosa na parte oeste do bairro. O bairro conta ainda com seis praças, enumeradas na Figura 1, e dois shoppings indicados no mapa por hachuras vermelhas.

A legislação urbana no bairro de Manaíra impõe restrições à altura dos edifícios nos primeiros 500 metros a partir da orla. O gabarito dos edifícios nessa região é escalonado de forma que os prédios beira-mar tenham alturas menores, no máximo 12,90 metros ou cerca de quatro andares, até uma altura máxima de 35 metros, ou cerca de 11 andares, nas quadras a 500 metros da orla (Nóbrega, 2011; Alonso, 2017). Essa lei, em vigor desde os anos 1970, condicionou fortemente a verticalização no bairro. Fora da faixa de escalonamento, não há controle direto de gabarito. A altura máxima dos edifícios é resultado dos recuos, da taxa de ocupação e do coeficiente de aproveitamento.

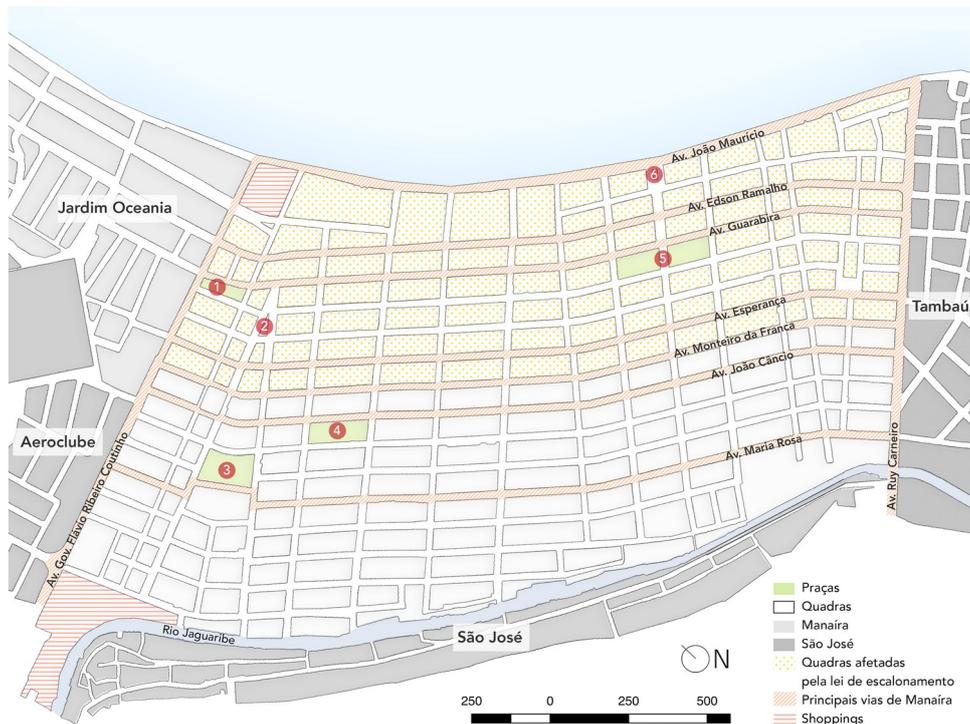


Figura 1. Mapa do bairro de Manaíra, destacando 6 praças no bairro (fonte: adaptada pelos autores a partir de mapas da Prefeitura de João Pessoa e IBGE).

As principais avenidas paralelas à orla na parte leste do bairro concentram grande diversidade de atividades de comércio e serviço (Figura 1). Isso ocorre pela atratividade da praia, pela presença de linhas de transporte público e por 'economias de movimento' (Hillier, 1996), ou seja, presença de usos que tomam proveito do fluxo de pedestres e veículos nessas avenidas. Essa diversidade de usos também é resultado do escalonamento do gabarito dos edifícios. A restrição de altura dos edifícios dificulta a captura de valor do solo pela simples multiplicação da área construída permitida. A limitação no número de andares dos edifícios aumenta a atratividade de outras formas de captura do valor do solo que não o uso residencial multifamiliar. A dinâmica determinada pela lei do escalonamento acaba por incentivar a adaptação ou substituição de residências por pontos comerciais ou de serviços, expressos em tipologias de pequeno porte como galerias que abrigam lojas, escritórios, consultórios, etc.



Figura 2. Vista do bairro de Manaíra (do centro do bairro, para o norte) (fonte: foto dos autores).

Na parte oeste do bairro, onde a lei do escalonamento não é aplicada, os efeitos da diversificação do uso são reduzidos. O uso habitacional no bairro é majoritariamente voltado a classe média e alta com forte presença de edifícios multifamiliares. Essas diferenças moldam o desenvolvimento do bairro: onde há controle de gabarito, há maior intensidade de fluxos e diversidade de usos; onde não há controle de gabarito, há menor intensidade de fluxos e diversidade de usos - a área ainda é predominantemente residencial - embora a instalação de comércio e serviços seja permitida em todo o bairro. Sendo um bairro litorâneo e ao mesmo tempo bem conectado e bem servido de infraestrutura, comércio e serviços, Manaíra é uma localização valorizada na cidade de João Pessoa, alvo do mercado imobiliário (Figura 2).

A consolidação de Manaíra como um bairro verticalizado e residencial teve início em meados dos anos 1960. Alonso (2017) divide o processo de adensamento e verticalização na cidade de João Pessoa em três ciclos, o primeiro entre 1960 e 1979, que teve pouca repercussão no bairro de Manaíra. O segundo ciclo de verticalização, entre 1980 e 1988, foi um período de intensificação da construção vertical com 46 edifícios construídos no período (Nóbrega, 2011). O terceiro ciclo, compreendido entre 1988 e 2005, consolidou Manaíra como um bairro verticalizado com a construção de 209 edifícios. O quarto, e atual, ciclo de verticalização descrito pela autora se inicia em 2005, com a implementação da lei de outorga onerosa da cidade de João Pessoa. Segundo Alonso (2017), essa legislação urbana criou condições para a construção de edifícios ainda mais altos fora da faixa de escalonamento, incentivando o remembramento de terrenos. Os edifícios de grande porte (em lotes maiores ou remembrados), com dezenas de andares e ocupando grandes lotes, implicaram uma série de características formais na configuração das áreas comuns. Estes prédios comumente reproduzem estratégias contemporâneas de fortificação, com interfaces menos permeáveis entre o público e o privado (Alonso et al, 2018).

Método e resultados

A pesquisa partiu da base de dados abertos coletados em 2018 da antiga plataforma Properati. A base reunia anúncios de venda e aluguel de imóveis em cidades de todo o Brasil entre janeiro de 2017 e fevereiro de 2018. Para o estudo foram selecionados apenas os anúncios de apartamentos à venda no bairro de Manaíra. A base contém informações sobre o preço de venda do apartamento, área construída e localização espacial. Os dados foram filtrados para remoção de registros duplicados ou sem informações válidas. Dos originais 1677 registros, apenas uma pequena parcela continha informações sobre a localização (longitude e latitude) do imóvel. Por isso, os anúncios passaram por uma etapa de identificação e georreferenciamento com auxílio da verificação em campo, do Google Street View, Google Maps, e de uma ferramenta SIG (QGIS Development Team, 2019). Finalmente, foi calculada a distância de cada registro até a praia usando a linha de referência da orla estabelecida pela lei do escalonamento.

Os procedimentos de tratamento, mineração, análise e visualização dos dados foram desenvolvidos nas ferramentas Anaconda (2019) e Orange (Demšar et al, 2016). Os procedimentos foram revisados, documentados e implementados novamente em notebooks (Kluyver et al, 2016) no Jupyter Lab, para facilitar a reutilização e adaptação do método por outros pesquisadores. Após o tratamento, filtragem e georreferenciamento dos dados, 569 registros foram considerados válidos para compor a amostra, contendo preço, área, latitude, longitude e distância até a praia. O preço de venda dos apartamentos no bairro varia aproximadamente entre 150 mil reais e dois milhões de reais; as áreas entre 22m² e 440m²; e a distância até a praia entre 28 m e 1172 m.

A primeira etapa de investigação e agrupamento dos dados foi feita com o algoritmo K-means². O procedimento foi escolhido pela sua simplicidade e versatilidade. O K-means é um algoritmo de agrupamento (*clustering*) por partição simples, que utiliza interações sucessivas, calculando distâncias médias dos pontos até k 'centros' e representando a média do grupo

(cluster). Os centros dos grupos são recalculados a cada interação, num espaço de “n” dimensões, onde “n” é o número de variáveis, no caso, preço e área. O algoritmo, portanto, particiona - divide - um conjunto de dados em “k” clusters de objetos similares entre si. Os clusters são grupos de apartamentos em edifícios multifamiliares, que guardam semelhanças entre si com base no preço de venda e área total.

Para permitir a comparação entre dados numéricos que variam dentro de escalas diferentes, os valores passaram pelo procedimento padrão de normalização anterior ao agrupamento. A escolha do número “k” de clusters é relativamente subjetiva, mas alguns parâmetros podem ser usados para guiar essa decisão. A análise de similaridade entre os pares de um grupo comparado com outros grupos é um desses parâmetros que se baseia nos valores de silhueta, de pertencimento, atribuídos pelo algoritmo (Rousseeuw, 1987). Com isso, a base foi particionada em quatro grupos ou clusters. Utilizando o coeficiente phi de Pearson para os quatro grupos, foi

possível verificar uma correspondência superior a 95% entre uma classificação criada utilizando a base completa com 1677 registros (após filtro e remoção de registros duplicados) e uma criada para a base georreferenciada com 569 registros. Em outras palavras, a amostragem e agrupamento dos dados georreferenciados demonstrou ser um subconjunto representativo da base completa.

As Figuras 3, 4 e 5 apresentam o resultado do agrupamento dos apartamentos em 4 clusters criados a partir da relação entre preço (em milhares de reais) e área (em metros quadrados), denominados a1, a2, a3 e a4. O grupo a1 é mais numeroso e os grupos subsequentes a2, a3 e a4 são cada vez menores (Figura 3b). Como indicado na Figura 3a, a dispersão aumenta na medida em que a área e preço dos apartamentos cresce. Assim, considerando o preço de venda dos apartamentos e a área construída das unidades habitacionais, há menor variedade no cluster a1. Essa variedade aumenta gradativamente nos clusters a2 e a3 e é bem maior no cluster a4.

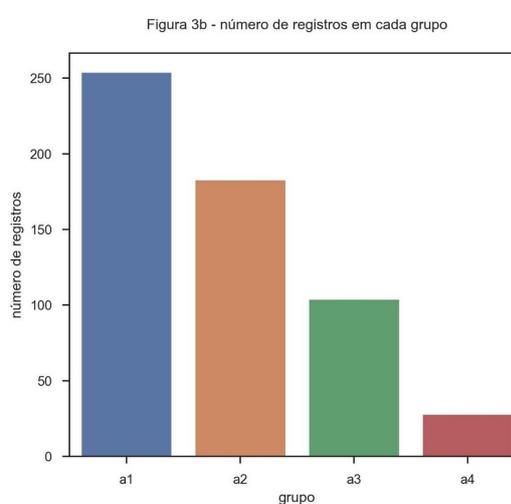
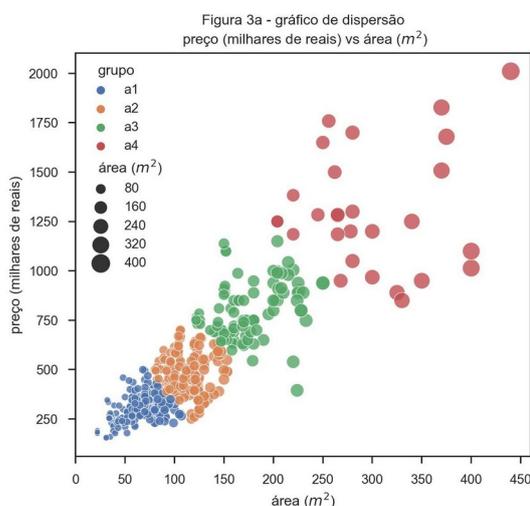


Figura 3. À esquerda (Figura 3a), dispersão para os 4 clusters - a1, a2, a3 e a4, com preço do apartamento em milhares de reais e área em metros quadrados. O tamanho da circunferência representa cada apartamento e é proporcional à sua área. À direita (Figura 3b), o número de registros em cada grupo. (Fonte: elaborada pelos autores)

Na Figura 4, os apartamentos e grupos são visualizados em função da distância até a praia. Os apartamentos dos clusters a2 e a3 tem grande representatividade no miolo do bairro, entre a praia e limite oeste após o fim do zona de limitação de gabarito dos edifícios (Figura 4a e 4b). Já os apartamentos do grupo a1 estão distribuídos em todo eixo leste-oeste,

com alguma concentração nas regiões próximas à praia e no limite oeste do bairro (Figura 4b). Os apartamentos do grupo a4 são mais comuns após a faixa de escalonamento, em regiões mais distantes da praia. A Figura 5 apresenta a distribuição espacial dos apartamentos e grupos sobre o mapa do bairro.

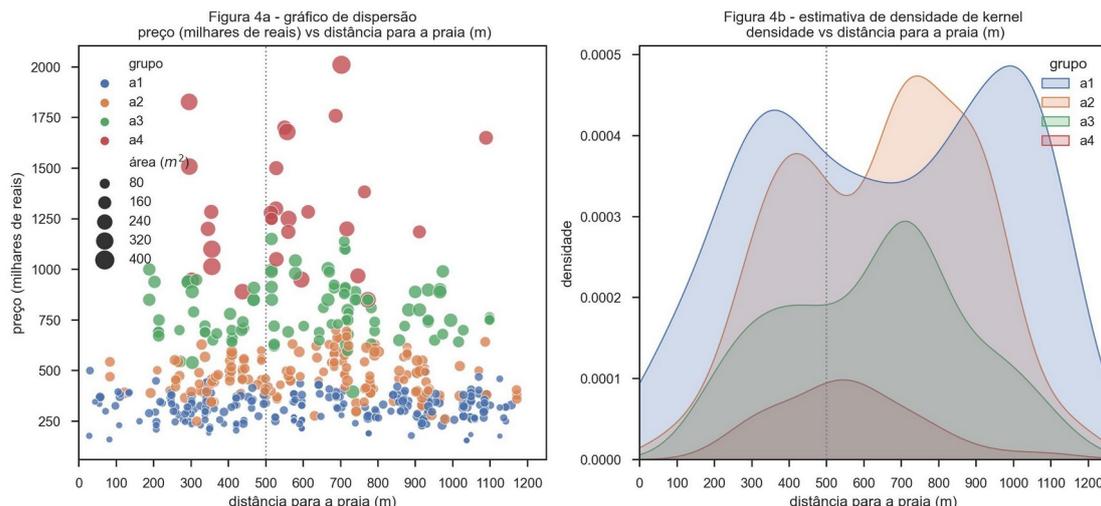


Figura 4. À esquerda (Figura 4a), dispersão para os 4 *clusters* - a1, a2, a3 e a4, com preço do apartamento em milhares de reais e distância até a praia em metros. O tamanho da circunferência representa cada apartamento e é proporcional à sua área. À direita (Figura 4b), a estimativa de densidade do número de registros em cada grupo, de acordo com a distância para a praia em metros. Em ambas figuras (a e b), a linha tracejada representa o limite onde termina o controle de gabarito. (Fonte: elaborada pelos autores)

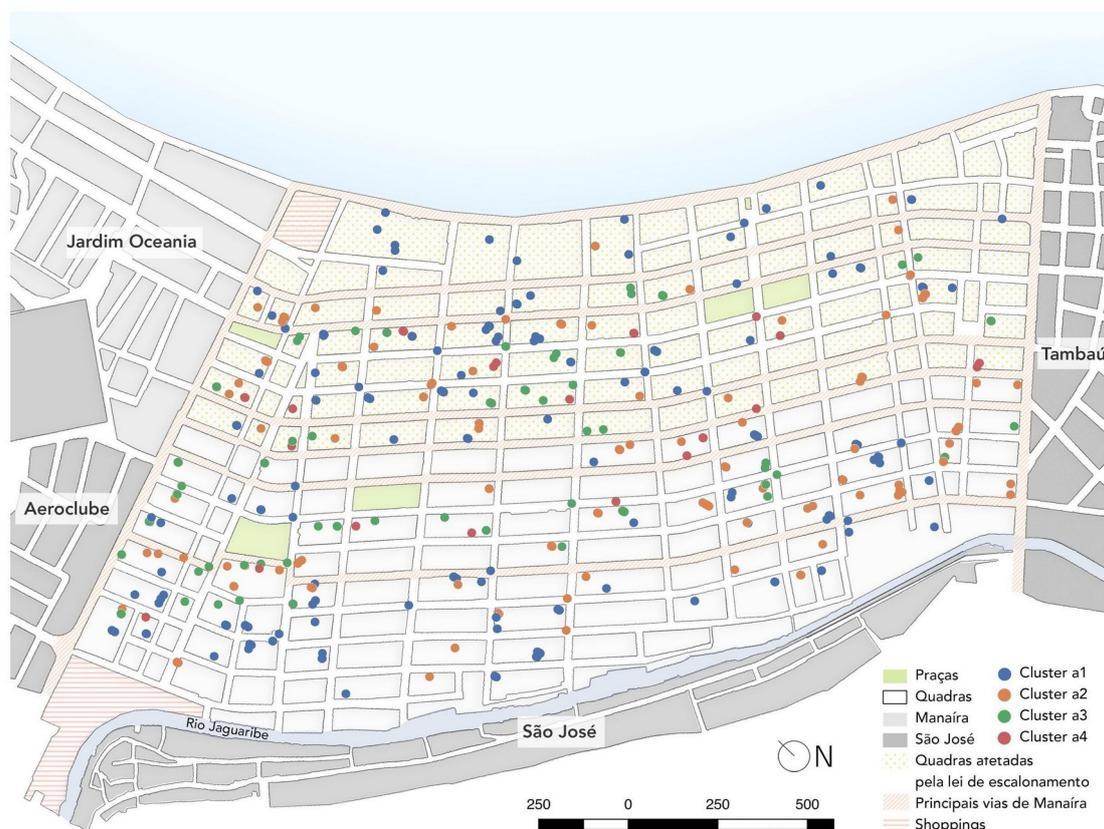


Figura 5. Distribuição espacial dos apartamentos analisados no bairro de Manairá (fonte: elaborada pelos autores)

A classificação das ofertas de apartamentos nos *clusters* a1, a2, a3 e a4 levou em conta apenas duas variáveis - preço e área. Mesmo que indiretamente essas variáveis possam derivar da tipologia dos edifícios, outros aspectos do fenômeno da verticalização no bairro podem ser investigados através de outras características formais dos edifícios.

Explorando essa possibilidade, a segunda etapa da pesquisa sorteou uma amostra com 118 registros, 25% do total de dados geolocalizados, para coleta de características formais complementares relativas aos edifícios habitacionais multifamiliares. O levantamento teve como objetivo identificar de maneira aproximada o período em que os edifícios foram construídos, a tipologia adotada, e a presença de estratégias de fortificação. Assim, foram colhidas as seguintes informações: idade aproximada do imóvel, número de andares, forma da base, equipamentos de lazer privativos, e presença de alguns elementos ligados ao processo de fortificação como: portarias, cercas elétricas, câmeras, proteções verticais adicionais como grades e concertinas, além de alarmes e sensores.

A idade aproximada foi estabelecida a partir da revisão de literatura (Alonso, 2017; Nóbrega, 2011), e da análise de sequências históricas nas imagens disponíveis no Google Maps e no Google Street View. Quando não identificado em trabalhos anteriores, o período em que o edifício foi construído foi estabelecido de maneira aproximada seu surgimento em imagens mais novas. A presença de edifícios datados de diferentes períodos se reflete na heterogeneidade da forma dos imóveis presentes no tecido urbano do bairro. A idade é um fator determinante nas expectativas sociais que a forma do prédio

vem a responder. Enquanto imóveis mais novos são projetados para responder a demandas sociais contemporâneas, os mais antigos adicionam novos elementos com objetivo de atender estas mesmas expectativas.

O número de andares é uma importante variável na caracterização dos edifícios mais ou menos verticalizados. No contexto do bairro, o gabarito dos edifícios é condicionado legalmente por sua localização, tendo em vista o escalonamento a partir da praia, e também temporalmente tendo em vista as condições para a construção de edifícios altos introduzidas pela legislação a partir de 2005 (Alonso, 2017).

A forma da base define como o edifício se apoia sobre o solo. No Manaíra, três tipos de base foram identificadas em edifícios construídos ao longo do processo de verticalização: o pilotis, o semienterrado e pavimentos-garagem. Os prédios sobre pilotis são aqueles em que as vagas de garagem ocupam o andar térreo, logo acima da garagem o prédio já tem pavimentos tipo destinados aos apartamentos. Os prédios com base com semienterrado têm estacionamentos em um piso parcialmente no subsolo, o acesso do edifício fica elevado em relação ao nível da rua e o piso intermediário pode ser ocupado por salões de festas, academias, piscinas e demais equipamentos coletivos do edifício. Já os edifícios com base do tipo piso-garagem são aqueles que contam com um ou mais pavimentos acima do nível da rua exclusivamente destinados a vagas de estacionamento, acima destes pisos fica um pavimento destinado aos equipamentos coletivos do edifício. A Figura 6 ilustra os três tipos de base encontrados no bairro.

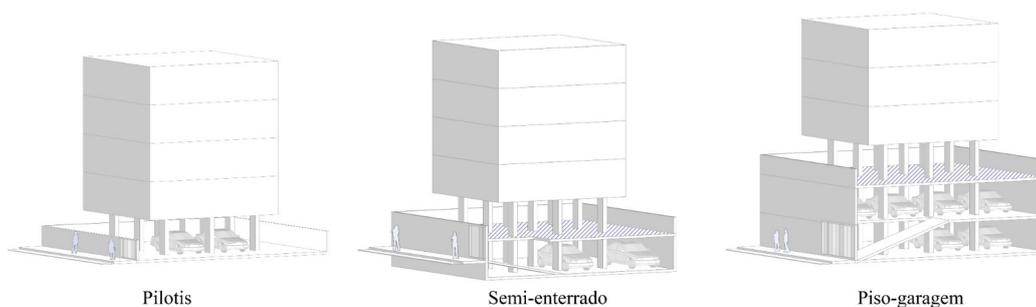


Figura 6. Tipos de base encontrados nos edifícios do bairro de Manaíra, em azul os pisos dedicados aos equipamentos coletivos do edifício (fonte: elaborada pelos autores)

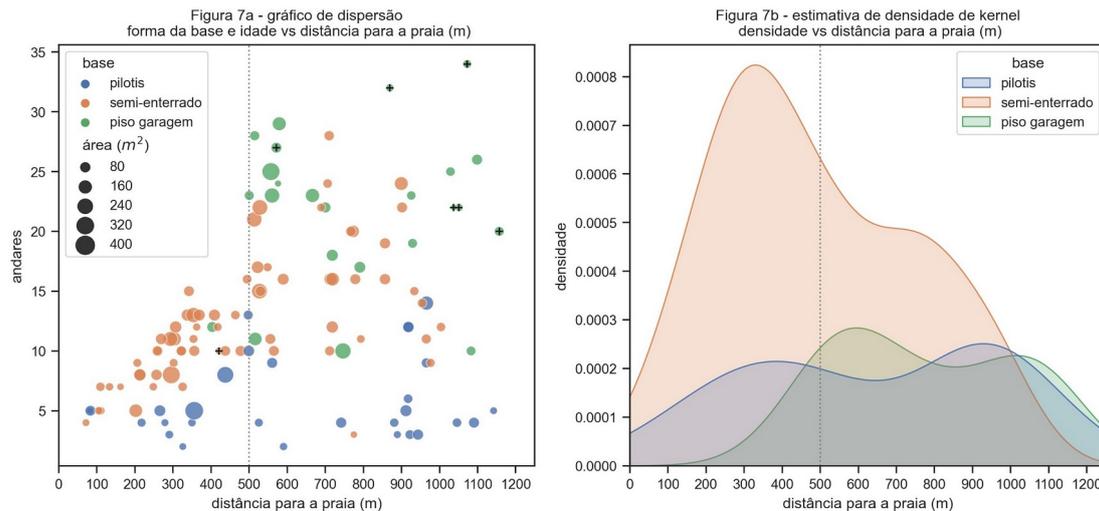


Figura 7. À esquerda (Figura 7a), gráfico de dispersão para o número de andares e distância até a praia em metros, com cores representando a forma da base. O tamanho da circunferência representa cada apartamento e é proporcional à sua área. Os pontos marcados com com um '+' são os edifícios em construção. À direita (Figura 7b), a estimativa de densidade do número de registros em cada forma da base, de acordo com a distância até a praia em metros. Em ambas as figuras (a e b), a linha tracejada representa o limite onde termina o controle de gabarito. (Fonte: elaborada pelos autores)

A Figura 7 apresenta a relação entre a forma da base, número de andares e distância até a praia. Nela, é possível perceber que o pilotis (29 registros) é predominantemente utilizado em edifícios mais baixos, enquanto o piso garagem (24 registros) é uma solução adotada predominantemente por edifícios mais altos e, por conseguinte, mais comum onde há não há controle de gabarito - após 500 metros de distância até a praia. A base do tipo semienterrado é a solução mais comum (67 registros), ocorrendo em maior número dentro da faixa de controle de gabarito.

A presença de edifícios com diferentes tipos de base pode ser explicada pela construção em diferentes períodos, pelo porte do edifício e também por sua localização. A solução da base tipo piso-garagem é muito mais presente em prédios mais novos, de maior porte e localizados nas áreas do bairro que permitem o maior gabarito (Figuras 7 e 8). Essa simultaneidade reflete também valores mais contemporâneos sobre o morar que valorizam o transporte individual e a necessidade de diversas vagas de garagem por unidade habitacional. Os exemplares em construção no momento do levantamento eram, em sua maioria (4 de 5 registros), prédios altos, com

mais de 20 andares e bases do tipo piso-garagem (Figura 7a).

A maior parte dos edifícios do bairro tem base do tipo pilotis ou semienterrado, soluções aplicadas a prédios de diferentes ciclos de verticalização. Essa distribuição mais uma vez se relaciona à localização e altura dos prédios. Os prédios sobre pilotis são em geral de menor porte, com até 6 andares, e mais antigos localizados em regiões próximas à praia e na faixa oeste do bairro. Os edifícios com base do tipo pilotis próximos a orla podem ser explicados pela restrição de altura, dentre as três soluções presentes no bairro o pilotis é aquela que menos impacta na altura total do prédio. A solução é também a de execução mais barata já que não implica a escavação do subsolo ou a construção de andares dedicados exclusivamente ao estacionamento, o que explica a presença da solução na faixa oeste do bairro. A faixa oeste de Manaíra, próxima ao Rio Jaguaribe, é ocupada por prédios antigos, datados dos primeiros ciclos de verticalização no bairro, de pequeno porte e padrão construtivo mais baixo quando comparados a edifícios contemporâneos. A base do tipo semienterrado é a solução mais recorrente e difundida de forma mais difusa em todo o

bairro associada a edifícios em diferentes localizações e de altura variada.

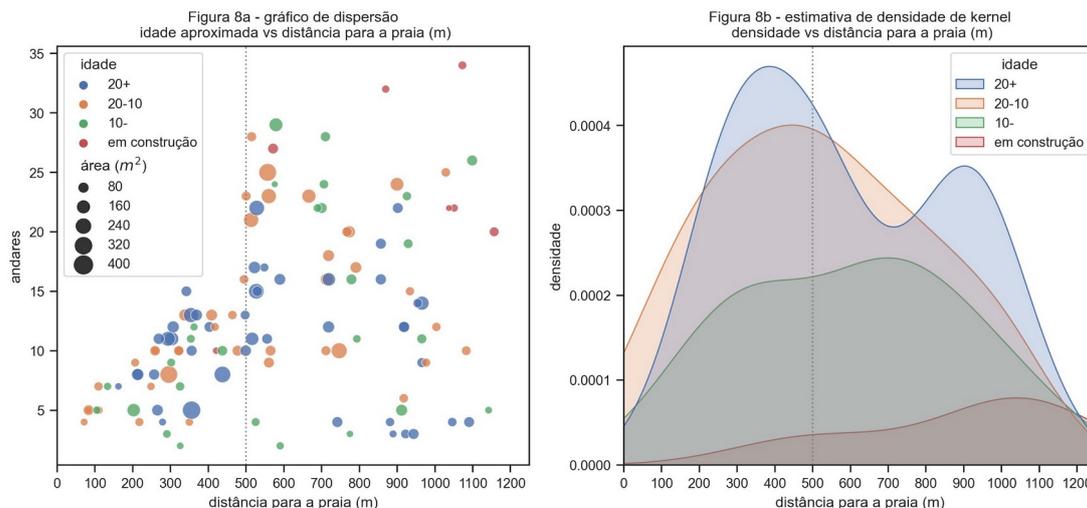


Figura 8. À esquerda (Figura 8a), gráfico de dispersão para o número de andares e distância até a praia em metros, com cores representando a idade aproximada dos edifícios. O tamanho da circunferência representa cada apartamento e é proporcional à sua área. À direita (Figura 7b), a estimativa de densidade do número de registros de cada período (idade aproximada), de acordo com a distância até a praia em metros. Em ambas figuras (a e b), a linha tracejada representa o limite onde termina o controle de gabarito. (Fonte: elaborada pelos autores)

Finalmente, a Figura 9 apresenta uma caracterização da verticalização em Manaíra usando o número de andares, a forma da base e a idade aproximada dos exemplares estudados. Nos gráficos, chamados de '*strip plots*' (gráfico de tiras), os registros são separados no eixo x por categoria e levemente deslocados horizontalmente de forma aleatória, para que possam ser melhor visualizados. As cores representam uma segunda categoria e o eixo y representa o número de andares.

A Figura 9 torna mais visível algumas características que também podem ser observadas nos gráficos e mapas apresentados

anteriormente. O pilotis tende a ser encontrado em edifícios mais baixos enquanto a base de piso-garagem tende a ser encontrada em exemplares mais altos, com o semienterrado prevalecendo no espectro intermediário (Figuras 9a e 9c). Os apartamentos maiores tendem a ser de edifícios mais antigos, enquanto os edifícios mais novos tendem a ter apartamentos menores (Figura 9b). Ao longo do tempo, o pilotis passa a ser menos utilizado, e em edifícios cada vez mais baixos, enquanto a base com pavimentos-garagem passa a ser mais utilizada, e em edifícios cada vez mais altos (Figura 9d).

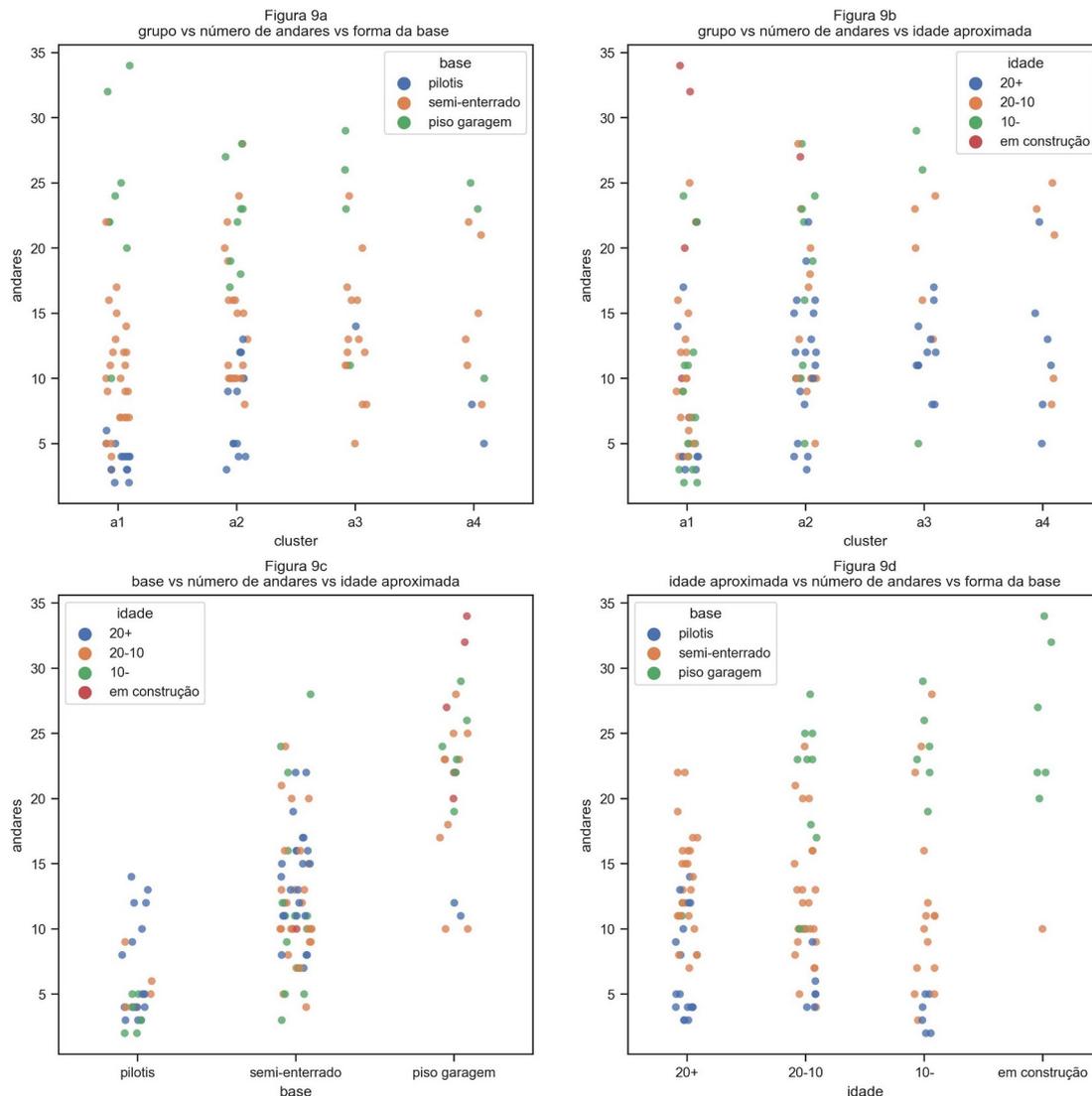


Figura 9. Caracterização da verticalização em Manaíra. No topo à esquerda (Figura 9a), número de andares nos registros separados por grupo (*cluster*), com as cores representando a forma da base. No topo à direita (Figura 9b), número de andares nos registros separados por grupo (*cluster*), com as cores representando a idade aproximada. Embaixo à esquerda (Figura 9c), número de andares nos registros separados por tipo de base, com as cores representando a idade aproximada. Finalmente, embaixo à direita, número de andares nos registros separados pela idade aproximada, com as cores representando a forma da base. (Fonte: elaborada pelos autores)

A adoção de estratégias de fortificação no bairro pode ser vista a partir de duas perspectivas. Na primeira, ela é derivada da tipologia uma vez que bases com semienterrado ou pavimentos-garagem terminam por criar paredes cegas e deslocam os pavimentos-tipo para alturas mais distantes da rua. Nessas tipologias é comum que as portarias e áreas de lazer privativas já façam parte do projeto original, assim como a separação rígida entre espaços públicos e

privados. Na segunda, a presença de equipamentos de vigilância e segurança refletem possíveis expressões do medo do crime ou do outro. Em ambos os casos, edifícios mais antigos que não contavam com tais instalações ou equipamentos originalmente, passam a adotá-los de alguma forma, mimetizando expectativas já incorporadas nos projetos de edifícios mais novos.

A Figura 10 apresenta a presença desses elementos associados à fortificação na amostra estudada, em função da forma da base (Figura 10a) e da idade aproximada (Figura 10b). Além de equipamentos de segurança ou vigilância, a portaria e equipamentos de lazer foram incluídos pois também podem ser construídos tardiamente em edifícios mais antigos. Os valores indicam a probabilidade de encontrar um elemento e a porcentagem dos registros que estão em edifícios com essas características.

Na Figura 10a é possível ver que a associação entre portaria e equipamentos de lazer é imediata nos edifícios com base com

semienterrado ou piso-garagem, provavelmente projetados já com essas instalações, mas também é alta em edifícios sobre pilotis. Exceto pela cerca elétrica (mais comum no pilotis), os demais equipamentos também estão mais presentes em edifícios com semienterrado ou pavimentos-garagem. A Figura 10b demonstra que a adoção dessas instalações ou equipamentos é generalizada, independente da idade. Novamente, apenas a cerca-elétrica parece ser associada a exemplares mais antigos. Isso pode ser explicado por ser uma solução comum no bairro para muros baixos, estejam eles em edifícios ou casas.

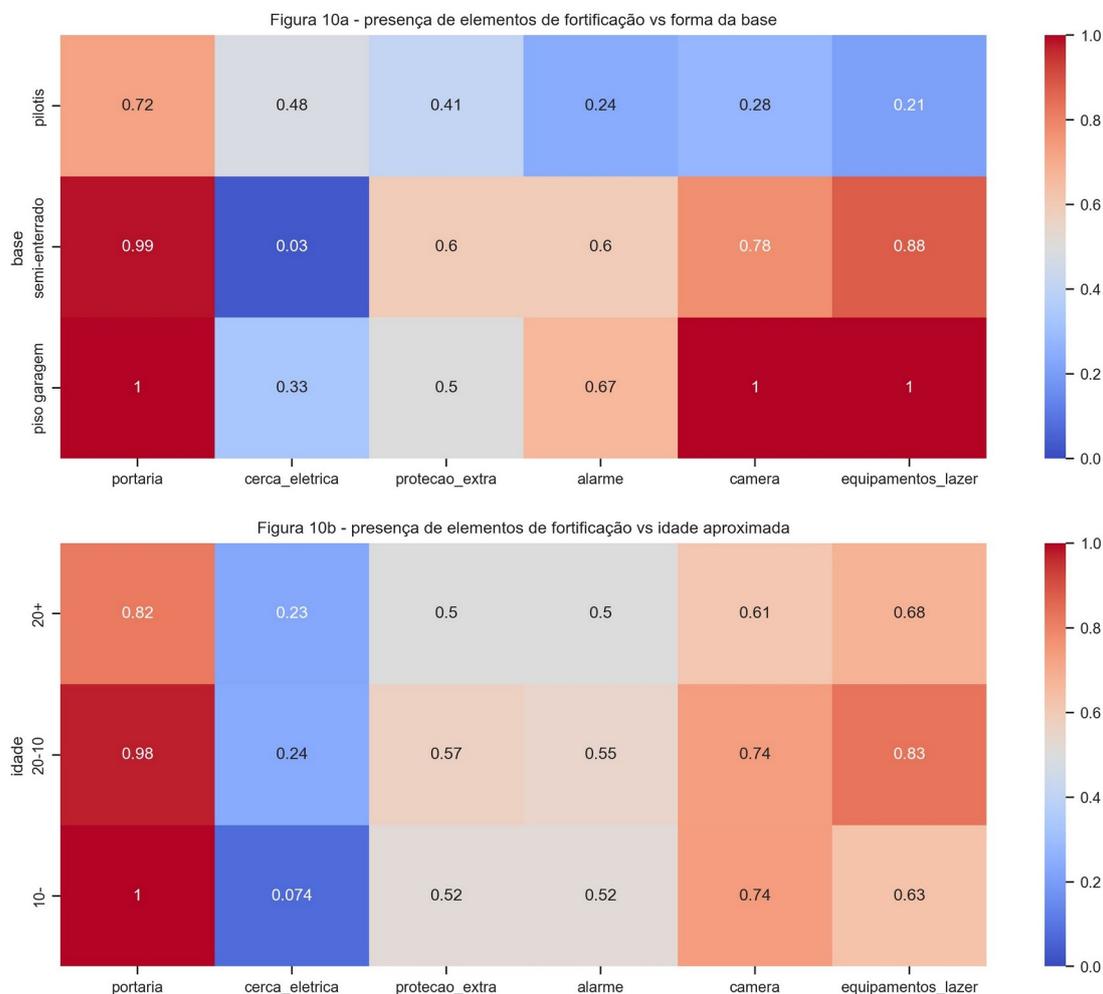


Figura 10. Matriz de probabilidade da presença de elementos direta ou indiretamente associados à fortificação em função da forma da base do edifício (Figura 10a, topo) ou da idade aproximada (Figura 10b, embaixo). No eixo vertical, a forma da base (Figura 10a) ou idade aproximada (Figura 10b) e, no eixo horizontal, a probabilidade de encontrar o elemento associado a estratégias de fortificação. (Fonte: elaborada pelos autores)

Discussão

A distribuição espacial dos apartamentos agrupados nos *clusters* a1, a2, a3 e a4 no bairro de Manaíra (Figuras 4, 5, 7 e 8) aponta para alguns padrões. Apartamentos de menor área e preço (grupo a1) se distribuem em todo o bairro, avançando para a orla ou, na direção oposta, para a fronteira oeste. Os demais grupos tendem a se concentrar no meio do bairro. Em oposição ao espraiamento do grupo a1, o grupo a4 se concentra sobretudo na faixa entre 300 e 800 metros da praia.

Essa distribuição parece indicar que não é economicamente interessante ou viável construir apartamentos grandes próximos à orla. Essa observação empírica pode ser relacionada às restrições de gabarito. Ao impedir a construção de edifícios altos, o controle de gabarito estimula a construção de edifícios baixos, que no bairro são associados mais comumente com apartamentos menores, como os do *cluster* a1. Os grupos a3 e a4 estão predominantemente localizados próximos às vias de maior uso de comércio e serviços do bairro, o que pode indicar uma relação de preços mais altos com a localização, mesmo que sob restrição da legislação, em alguma alusão a valorização econômica do acesso à diversidade funcional (Marcus, 2010).

O outro padrão evidente é a relação direta entre a altura e a forma da base. O *pilotis* é adotado predominantemente por edifícios mais baixos, enquanto o piso garagem predomina nos mais altos (Figuras 7 e 9). Como há controle de gabarito na faixa que vai até 500m da orla, isso significa que o piso garagem ocorre em geral no miolo e na parte mais a oeste do bairro. Além disso, os edifícios em construção levantados tendem a adotar esse padrão de implantação. Esse resultado confirma as observações de Alonso (2017) sobre os efeitos da introdução da outorga onerosa, que criou condições para a construção de edifícios mais altos e de maior porte, com piso garagem e equipamentos de lazer privativos.

Em paralelo, os resultados (Figura 10) também demonstraram que há uma forte adoção de estratégias de fortificação pelos edifícios do bairro, confirmando observações de trabalhos anteriores para cidades brasileiras (Caldeira 2002, Figueiredo 2012). Embora as

estratégias de fortificação não necessariamente ocorram simultaneamente (Figura 7), elas são fortemente associadas à forma da base do edifício, sendo muito presentes nos edifícios com base do tipo semienterrado e piso garagem (Figura 8). O edifício alto com piso garagem tipifica a relação direta entre 'desurbanidade' (Figueiredo 2012), fortificação e ostensiva verticalização, visto que, entre as três formas identificadas, é a que promove o maior afastamento do edifício para a rua. No entanto, mesmo quando o edifício está sobre *pilotis*, estratégias de fortificação também podem ser identificadas.

Estas estratégias estão presentes em edifícios de características formais diferentes e construídos em períodos diferentes. Expectativas sobre o morar parecem incorporar o medo e um crescente afastamento do espaço público, com a construção de edifícios cada vez mais distantes do nível da rua, a exemplo de prédios em construção com bases do tipo piso-garagem, e na adaptação e adoção de equipamentos de segurança em prédios mais antigos.

Conclusões

Os resultados apontados no trabalho confirmam que a legislação em vigor sobre a orla de João Pessoa, ao determinar um controle de gabarito com escalonamento, promove uma verticalização diversificada. Ao restringir a altura, a captura do valor do solo através de torres residenciais é desestimulada, incentivando outras alternativas de ocupação. No caso específico de Manaíra, esses efeitos são potencializados pela morfologia da rede de ruas e pela presença da praia. A evolução recente da urbanização no bairro, com a construção de novas torres residenciais de grande porte com piso garagem, pode aumentar ainda mais o contraste entre as partes oeste e leste do bairro, justificando estudos futuros que acompanhem essa evolução temporal. Outra perspectiva interessante para pesquisas futuras é a comparativa, encarando o caso especial do escalonamento da orla de João Pessoa em contraste com outras orlas urbanas.

Essa realidade empírica, no entanto, é de difícil captura por métodos quantitativos. Este artigo demonstrou o grande potencial da mineração e visualização de dados ao ilustrar

e apresentar de maneira gráfica e objetiva vários aspectos outrora abordados muitas vezes de maneira descritiva ou argumentativa. Aspectos do fenômeno da verticalização no bairro, como os impactos da legislação urbana e a adoção de tipologias e elementos associados a forças de mercado e expectativas sobre o morar puderam aqui ser quantificados e visualizados. O trabalho apresentado demonstra o impacto dos condicionantes locais específicos, em especial a influência do escalonamento, e demonstra a convergência de aspectos construtivos dos edifícios relacionados a expectativas sobre o morar através de uma abordagem original para os estudos sobre o bairro de Manaíra.

Finalmente, reconhecendo os limites da análise pela quantidade e qualidade dos dados disponíveis, e pelo recorte espacial focado no bairro de Manaíra, a abordagem adotada explicita como os procedimentos de mineração e visualização de dados utilizados têm grande potencial de aplicação a outros contextos. Com avanço crescente na coleta e disponibilidade de bases de dados abertos sobre a cidade, mais amplas e completas, tais métodos devem se tornar cada vez mais comuns e relevantes para a captura empírica de fenômenos diversos no campo da arquitetura e urbanismo.

Referências

- Anaconda Software Distribution. [Computer software]. (2019) <https://anaconda.com>.
- Abraham, J. M., Goetzmann, W. N., & Wachter, S. M. (1994). Homogeneous groupings of metropolitan housing markets. *Journal of Housing Economics*, 3(3), 186-206.
- Alonso de Andrade, P. (2017). Verticalização em João Pessoa. *Produção do espaço e transformações urbanas*. *Arquitextos*, São Paulo, ano 17, n. 204.02, Vitruvius, maio 2017. <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/17.204/6555>.
- Alonso de Andrade, P., Berghauer Pont, M., & Amorim, L. (2018). Development of a measure of permeability between private and public space. *Urban Science*, 2(3), 87.

Notas

¹A plataforma Properati passou a se chamar Casafy em 2019. Os dados utilizados na análise foram recuperados do site da Properati em 2018, mas continuam disponíveis na Google Cloud Platform, em Brazil Real Estate Listings. Recuperado em 04 de fevereiro de 2021: <https://console.cloud.google.com/marketplace/product/properati/property-data-br>.

No momento do acesso aos dados para pesquisa, essa base aberta também estava disponível em formato 'csv' (comma-separated values) na própria plataforma, como é possível verificar pelo registro de 04 de setembro de 2018, armazenado no Internet Archive. Recuperado em em 04 de fevereiro de 2021: <https://web.archive.org/web/20180904100015/http://www.properati.com.br/dados>.

A licença de uso é Creative Commons 3.0 do tipo Attribution 3.0 Unported (CC BY 3.0), sendo permitido, portanto distribuir, modificar e adaptar, contanto que o crédito da origem dos dados seja atribuído à Properati como está sendo feito aqui.

²Ver Jain (2010) para uma visão geral e Fahad et al (2014) para uma comparação de métodos de agrupamento.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Ricardo Rocha, Patrícia Alonso, Jorge Gil e Ioanna Stavroulaki por comentários e contribuições durante o desenvolvimento da pesquisa e aos revisores anônimos da RMU pela avaliação criteriosa.

Anderson, C. (2008). The end of theory: The data deluge makes the scientific method obsolete. *Wired magazine*, 16(7), 16-07.

Demšar, J., Curk, T., Erjavec, A., Gorup, Č., Hočevar, T., Milutinovič, M., Možina, M., Polajnar, M., Toplak, M., Starič, A. and Štajdohar, M., (2013). Orange: data mining toolbox in Python. *The Journal of machine Learning research*, 14(1), pp.2349-2353.

Gonzalez, M. C., Hidalgo, C. A., & Barabasi, A. L. (2008). Understanding individual human mobility patterns. *Nature*, 453(7196), 779-782.

Boeing, G. (2021). Spatial information and the legibility of urban form: Big data in urban morphology. *International Journal of Information Management*, 56, 102013.

Caldeira, T. P. R. (2000). Cidade de muros: crime, segregação e cidadania em São Paulo. Editora 34.

Fahad, A., Alshatri, N., Tari, Z., Alamri, A., Khalil, I., Zomaya, A. Y., ... & Bouras, A. (2014).

- A survey of clustering algorithms for big data: Taxonomy and empirical analysis. *IEEE transactions on emerging topics in computing*, 2(3), 267-279.
- Figueiredo, L. (2012). Desurbanismo: um manual rápido de destruição de cidades. In: Netto, V. M & Aguiar, D. Urbanidades. Rio de Janeiro: Folio Digital: Letra e Imagem, 209-234.
- Gil, J., Beirão, J. N., Montenegro, N., & Duarte, J. P. (2012). On the discovery of urban typologies: data mining the many dimensions of urban form. *Urban morphology*, 16(1), 27.
- Heyman, A., Law, S., & Berghauer Pont, M. (2019). How is Location Measured in Housing Valuation? A Systematic Review of Accessibility Specifications in Hedonic Price Models. *Urban Science*, 3(1), 3.
- Hillier, B. (1996). Cities as movement economies. *Urban design international*, 1(1), 41-60.
- Jain, A. K. (2010). Data clustering: 50 years beyond K-means. *Pattern recognition letters*, 31(8), 651-666.
- Kluyver, T., Ragan-Kelley, B., Pérez, F., Granger, B.E., Bussonnier, M., Frederic, J., Kelley, K., Hamrick, J.B., Grout, J., Corlay, S. & Ivanov, P., (2016). Jupyter Notebooks - a publishing format for reproducible computational workflows (Vol. 2016, pp. 87-90).
- MacQueen, J. (1967, June). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In *Proceedings of the fifth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability* (Vol. 1, No. 14, pp. 281-297).
- Marcus, L., Heyman, A., Hellervik, A., & Stavroulaki, G. (2019, July). Empirical support for a theory of Spatial Capital: Housing prices in Oslo and land values in Gothenburg. In *12th Space Syntax Symposium* (Vol. 12). 12th International Space Syntax Symposium (12SSS).
- Netto, V. M., Saboya, R. T. D., Vargas, J. C., & Carvalho, T. (2017). Efeitos da arquitetura: os impactos da urbanização contemporânea no Brasil. Brasília: Frbh.
- Nóbrega, F. D. de (2011). O processo de verticalização e a (re) produção da cidade: um estudo do bairro de Manaíra em João Pessoa, Paraíba (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- QGIS Development Team. (2019). QGIS Geographic Information System [Computer Software]. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
- Rousseeuw, P. J. (1987). Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of computational and applied mathematics*, 20, 53-65.
- Villaça, F. (1998). Espaço intra-urbano no Brasil. Studio nobel.
- Wu, Y., Wei, Y. D., & Li, H. (2020). Analyzing spatial heterogeneity of housing prices using large datasets. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 13(1), 223-256.
- Zhao, K., Tarkoma, S., Liu, S., & Vo, H. (2016, December). Urban human mobility data mining: An overview. In *2016 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)* (pp. 1911-1920). IEEE.

Tradução do título, resumo e palavras-chave

Classifying apartment offers through data mining and visualization: a study of verticalization in the neighborhood of Manaíra, João Pessoa

Abstract. *The phenomenon of 'verticalization' in Brazilian cities has become more intense in the past decades, as a result of market forces and expectations on living styles that manifest themselves through the increasing construction and supply of apartment buildings; or by adapting existing ones. This paper applies data mining and visualization techniques to investigate verticalization in the neighborhood of Manaíra, João Pessoa, Brazil, which is strongly shaped by the local legislation and by the relative location within the neighborhood. It also seeks to identify strategies of 'fortification' in high-rise buildings. The study used the K-means clustering method to classify apartment offers by price and area, also looking at the location of the apartments within the neighborhood. Then, it attempted to understand morphological features of the buildings and the adoption of strategies of 'fortification', i.e. such as cameras or electrical fences. The results contributed to show the potential that data mining techniques have in the field of architecture and urbanism, producing visualizations that throw light on the phenomenon of verticalization in Manaíra from limited data, explaining the influence of local constraints and, in parallel, the widespread adoption of 'fortification' strategies.*

Keywords: urbanism, verticalization, fortification, data science, data mining, k-means.

Editor responsável pela submissão: Julio Celso Borello Vargas.

Licenciado sob uma licença Creative Commons.

