

QUALIDADE AMBIENTAL URBANA E MORBIDADE POR ASMA DE PACIENTES PEDIÁTRICOS EM CENÁRIO DE EMERGÊNCIAS CLIMÁTICAS: O CASO DO BAIRRO ÁGUA VERDE (CURITIBA)

URBAN ENVIRONMENTAL QUALITY AND ASTHMA MORBIDITY IN PEDIATRIC PATIENTS IN A CLIMATE EMERGENCY SCENARIO: THE CASE OF THE ÁGUA VERDE NEIGHBORHOOD (CURITIBA)

Murilo Noli da Fonseca

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil
murilonoli@gmail.com

Ketlyn da Cunha Roque

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil
ketylncunharoque@gmail.com

Luciene Pimentel da Silva

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil
pimentel.luciene@pucpr.br

RESUMO

A cobertura e o uso da terra são importantes elementos da paisagem urbana. A compreensão de suas dinâmicas e sua espacialização permitem evidenciar os limites e aptidões do ambiente para a saúde humana. Portanto, esta pesquisa busca avaliar a qualidade ambiental de áreas urbanas e a sua relação com doenças respiratórias em crianças e adolescentes. Para tanto, foram realizados o mapeamento e a classificação da cobertura da terra e da qualidade ambiental urbana do bairro Água Verde, localizado na região central de Curitiba/Paraná. Comparou-se os resultados com a distribuição espacial dos casos de asma. Os resultados indicam que a maior parcela dos pacientes está localizada em áreas classificadas como de pior qualidade ambiental, caracterizados por edificações de até e acima de quatro pavimentos e sem vegetação expressiva. Embora sejam ambientes propícios a maior temperatura e amplitude térmica, há uma relação dos casos com a temperatura baixa no inverno e outono, e a poluição. Logo, sugere-se medidas voltadas à infraestrutura verde urbana, o aumento de pavimentações permeáveis e o uso de soluções baseadas na natureza.

Palavras-chave: Planejamento da paisagem urbana. Ecologia urbana. Infraestrutura verde. Asma.

ABSTRACT

Land cover and use are important elements of the urban landscape. Understanding its dynamics and spatialization makes it possible to highlight the limits and capabilities of the environment for human health. This research aims to assess the environmental quality of urban areas and its correlation with respiratory diseases in children and adolescents. The research focuses on the Água Verde neighborhood, situated in the central region of Curitiba, Paraná. Through mapping and classification of land cover and urban environmental quality, we sought to understand the spatial distribution of asthma cases. Our findings reveal a notable concentration of patients in areas characterized by poor environmental quality, typically marked by high-rise buildings and limited vegetation. Although these areas experience elevated temperatures and thermal variations, our analysis suggests a correlation between asthma cases and lower temperatures during winter and autumn, as well as pollution levels. Therefore, we propose the implementation of measures such as urban green infrastructure, increased usage of permeable paving, and the adoption of nature-based solutions to mitigate these health risks.

Keywords: Urban landscape planning. Urban ecology. Green infrastructure. Asthma.

Recebido em: 14/06/2023.

Aceito para publicação em: 05/02/2024.

INTRODUÇÃO

As áreas urbanas estimulam o desenvolvimento econômico, oferecem oportunidades de emprego e serviços que geram mudanças nos padrões e estilos de vida. Entretanto, o processo de urbanização nem sempre bem planejado tem gerado efeitos negativos nas condições de habitabilidade das cidades. Entre as consequências mais significativas está a substituição de superfícies naturais por superfícies construídas (HE et al., 2014), o aumento da dependência energética e tecnológica (SENANAYAKE et al., 2013), ilhas de calor, poluição dos solos, da água e do ar, rebaixamento do nível de lençóis freáticos, inundações e alagamentos. A diminuição da cobertura vegetal, por exemplo, gera alterações no ciclo hidrológico, altera a temperatura do ar e da superfície, pressiona o abastecimento de água e energia, a infraestrutura e o tratamento de resíduos sólidos (SENANAYAKE et al., 2013). Tais impactos resultam na deterioração da saúde e do conforto humano e no aumento da incidência e da mortalidade de inúmeras doenças, aos quais serão potencializadas pelos efeitos decorrentes das mudanças climáticas (DI CICCIO et al., 2020; PACHECO et al., 2021)

As doenças respiratórias estão entre os problemas de saúde mais comuns nas cidades, influenciando o cotidiano de milhões de pessoas em todo o mundo, sobretudo em condições de alta temperatura no verão, baixa temperatura e grande amplitude térmica diurna durante o inverno, ao mesmo tempo em que representam uma carga substancial para os sistemas de saúde (REHMAN; COUNTS, 2021). A asma, uma das doenças crônicas não transmissíveis mais comuns, é uma condição inflamatória crônica das vias aéreas dos pulmões que causa hiperresponsividade e leva a uma variedade de sintomas respiratórios (GINA, 2023). Ela afeta cerca de 262 milhões de pessoas no planeta (GLOBAL ASTHMA NETWORK, 2022). Mas, há grandes disparidades socioespaciais. As crianças, particularmente com menos de cinco anos e residentes em países em desenvolvimento (ASHER et al., 2021), são um dos principais grupos vulneráveis devido ao seu corpo e sistema imunológico em desenvolvimento, e, por isso, sofrem desproporcionalmente com tais problemas. Em países em desenvolvimento, elas perdem oito anos a mais de vida do que crianças em países desenvolvidos devido às doenças relacionadas às alterações em área urbana (LANDRIGAN et al., 2019). Crianças negras e aquelas que vivem na pobreza têm maior probabilidade de ter asma (PERRY et al., 2019).

Estudos avaliaram os impactos na saúde de diferentes tipos de uso e cobertura da terra, incluindo espaço urbano, áreas verdes e proximidade de corpos d'água (HAMIDI; SABOURI; EWING, 2020; BHADRA et al., 2021). Nos municípios do estado do Paraná, a vegetação demonstrou ter efeito na diminuição das taxas de internação por doenças respiratórias (PIMENTEL DA SILVA et al., 2022). Áreas com níveis altos de poluição do ar possuem mais casos de pessoas infectadas e mortes relacionadas a Covid-19 (COCCIA, 2020). Pesquisas também mostram associações positivas com o aumento da exposição às áreas verdes, a qual reduz casos de doenças respiratórias e cardiovasculares, melhora a saúde mental (ENGEMANN et al., 2019) e ajuda no controle da diabetes (TWOHIG-BENNETT; JONES, 2018). Porém, a área verde é uma fonte de pólen (gameta masculino das plantas com sementes, composto por Angiospermas e Gimnospermas), o que permite aumentar a concentração de material particulado e agravar alergias (VAN DEN BOSCH; NIEUWENHUIJSEN, 2017).

Por isso, avaliar a qualidade ambiental do ambiente urbano torna-se necessária para entender os principais elementos que exercem influência sobre a sua condição. Logo, é possível projetar um ambiente saudável e reduzir a ocorrência de doenças respiratórias. Um dos objetivos da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, por exemplo, é garantir saúde e bem-estar para todos, em todas as idades. Várias abordagens são empregadas para avaliar a qualidade ambiental. O uso e a cobertura da terra são importantes elementos constituintes desse processo. A compreensão de suas dinâmicas, bem como sua distribuição espacial, pode evidenciar os limites e aptidões do ambiente. Valaski (2013) propõe uma classificação da cobertura da terra que inclui características das quadras, como a presença e o porte da vegetação, número de pavimentos das edificações, e aspectos associados ao uso e cobertura da terra. Com isso podem ser realizadas inferências quanto a dinâmica e à qualidade ambiental da área de estudo e, assim, relacionar com outros mapas e realizar uma análise mais detalhada.

Portanto, a presente pesquisa visa avaliar a qualidade do ambiente urbano e a sua relação com a morbidade por asma em crianças e adolescentes. O estudo foi aplicado no bairro Água Verde, localizado em Curitiba (PR). Para tanto, realizou-se o mapeamento do uso e cobertura da terra e da respectiva qualidade ambiental em um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os resultados foram comparados com a distribuição espacial de pacientes pediátricos internados por asma entre 2018 e 2019 no Hospital Pequeno Príncipe, o maior hospital exclusivamente pediátrico do Brasil. Esse

mapeamento fornece subsídios para a adoção de medidas de ordenamento do uso e ocupação da terra.

REFERENCIAL TEÓRICO

Meio ambiente, doenças respiratórias e asma

O crescimento da população urbana, juntamente com a insuficiência de planejamento eficiente e efetivo das cidades, promove transformações que causam significativas mudanças na estrutura e morfologia da paisagem urbana e, conseqüentemente, na sua dinâmica e funcionamento. As alterações na paisagem urbana podem ser ocasionadas por meio de estruturas como edificações, vias de tráfego e toda infraestrutura relacionada à cidade. O tipo de uso dado a tais estruturas também ocasiona alterações no ambiente e, assim na sua qualidade. A qualidade ambiental do espaço urbano é um parâmetro multidimensional e multifacetado que varia no espaço e no tempo, e resulta da interação entre fatores ambientais e humanos, os quais impactam positiva ou negativamente a qualidade de vida (JOSEPH et al., 2014). Como consequência, tem-se cada vez mais gerado problemas socioambientais, como as ilhas de calor, poluição do ar e supressão e a fragmentação ambiental, e chuvas intensas que geram alagamentos e inundações, onde a população sócio e economicamente mais vulnerável é a que mais sofre (FONSECA; GARCIA; PIMENTEL, 2023).

No âmbito da saúde, as doenças respiratórias têm-se destacado. A asma é uma doença pulmonar crônica importante caracterizada por inflamação das vias aéreas e geralmente leva à broncoconstrição e aumenta a produção de muco nas vias aéreas (TRIVEDI; DENTON, 2019). Ela pode exercer múltiplos impactos adversos nos pacientes, como maior risco de doença pulmonar obstrutiva crônica na idade adulta, aumento da ansiedade, diminuição da autoconfiança e redução de atividades físicas/ao ar livre (AARAB et al., 2019). Portanto, vários fatores têm sido associados à ocorrência de asma e outras doenças respiratórias, como rinosinusite, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e infecções do trato respiratório. Por exemplo, genes, etnia, história familiar, estilo de vida e dieta materna, idade, sexo e renda (AARAB et al., 2019). Outros autores correlacionam a asma a fatores relacionados ao ambiente externo, como a poluição e temperatura (LU et al., 2022; PACIÊNCIA; CAVALEIRO; MOREIRA, 2022). Nesta pesquisa, a asma será analisada com base em três categorias: temperatura, qualidade do ar e vegetação. Vários estudos mostram que a asma e outras doenças respiratórias ocorrem durante o inverno ou em condições de temperatura baixa (BARRETT et al., 2021). Porém, uma revisão da literatura mostra a maior prevalência em dias quentes e ondas de calor (SCHLEGEL et al., 2020). Isso ocorre em virtude de as respostas termorreguladoras ao estresse térmico, sobretudo aquelas que afetam o sistema respiratório, serem pouco eficazes na dissipação do excesso de calor (GRIGORIEVA; LUKYANETS, 2021).

O fluxo de veículos constitui a maior fonte de poluição do ar em áreas urbanas (GONET; MAHER; KUKUTSCHOVÁ, et al., 2021). Os veículos e o desgaste das vias associadas produzem gases, partículas semivoláteis, sólidas e finas no ar, a partir de uma variedade de fontes e com uma variedade de tamanhos e composições de partículas. Logo, a poluição do ar, sobretudo partículas com diâmetro $\leq 2,5 \mu\text{m}$ (MP_{2,5}) e dióxido de nitrogênio (NO₂), tem sido associadas à DPOC (SCHRAUFNAGEL et al., 2020), função pulmonar reduzida e ao câncer de pulmão (LEPEULE et al., 2018). A maior densidade de avenidas e proximidade com as principais vias, por exemplo, foram associadas a mortalidade por DPOC e câncer de pulmão (CAKMAK et al., 2020).

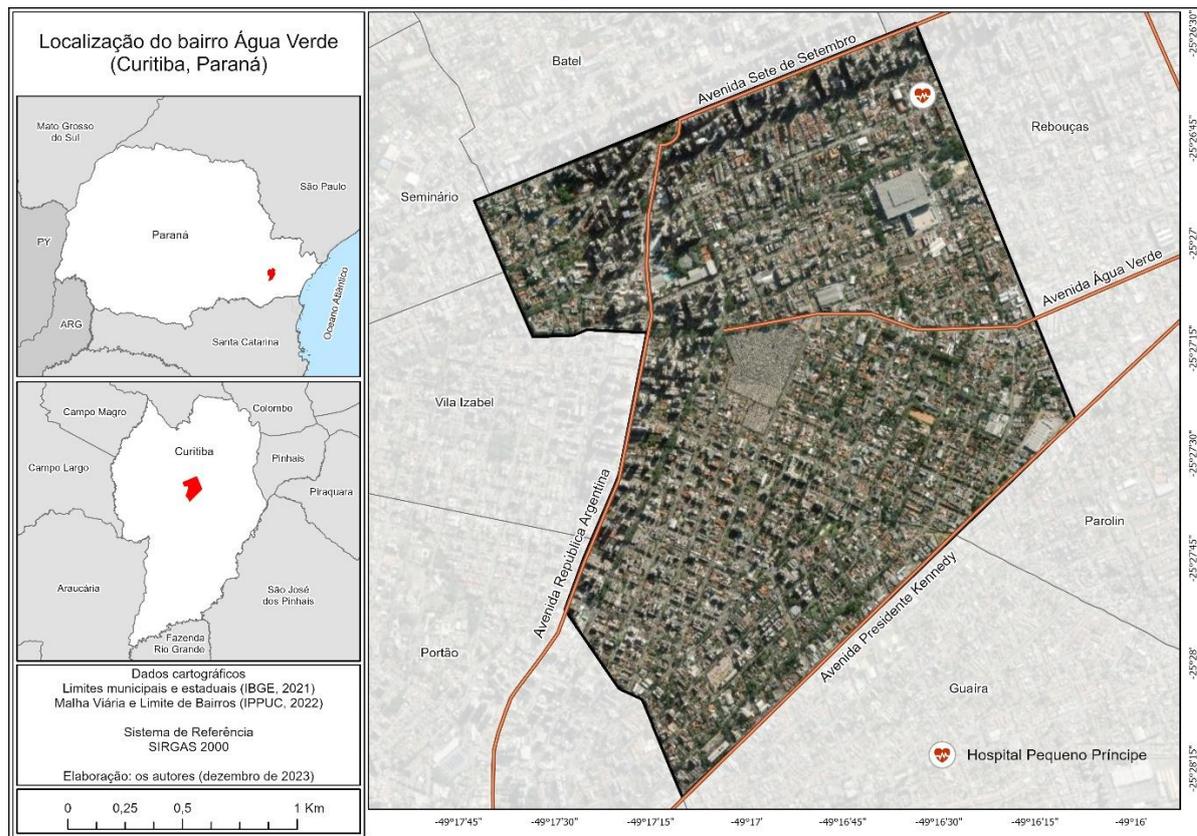
Nesse contexto, as crianças são particularmente suscetíveis aos impactos adversos das exposições ambientais. Isso se dá principalmente em virtude de os sistemas imunológico e respiratório e vias aéreas periféricas menores ainda estarem em desenvolvimento ao menor peso corporal ou sobrepeso (CHOI et al., 2018). Elas também têm maior atividade física, o que possibilita maior inalação de poluentes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O bairro Água Verde localiza-se na área central de Curitiba, na regional Portão, e possui cerca de 51.425 habitantes (IBGE, 2010), sendo o segundo mais populoso. Faz divisa com os bairros Batel, Portão, Vila Izabel, Rebouças e Centro (Figura 1). Trata-se de uma área marcada pela mobilidade facilitada através de eixos estruturantes e vias rápidas, como as avenidas Sete de Setembro, Iguazu, Silva Jardim e Pres. Kennedy.

Figura 1 – Localização do bairro Água Verde



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

No Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo (CURITIBA, 2019), o bairro possui quatro zonas: Zoneamento Residencial 3, Zoneamento Residencial 4, Eixo Estruturante e Eixo Conector Oeste. Por isso, caracteriza-se pela presença de edificações de pequenas (até quatro pavimentos) e grandes dimensões, sobretudo ao longo do eixo estruturante.

Procedimentos metodológicos

Qualidade ambiental

O mapeamento do uso e cobertura da terra foi desenvolvido com base em Valaski (2013) e Nucci et al. (2014), o qual possibilita fazer inferências sobre a qualidade ambiental, tendo em vista que se encontram relacionadas (NUCCI et al., 2019). Esse mapeamento é fundamentado nas características físicas da paisagem. Verifica-se se os lotes das quadras do ambiente urbano são constituídos por espaços edificados ou não. Em tais áreas são considerados o tamanho das edificações e o número de pavimentos, a presença de vegetação e o porte das mesmas, além da permeabilidade do solo (Figura 2).

Figura 2 – Legenda para mapeamento da cobertura da terra



Fonte: Nucci et al. (2014).

A partir do mapa de uso e cobertura da terra é possível inferir a sua respectiva qualidade Ambiental (Quadro 1). O *software ArcGIS Pro 2.8* foi empregado como auxílio para o tratamento (criação, edição, classificação e organização) dos dados para a construção dos produtos cartográficos. Além disso, utilizou-se os arquivos vetoriais em formato shapefile de arruamento/quadras e lotes disponibilizados pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC), ano 2022, na escala 1:10.000.

Quadro 1 – Qualidade ambiental com base nas classes de cobertura da terra

Melhor ↑ QUALIDADE AMBIENTAL ↓ Pior		2.1 + 2.2 áreas cobertas por vegetação arbórea, arbustiva e herbácea
		2.3 + 2.4 áreas cobertas por vegetação arbustiva e/ou herbácea, solo exposto
		1.1 – edificações de até 4 pavimentos e áreas adjacentes com vegetação
		1.2 + 1.3 edificações de até 4 pavimentos, com área adjacente impermeabilizada e sem vegetação ou mistura de gabaritos com edificações acima e abaixo de 4 pavimentos e pequenas áreas adjacentes com vegetação
		2.5 – áreas com solo bastante impermeabilizado
		1.4 – edificações até ou acima de 4 pavimentos (mistura de gabaritos) e com área adjacente impermeabilizada e sem vegetação
		1.5 – edificações acima de 4 pavimentos com áreas adjacentes com vegetação
		1.6 – edificações acima de 4 pavimentos, com área adjacente impermeabilizada e sem vegetação
		1.7 – grandes edificações com vegetação nas áreas adjacentes
	1.8 – grandes edificações, com áreas adjacentes impermeabilizadas e sem vegetação	

Fonte: Valaski (2013) e Nucci; Ferreira; Valaski (2014).

Para a interpretação da paisagem da área de estudo, foram usadas imagens de satélite de 2022, na escala de 1:2.000, obtidas por meio da base Imagery presente na ferramenta ArcGIS online, versão 2.8, e do ano de 2022 disponibilizadas pelo Google Earth Pro. Também foram utilizadas as imagens em 360° na horizontal e 290° na vertical disponibilizadas pelo Google Street View, com datas variando do ano de 2017 a 2022, que serviram de auxílio para a identificação de algumas estruturas de difícil interpretação observadas nas imagens de satélite. Também foram elaboradas seis cartas de dinâmica da paisagem (NUCCI; FERREIRA; VALASKI, 2014). Elas são referentes a permeabilidade da superfície, a amplitude térmica, evapotranspiração, poluição (sonora, atmosférica, hídrica e dos solos), biodiversidade e energia para manutenção do espaço.

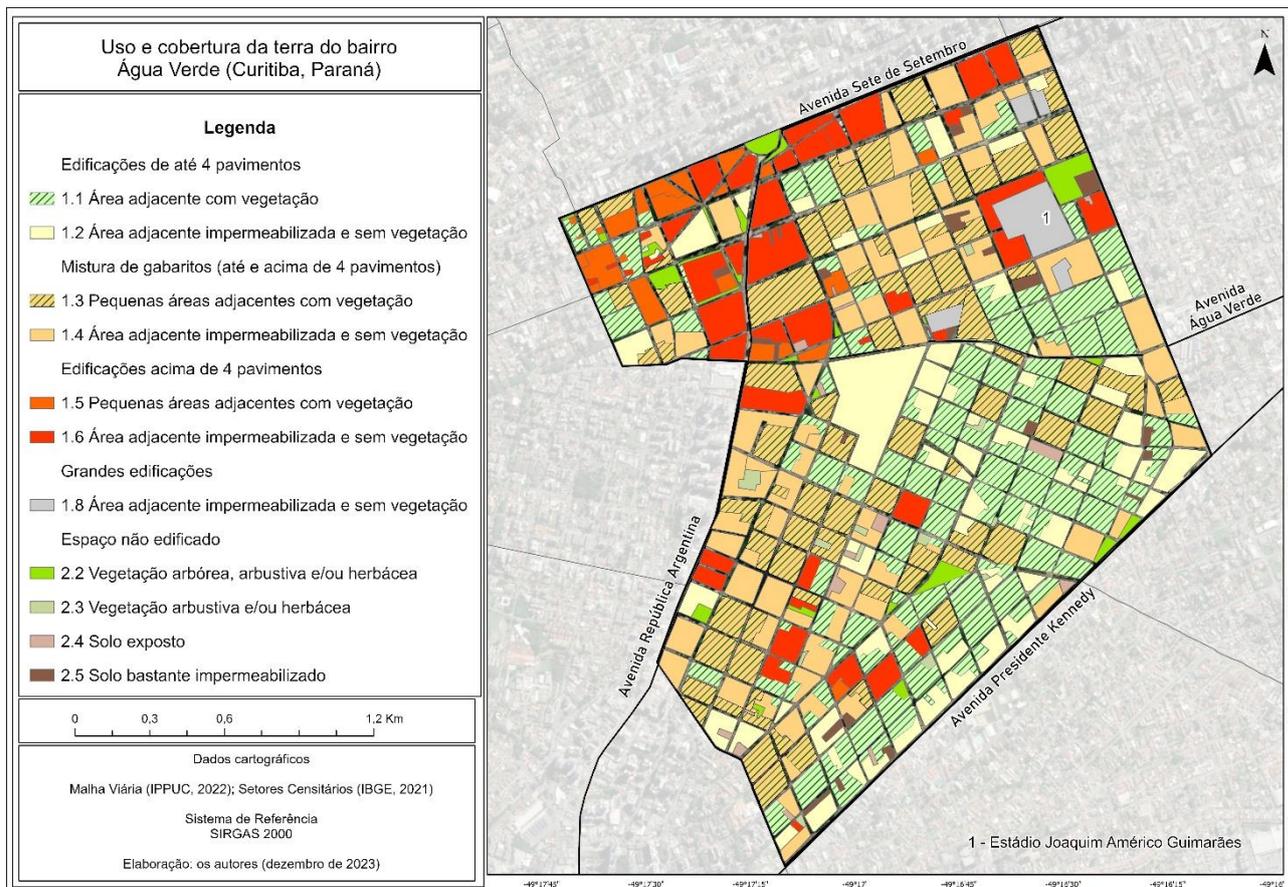
Morbidade por asma e localização dos pacientes pediátricos

Os dados do Código de Endereçamento Postal (CEP) e morbidade por asma de pacientes pediátricos foram extraídos da base de dados orientados por especialistas de acordo com a Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados com a Saúde (CID) dos prontuários dos pacientes, e cedidos pelo Hospital Pequeno Príncipe (HPP) em Curitiba para esses estudos. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), cujo número é 3.514.667. A distribuição espacial da localização dos pacientes que tiveram internações no hospital por asma em Curitiba entre 10 de maio de 2018 e 01 de setembro de 2019 foi realizada no ArcGIS 10.8, a partir dos dados fornecidos pelo Hospital. Em virtude da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), utilizou-se o CEP como variável de espacialização. Esse processo, de transformação do CEP em endereço, foi realizado na plataforma Google Collab, desenvolvido em linguagem “Python”, a partir do VIACEP, uma Application Programming Interface (API). Trata-se de um webservice que possibilita converter um código postal para uma localização específica, conforme registrado na Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos. Posteriormente, utilizou-se o processo de geocodificação para o formato ponto, a fim de ser tratado no ArcGIS.

RESULTADOS

A maior parcela do Água Verde é composta por espaços edificados (80,6%), com o predomínio de áreas adjacentes com vegetação (21,5%) em edifícios de até quatro pavimentos. Também, há pequenas áreas adjacentes com vegetação (18,6%) e área adjacente impermeabilizada e sem vegetação (15,1%) em edificações de até e acima de quatro pavimentos (Figura 3). Os espaços não-edificados somam 18,4% do bairro, os quais correspondem às áreas de vegetação, solo exposto e solo bastante impermeabilizado, além de ruas e avenidas. As classes 2.2 (Vegetação arbórea, arbustiva e herbácea) e 2.3 (Vegetação arbustiva e/ou herbácea) são as melhores estruturas para a qualidade do ambiente. Elas auxiliam em uma melhor infiltração das águas pluviais e baixo escoamento superficial, além de menor emissão de poluentes.

Figura 3 – Cobertura da terra no bairro Água Verde



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

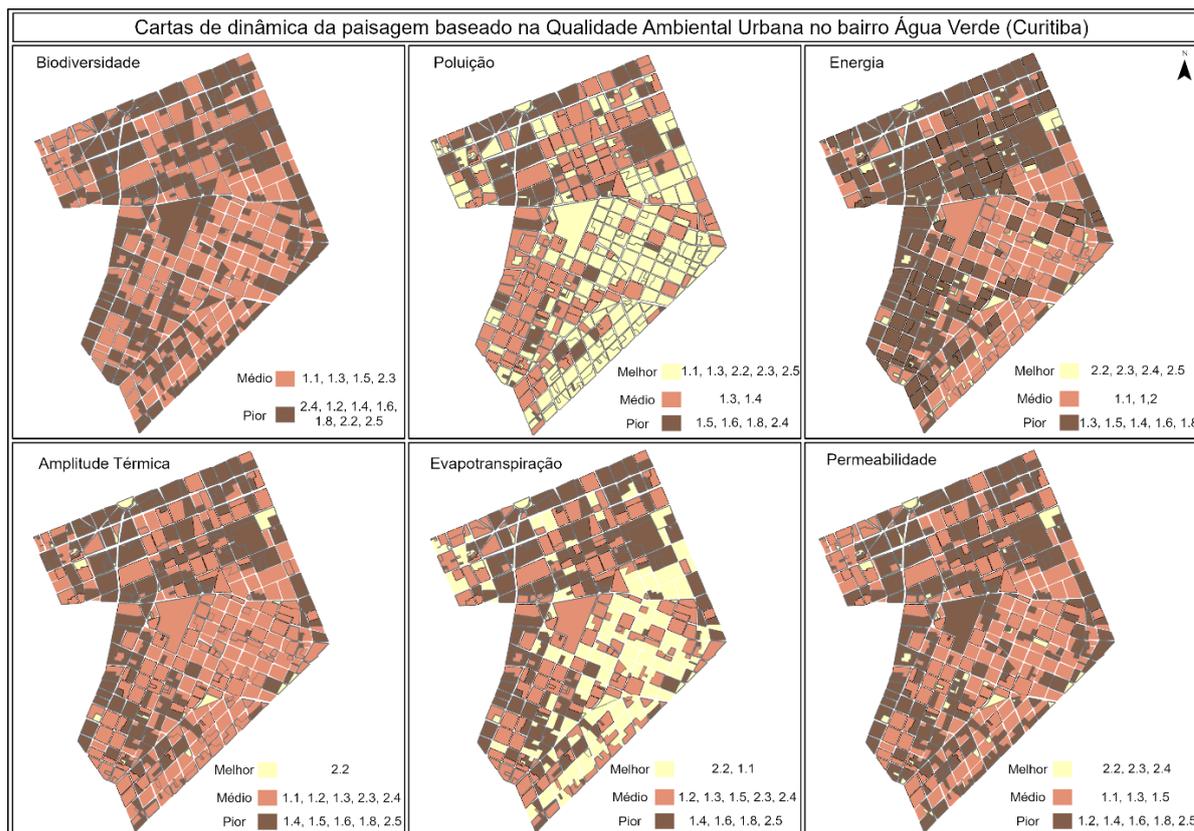
A qualidade ambiental urbana no bairro é caracterizada pelo número expressivo de espaço edificado, aproximadamente 81% da área. Apesar disso, a maior parcela dessas áreas contém vegetação, totalizando cerca de 42,5%, em contraponto às impermeabilizadas (38,39%). Ainda, 5% das áreas não são edificadas, destacando-se as praças do Japão e Afonso Botelho, e 14% correspondem à malha viária (Quadro 2).

Quadro 2 – Classes de uso e cobertura da terra do bairro Água Verde

Classes de Cobertura da Terra do bairro Água Verde			% da área
Espaço edificado (81,47%)	Edificações até 4 pavimentos	1.1 Área adjacente com vegetação	21,62
		1.2 Área adjacente impermeabilizada e sem vegetação	11,53
	Edificações até e acima de 4 pavimentos	1.3 Pequenas áreas adjacentes com vegetação	18,57
		1.4 Área adjacente impermeabilizada e sem vegetação	15,45
	Edificações acima de 4 pavimentos	1.5 Pequenas áreas adjacentes com vegetação	2,57
		1.6 Área adjacente impermeabilizada e sem vegetação	9,85
Grandes edificações	1.8 Área adjacente impermeabilizada e sem vegetação	1,88	
Espaço não edificado (18,53%)	2.2 Vegetação arbórea, arbustiva e herbácea		1,88
	2.3 Vegetação arbustiva e/ou herbácea		0,59
	2.4 Solo Exposto		0,62
	2.5 Solo bastante impermeabilizado		1,1
	Ruas e avenidas		14,34

A elaboração das cartas de dinâmica de paisagem com base no uso e cobertura da terra mostram que as áreas localizadas ao longo do eixo estruturante e da Zona Residencial 4 (Figura 4), apresentam os piores resultados para a biodiversidade, poluição, energia para a manutenção do espaço, amplitude térmica, evapotranspiração e permeabilidade. Tais locais contêm edificações acima de quatro pavimentos cujas áreas adjacentes encontram-se impermeabilizadas e sem vegetação expressiva. Por outro lado, a Zona Residencial 3, caracterizada pela presença de áreas adjacentes com vegetação em edificações de até quatro pavimentos, apresenta os melhores resultados na categoria poluição e evapotranspiração, que foram baseados na dinâmica da qualidade ambiental.

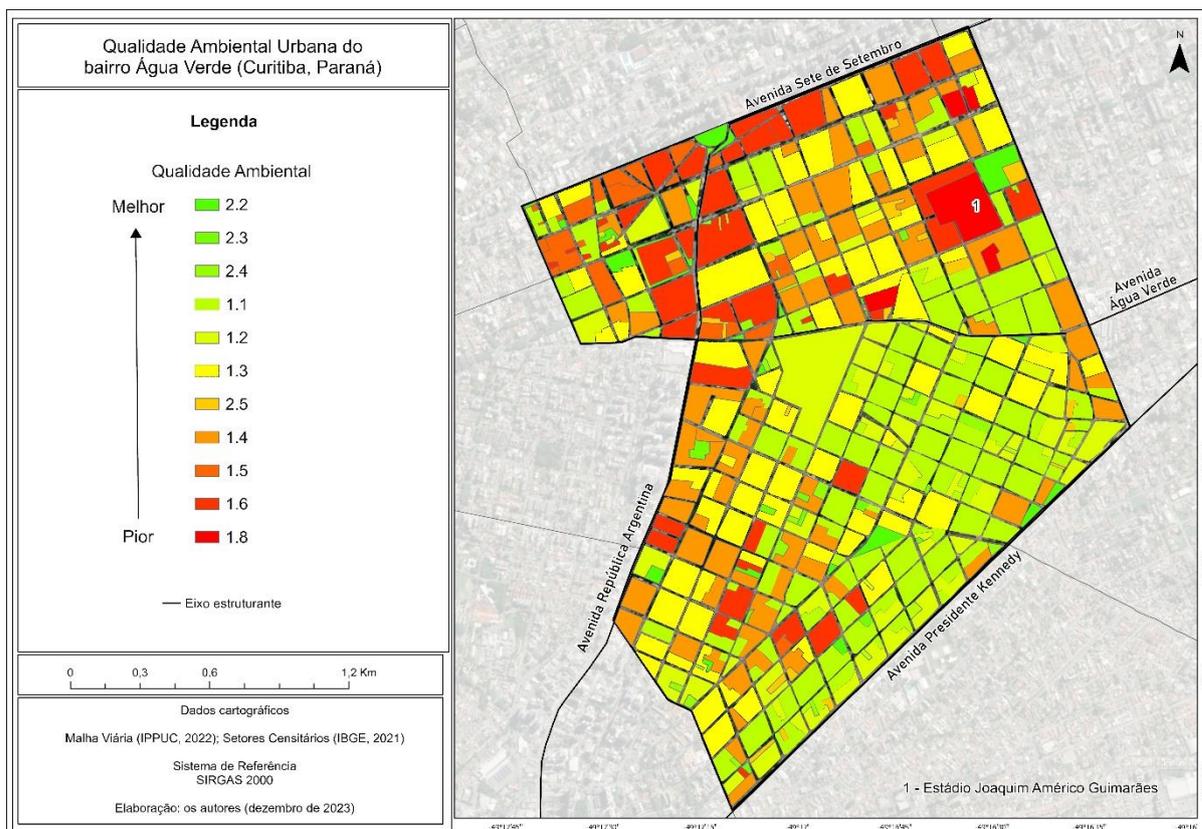
Figura 4 – Qualidade Ambiental do bairro Água Verde



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na qualidade ambiental, os piores resultados encontram-se na face norte do bairro, sobretudo no espaço acima da Avenida Água Verde, e ao longo do eixo estruturante. Nesse caso, destaca-se as avenidas Sete de Setembro e República Argentina, caracterizadas pela possibilidade de maior adensamento populacional através da construção de edifícios acima de quatro pavimentos e sem vegetação expressiva, maior movimentação de veículos e pessoas, além da presença de um corredor de ônibus (Figura 5).

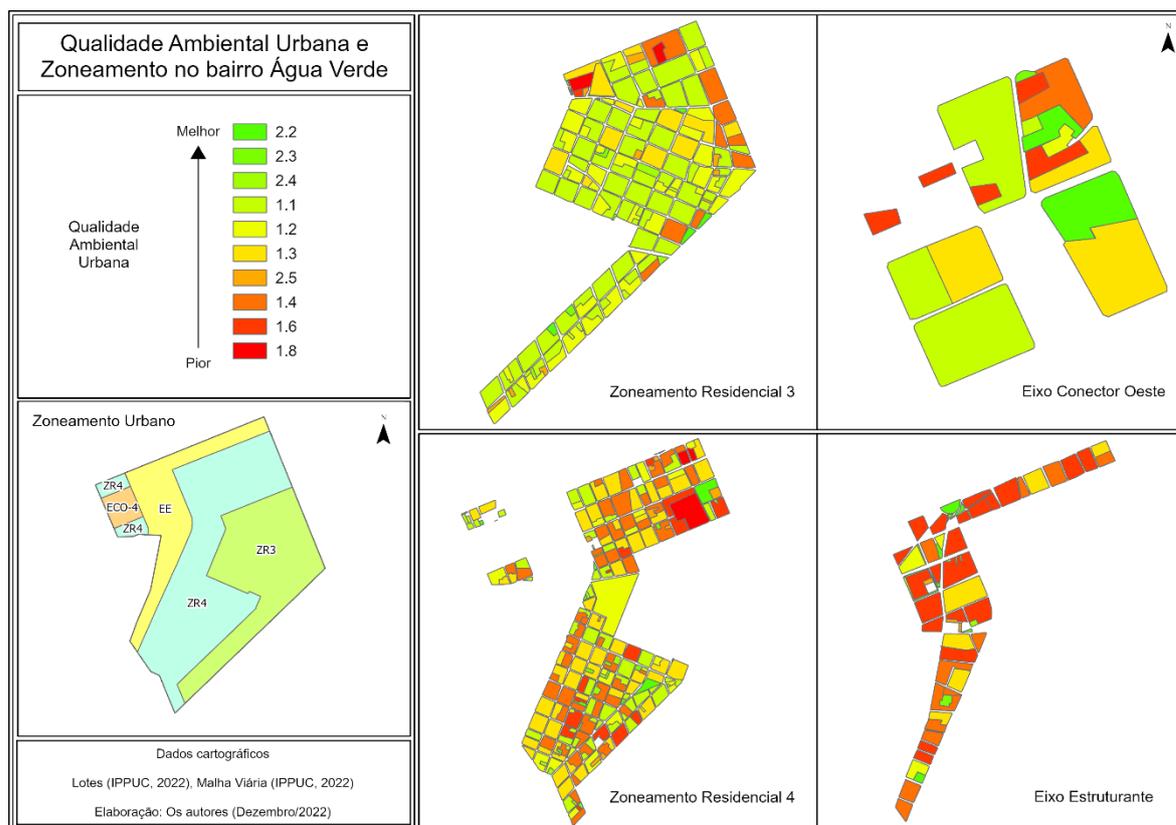
Figura 5 – Qualidade Ambiental do bairro Água Verde



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

No zoneamento, o eixo estruturante possui a maior quantidade de áreas com pior qualidade (Figura 6). Nele há o predomínio de áreas adjacentes impermeabilizadas e sem vegetação (mistura de gabaritos e edificações acima de quatro pavimentos) e solo impermeabilizado (61,6%). A zona residencial 4 possui 53,5% de áreas com pior qualidade, sobretudo áreas adjacentes impermeabilizadas e sem vegetação (mistura de gabaritos e edificações acima de quatro pavimentos). Ainda há áreas adjacentes com vegetação em edificações de até quatro pavimentos e pequenas áreas adjacentes com vegetação (até e acima de quatro pavimentos).

Figura 6 – Qualidade Ambiental do bairro Água Verde



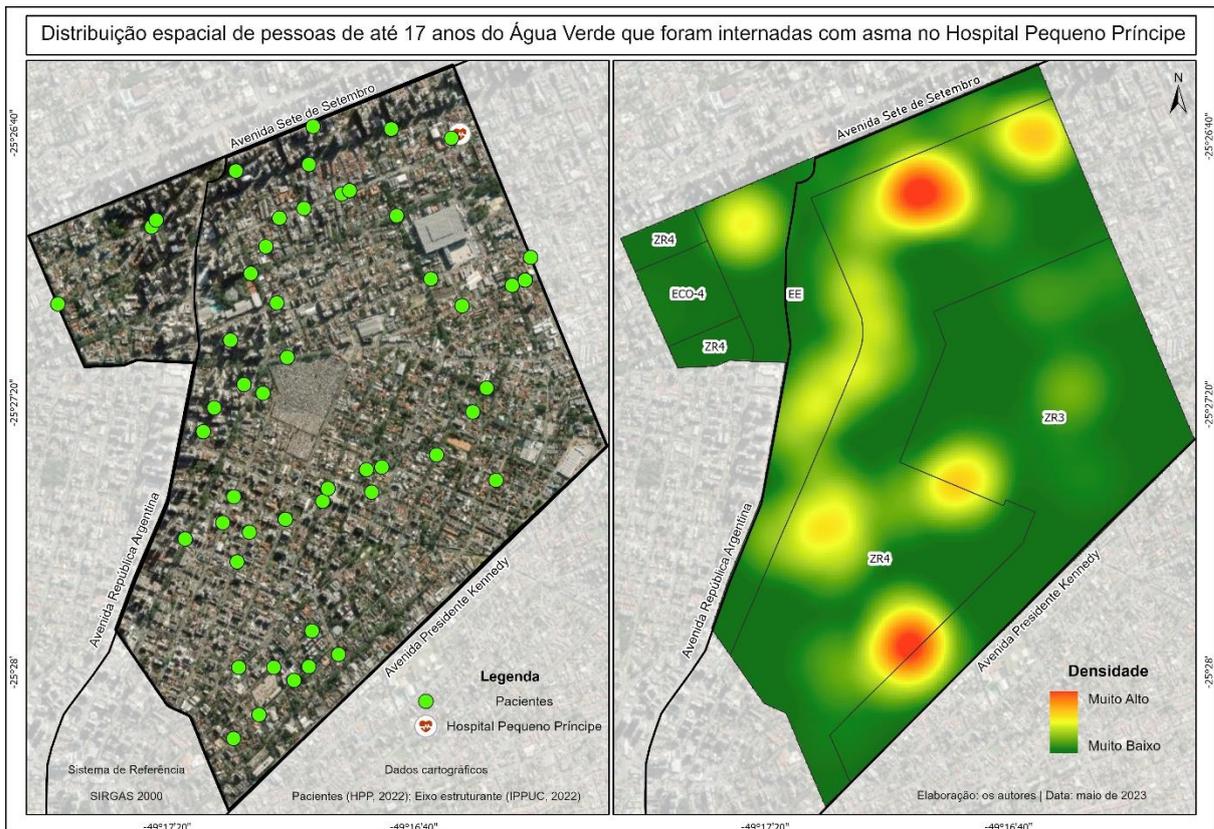
Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Por outro lado, a zona residencial 3 apresenta a maior quantidade de áreas com melhor qualidade ambiental. Salienta-se que 44,3% da zona contém áreas adjacentes com vegetação em edificações de até quatro pavimentos.

Relação entre qualidade ambiental e asma

O Hospital Pequeno Príncipe registrou AARAB internados com asma entre 10 de maio de 2018 e 01 de setembro de 2019. O Água Verde é o quarto bairro com o maior número de pacientes (3,1%), atrás do Boqueirão (3,3%), Cajuru (3,9%) e Cidade Industrial (5,7%). A maior parcela é do sexo masculino (52,1%) e possui idades entre um (25,1%), dois (14%), zero (11,2%) e três anos (11,1%). As internações ocorrem sobretudo no Outono (36,3%) e Inverno (33,5%), especialmente nos meses de maio (15,4%), julho (15,4%), junho (14,9%) e agosto (11,6%). Os pacientes estão localizados nas faces norte e sul do bairro (Figura 7), com destaque para as ruas Desembargador Motta e Amazonas e a Avenida Iguaçú.

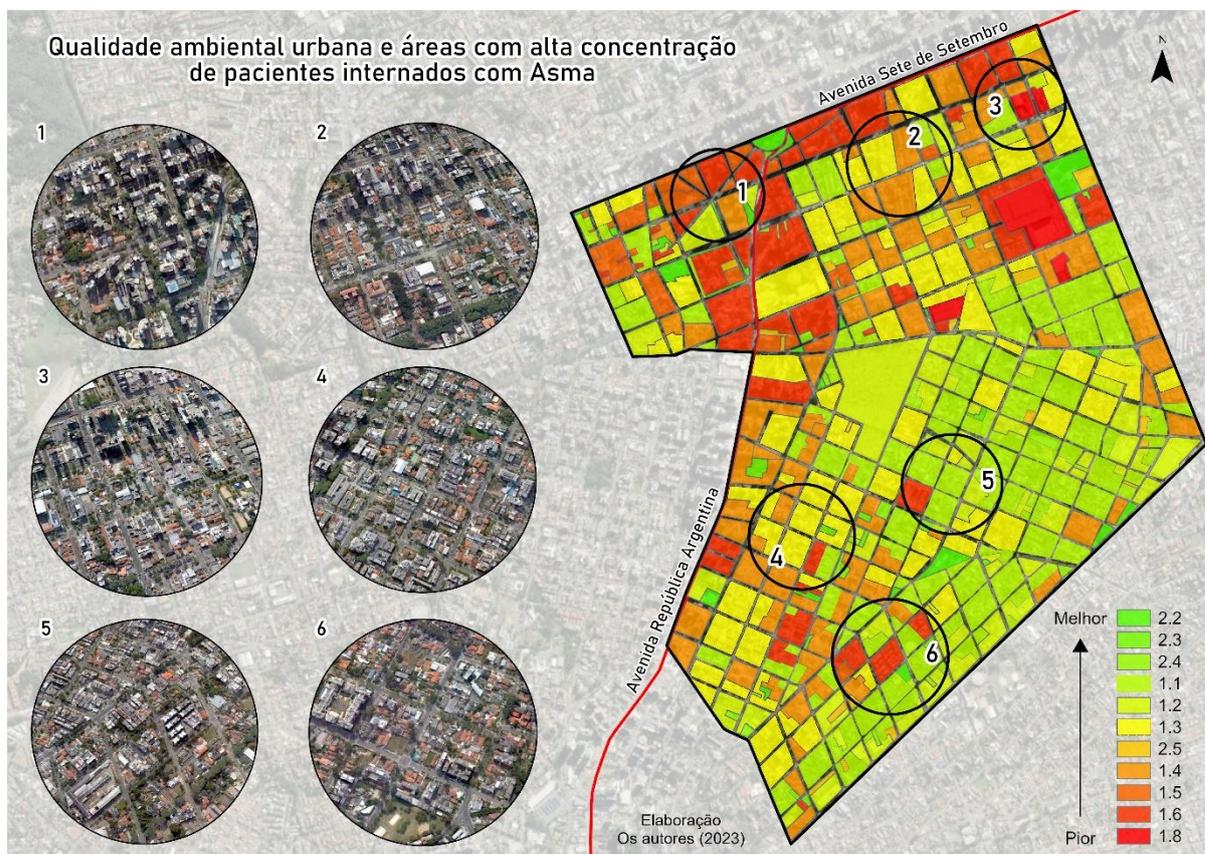
Figura 7 – Qualidade Ambiental do bairro Água Verde



Fonte: Elaborado pelos autores.

Portanto, as áreas com maior concentração de pacientes internados com asma no Hospital Pequeno Príncipe estão associadas às áreas classificadas como Zona Residencial 4 (círculos 2, 3 e 6) e no Eixo Estruturante (círculo 1), como pode ser visto na Figura 8. No primeiro caso, tais áreas totalizam 54,2% dos pacientes internados no Hospital Pequeno Príncipe e são marcadas pela predominância residencial de média densidade de ocupação, usadas como suporte aos eixos estruturais, a qual se beneficia do sistema de transporte de alta capacidade (CURITIBA, 2019). O eixo estruturante, por sua vez, é outra área com o número significativo de pacientes, cerca de 22,7% do total. Ele corresponde ao eixo de crescimento vertical da cidade, caracterizado como área de expansão do centro tradicional e como corredor de uso misto, de serviços e de transporte, tendo como suporte um sistema trinário de circulação (CURITIBA, 2019).

Figura 8 – Qualidade Ambiental do bairro Água Verde



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

A Zona Residencial 3 conta com 22,7% de pessoas hospitalizadas com doenças respiratórias, os quais encontram-se dispersos no território. Trata-se de uma zona de predominância residencial de baixa a média densidade de ocupação, onde se tem como objetivo principal a promoção da ocupação habitacional unifamiliar e coletiva, comércio e serviço de atendimento vicinal e de bairro (CURITIBA, 2019).

DISCUSSÃO

O uso e cobertura da terra, bem como a cobertura por ela apresentada, influenciam na qualidade ambiental urbana. Quando planejados de forma inadequada, eles geram efeitos negativos sobre o ambiente, como o aumento da produção de resíduos sólidos e líquidos, poluição do ar, sonora e visual, supressão da cobertura vegetal e aumento de alagamentos. Por isso, conhecer como os espaços urbanos afetam a qualidade ambiental e a qualidade de vida dos cidadãos, é necessário a fim de mitigar os efeitos negativos atuais e decorrentes dos cenários futuros de mudanças climáticas.

Conhecer os cenários de qualidade do ambiente urbano e monitorar e reduzir os efeitos negativos, entre outros, permite enfrentar a crescente prevalência global de doenças respiratórias, sobretudo a asma, e estabelecer um planejamento de uso e cobertura da terra e de saúde com medidas adequadas de prevenção. Fatores como poluição do ar, atrelada ao fluxo de veículos, proximidade residencial de avenidas e menor exposição às áreas verdes e biodiversidade podem estar localizados em uma microescala. Como os governos locais geralmente têm recursos limitados para desenvolver atividades de monitoramento, tecnologias podem ajudar a priorizar a alocação de recursos humanos e financeiros para áreas prioritárias. Em outras palavras, identificar áreas geográficas, tão segmentadas quanto a escala do bairro, pode contribuir na adoção de medidas e alocação de recursos com mais eficiência e eficácia.

Portanto, os resultados obtidos indicam que as áreas com maior concentração de pacientes acometidos por asma encontram-se associadas ao Eixo Estruturante e à Zona Residencial 4. Tais espaços são caracterizados por edificações acima de quatro pavimentos cujas áreas adjacentes encontram-se

impermeabilizadas e sem vegetação expressiva. Logo, são ambientes que podem influenciar a concentração e distribuição espaciais de partículas atmosféricas, especialmente nas vias. As duas zonas contêm os principais eixos de transporte da região central de Curitiba, notadamente as Avenidas Sete de Setembro, República Argentina, Silva Jardim e Iguaçu. Logo, são mais propensos ao alto fluxo de veículos e à maior emissão de poluentes atmosféricos. Em Curitiba, de uma forma geral, o setor de transporte representa a maior contribuição das emissões de gases de efeito estufa (GEE), totalizando 66,6% (CURITIBA, 2019).

As emissões veiculares geram o aumento da concentração de metais pesados nas partículas inaláveis (Guo et al. 2018). A exposição a tais poluentes tem impactos neurológicos (SHI, et al., 2020), leva a efeitos adversos nas vias aéreas e nas funções neurocomportamentais e pulmonares (LANDRIGAN et al. 2019), sobretudo em crianças, bem como parto prematuro e baixo peso ao nascer (LI et al., 2019). Entre 2014 e 2017 em Curitiba, 10% do total de mortes por câncer dos brônquios e dos pulmões de pessoas com idade igual ou superior a 30 anos se deu em virtude da exposição a concentrações de Material Particulado (MP) a 2,5 (SCHRAIER, 2022). Estudos mostram que as maiores concentrações do MP2,5 na cidade ocorrem nos meses de inverno, os quais associam-se com períodos de menor pluviosidade, que levam à diminuição da “remoção” dos poluentes na atmosfera; e, ventos com baixa velocidade que potencializam a permanência dessas partículas em suspensão (COSTA, 2022). Somado a isso, as temperaturas mais baixas no inverno e a ausência de chuvas intensificam a ocorrência de inversão térmica, que provocam uma acumulação de poluentes atmosféricos nas camadas inferiores da atmosfera.

A região da Estação Ouvidor Pardinho, vizinho ao Água Verde, possui uma das maiores concentrações de NO₂ na cidade, devido ao maior tráfego de ônibus (veículos movidos a diesel) (RIBAS et al., 2016). Além disso, no Eixo Estruturante há a formação de edifícios em ambos os lados da rua, que formam os chamados “*canyons urbanos*”. Na Avenida Sete de Setembro, a largura da via, aliada à altura dos edifícios, promove um maior acúmulo de NO_x a depender da direção de ventos, o que gera maior potencial de altos níveis de ozônio (BENDER; DZIEDZIC, 2014). Também, o fluxo de veículos pesados provenientes das rodovias no sudoeste do município, sobretudo na região de Araucária, consiste em uma das principais fontes de NO_x (CASTELHANO, 2019).

Durante a pandemia de Covid-19, a emissão de gases, como o monóxido de carbono e o dióxido de nitrogênio, sofreu uma redução de pelo menos 50% em Curitiba durante a fase mais rígida de isolamento domiciliar (BRODBECK, 2020). Na cidade de São Paulo foram observadas reduções nas concentrações de MP₁₀, MP_{2,5}, NO₂, CO, benzeno e tolueno durante o isolamento social (SARRA; MÜLFARTH, 2021). Ou seja, mudanças na forma de trabalho, a redução do fluxo de veículos e os comportamentos adquiridos na pandemia tiveram impactos positivos sobre os níveis de poluentes atmosféricos na região. Entretanto, em Curitiba, a baixa cobertura de estações de monitoramento da qualidade do ar do Instituto de Águas e Terra, que monitoram o material particulado na cidade, e a lacuna de dados no portal do Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde (SISAM) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), impossibilitam a verificação de análises mais conclusivas.

Os resultados também mostram que áreas do Eixo Estruturante e da Zona Residencial 4 são ambientes que possibilitam elevada amplitude térmica e temperatura. Pesquisas mostram que crianças são mais suscetíveis ao risco de asma quando as temperaturas são altas, em média, por vários dias (SCHLEGEL et al., 2020). No Vietnã, um aumento de 1°C na temperatura média do dia anterior está associado a um aumento nas internações hospitalares em crianças menores de cinco anos (PHUNG et al., 2015). Na Austrália, crianças do sexo masculino e com idade ≤4 anos são mais suscetíveis ao calor, enquanto aquelas com as mesmas características, mas entre 10 e 14 anos, ao frio (XU et al., 2013). Junto com a poluição do ar, as temperaturas mais altas e o aumento da frequência de ondas de calor potencializam os casos e mortalidades por doenças respiratórias (ACHEBAK et al., 2020; HOTZ; HAJAT et al., 2020). Porém, tais áreas concentram a maior quantidade de pacientes no Outono e Inverno. Isso pode ser explicado por uma relação fraca com a temperatura e alta com a poluição e vegetação.

Portanto, estratégias de planejamento e ordenamento urbano vinculadas aos princípios do Planejamento da Paisagem, Ecologia da Paisagem e Ecologia Urbana emergem como uma solução potencial de planejamento urbano para melhorar elementos que contribuem com a sustentabilidade das cidades. Dentre elas, destaca-se o Fator Área de Biótopo (BAF), a qual visa subsidiar ações de melhoria da qualidade das paisagens mantendo o tipo de uso e cobertura da terra, reduzindo impactos ambientais urbanos, ampliando as funcionalidades dos ecossistemas, a proteção dos biótopos e espécies, a aparência da paisagem e o uso recreativo (RING; DAMYANOVIC; REINWALD, 2021). A BAF expressa uma relação entre áreas verdes e tamanho do lote. Ela leva em consideração diferentes

tipos de infraestrutura verde (barreiras de vegetação, telhados e paredes verdes, árvores, pavimentos permeáveis). Elas permitem dispersar e remover poluentes atmosféricos (TONG et al., 2016), mitigar ilhas de calor e mudanças climáticas (ZENG; LIN; HUANG, 2021), reduzir o consumo de energia (WAI; TARIQ; MUTTIL, 2022) e poluição sonora (RAMYAR et al., 2020), melhorar a gestão de águas (SAUNDERS; MARTIN, 2022).

As áreas com melhor qualidade ambiental, notadamente a Zona Residencial 3, por exemplo, apresentam a menor quantidade de pacientes no Hospital Pequeno Príncipe. Cerca de metade da zona é composta por áreas adjacentes com vegetação em edificações de até quatro pavimentos. São ambientes caracterizados por áreas permeáveis ocupadas por jardim ou horta, com vegetação nos estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo, que possibilitam pouca infiltração da água da chuva, aumento do escoamento superficial e da amplitude térmica, baixa emissão de poluentes e menor variedade de fauna. Os resultados tendem a corroborar as evidências de que o espaço verde pode ser propício para a saúde e bem-estar dos residentes, independentemente de ser idoso, adulto ou criança (CHIABAI et al., 2020). Outro estudo mostra que há associações positivas com o espaço verde em crianças entre 4 e 7 anos e negativas entre 3 e 14 (SPRAGUE et al., 2022). Tais diferenças são corroboradas por pesquisas que mostram que crianças mais novas são mais suscetíveis aos efeitos negativos (LOUISIAS et al., 2019).

Mas, pesquisas constataam que não há associações estatisticamente significativas entre espaços verdes e doenças respiratórias (BIXBY et al., 2015; WANG et al., 2020). Além disso, viver próximo de parques pode ter um efeito negativo, sobretudo no aumento da incidência de doenças respiratórias (PARMES et al., 2019). A asma, por exemplo, é agravada pelo efeito sinérgico do pólen e dos poluentes influenciada por fatores climáticos locais (ALCOCK et al., 2017). Ainda, pode-se ter efeitos adversos nos sintomas oculares, devido a plantas de alta alergenicidade (FUERTES et al., 2016). As árvores perenes bloqueiam o sol e reduzem a temperatura da área local, possibilitando alta mortalidade (BUNKER et al., 2016). Estudos também indicam que a presença de árvores aumenta a concentração de poluição em um canyon urbano, principalmente se a configuração desse espaço não for planejada (ABHIJITH; GOKHALE, 2015)

CONCLUSÕES

As modificações das estruturas das cidades e as atividades antropogênicas alteram significativamente a qualidade ambiental das áreas urbanas e, assim, a qualidade de vida dos cidadãos. Tais problemas indicam que a abordagem de planejamento tradicional frequentemente adotado precisa ser revista para contemplar questões ambientais que promovam a criação de um ambiente construído habitável e resiliente. Há uma demanda por estratégias de planejamento criativa e inovadora, em que o planejamento baseado na potencialidade da paisagem, que tem sido discutido como uma alternativa, possa permitir que planejadores urbanos e tomadores de decisão enfrentem problemas ambientais urbanos. A urgência desse redirecionamento é imposta pelas necessidades de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

Portanto, o mapeamento do uso e cobertura da terra mostra-se como uma importante ferramenta de análise da qualidade ambiental urbana, a qual permite subsidiar políticas públicas, planejamento do uso e cobertura da terra e gestão urbana. A classificação do uso e cobertura da terrado bairro Água Verde, e possivelmente de bairros em condições análogas, em Curitiba e em outras cidades, possibilita evidenciar características importantes, sendo possível, por intermédio dela, a elaboração de uma carta de sua qualidade ambiental. Os resultados indicaram que os espaços edificados se sobressaem na paisagem desse bairro, com a predominância de edificações de até quatro pavimentos com área adjacente com vegetação, especialmente na Zona Residencial 3. Porém, há disparidade entre os espaços edificados e os não edificados. O bairro também possui áreas com condições piores, sobretudo no Eixo Estruturante e Zona Residencial 4. Os resultados também mostram que a maior parcela dos pacientes se encontra situados em áreas caracterizadas por edificações de até e acima de quatro pavimentos e sem vegetação expressiva. Ainda que sejam ambientes propícios a maior temperatura e amplitude térmica, há uma relação dos casos com temperatura baixa no inverno e outono, e a poluição.

Logo, as soluções para este e a outros problemas demandam mudanças no planejamento de uso e cobertura da terra, com a implementação de infraestruturas verdes, tanto nas áreas de influência de edificações baixas e de poucos pavimentos quanto de grandes edificações. Elas permitem a diminuição de áreas impermeabilizadas e proporcionam, além da valorização visual, melhorias à qualidade do ambiente com a diminuição do escoamento superficial, regulação térmica e da umidade do ar e proteção dos corpos hídricos. Outras estratégias envolvem aprimorar o controle das emissões de

poluição do ar, sobretudo para atingir os poluentes produzidos por veículos. Por exemplo, a elaboração de um inventário contínuo de emissões atmosféricas, a fim de tomar ações efetivas de minimização e prevenção da poluição. Também é importante compreender melhor a influência das características climáticas na direção e na propagação espaço-temporal da poluição. O uso de sensores remotos permite avaliar os componentes da poluição e os aumentos de temperatura associados a eles.

Enfrentar esses desafios requer a cooperação interdisciplinar de diversos profissionais, desde epidemiologistas, médicos, formuladores de políticas e profissionais de saúde pública, geógrafos, urbanistas, meteorologistas, entre outros cientistas. Isso possibilita uma visão holística do problema e, dessa maneira, desenvolver estratégias adequadas diante dos cenários de mudanças climáticas, tornando o ambiente sustentável para as gerações futuras. Como limitações, a classificação da paisagem, de maneira objetiva e clara, apresenta-se como uma tentativa de representação simplificada da realidade, ou seja, não exprime a realidade em si, em sua total complexidade; porém, apresenta-se como ferramenta ao planejamento. Embora de certa forma, os resultados da pesquisa possam ser generalizados para outros bairros em condições análogas e que o Hospital Pequeno Príncipe seja uma referência e o maior hospital do Brasil no tratamento de pacientes pediátricos, há outros hospitais na cidade de Curitiba que possivelmente têm internação de pacientes pediátricos acometidos de doenças respiratórias como a asma. Além disso, a pesquisa não considerou se os pacientes internados por asma passam a maior parte do seu dia nas suas casas, em escolas ou creches.

Portanto, a presente pesquisa apresenta-se como um meio para que se estabeleça um melhor planejamento e ordenamento territorial possibilitando a melhoria da qualidade do ambiente e, assim, a redução dos casos respiratórios, especialmente a asma em crianças e adolescentes. Permite indicar os problemas a serem superados com relação ao uso e cobertura da terra, e a definição de propostas a eles. Essa pesquisa não esgotou todas as possibilidades de análises; porém, por contribuir com dados, principalmente cartografados, permite o desenvolvimento de diversos trabalhos que possam aprofundar a discussão aqui proposta. Os registros hospitalares de doenças respiratórias como a asma de outros hospitais devem ser considerados em estudos futuros, a fim de ampliar o conhecimento da dinâmica das relações entre qualidade ambiental e morbidade por asma no município de Curitiba.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Direção de Pesquisa e Geral do Hospital Pequeno Príncipe pela cessão dos dados. ao Dr. Paulo Kussek pela separação das fichas hospitalares com diagnóstico de asma. Ao Senhor Laércio Santo de Araújo pela extração dos dados da base do Hospital Pequeno Príncipe, bem como organização dos dados. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) processo no. 423287/2021-4 pelo apoio financeiro. A Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná pelo apoio financeiro e bolsas concedidas à Rede de Pesquisa Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação (NAPI) Emergências Climáticas. À Rede de Pesquisa Cyted Diretrizes, planos, ações em áreas periurbanas: ecossistemas num desenvolvimento equitativo – DPAAPU pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- AARAB, R.; VIJVERBERG, S.J.H.; PRINS, M.; SNIJDER, M.B.; VAN REE, R.; FOKKENS, W.J.; ZWINDERMAN, A.H.; BEL, E.H.D.; VAN DER ZEE, A.H.M. Prevalence of and factors associated with adult-onset asthma in different ethnic groups: The HELIUS study. **Respiratory Medicine**. Vol.150, p.113-119, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2019.02.018>
- ABHIJITH KV; GOKHALE, S. Passive control potentials of trees and on-street parked cars in reduction of air pollution exposure in urban street canyons. **Environmental Pollution**. p.204:99-108, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.04.013>
- ACHEBAK, H., DEVOLDER, D., INGOLE, V. Reversal of the seasonality of temperature-attributable mortality from respiratory diseases in Spain. **Nature Communications**, vol.11, p.2457, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16273-x>
- ALCOCK, I.; WHITE, M.; CHERRIE, M.; WHEELER, B.; TAYLOR, J.; MCINNES, R.; OTTE IM KAMPE, E.; VARDOULAKIS, S.; SARRAN, C.; SOYIRI, I. Fleming Land cover and air pollution are associated with asthma hospitalisations: a cross-sectional study. **Environment International**, vol.109, p.29-41, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.08.009>
- ASHER, M.I.; RUTTER, C.E.; BISSELL, K.; CHIANG C.Y.; EL SONY, A.; ELLWOOD, E.; ELLWOOD, P.; GARCÍA-MARCOS, L.; MARKS, G.B.; MORALES, E. Worldwide Trends in the Burden of Asthma

Symptoms in School-Aged Children: Global Asthma Network Phase I Cross-Sectional Study. **Lancet**. vol.398, p.1569-1580, 2021.

BARRETT C. D et al. Study of Alteplase for Respiratory Failure in SARS-CoV-2 COVID-19: A Vanguard Multicenter, Rapidly Adaptive, Pragmatic, Randomized Controlled Trial. **Chest**. Vol.161, n;3, p.710-727, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2021.09.024>

BENDER, A. P.; DZIEDZIC, M. Dispersão de Poluentes nos eixos estruturais em Curitiba (PR), Brasil, ABES. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.19, n.31-42, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019010000364>

BHADRA, A; MUKHERJEE, A; SARKAR, K. Impact of population density on Covid-19 infected and mortality rate in India. **Modeling Earth Systems and Environment**, vol.7, p.623-629, 2021. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00984-7>

BIXBY H, HODGSON S, FORTUNATO L, HANSELL A, FECHT D. Associations between green space and health in English cities: an ecological, cross-sectional study. **PLoS One**. Vol.16, n.10, p.0119495, 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119495>

BRODBECK, P. **Coronavírus: Poluição do ar em Curitiba cai após medidas de isolamento social**. Curitiba, 2020. Disponível em: <https://glo.bo/3pal6OJ>.

BUNKER A, WILDENHAIN J, VANDENBERGH A, HENSCHKE N, ROCKLÖV J, HAJAT S, SAUERBORN R. Effects of Air Temperature on Climate-Sensitive Mortality and Morbidity Outcomes in the Elderly; a Systematic Review and Meta-analysis of Epidemiological Evidence. **EBioMedicine**. Vol.6, p.258-268, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2016.02.034>

CAKMAK S, KAUR L, MAHMUD M, SHUTT R, LIU L, RIGDEN M, KUMARATHASAN P, VINCENT R, THOMSON E M. Effect of industrial point-source air pollutants on fractional exhaled nitric oxide in healthy volunteers. **Environmental Research**. Vol.181, p.108965, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108965>

CASTELHANO, F.J. **Qualidade do ar no AUC (aglomerado urbano de Curitiba/PR) – configuração atual e perspectivas no âmbito das mudanças climáticas globais**. 226p. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Paraná. 2019.

CHEN, D.; WANG, X.; THATCHER, M.; BARNETT, G.; KACHENKO, A.; PRINCE, R. Urban vegetation for reducing heat related mortality. **Environmental Pollution**. Vol.192, p.275-284, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.05.002>

CHIABAI, A.; QUIROGA, S.; MARTINEZ-JUAREZ, P.; SUÁREZ, C.; GARCÍA DE JALÓN, S.; TAYLOR, T. Exposure to green areas: modelling health benefits in a context of study heterogeneity **Ecological Economics**, vol.167, p.106401, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106401>

CHOI JY, CASTLE S, BURCHINAL M, HORM D, GUSS S, BINGHAM GE. Peer effects on low-income children's learning and development. **Journal of School Psychology**, vol.71, p.1-17, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2018.10.002>

COCCIA M. Factors determining the diffusion of COVID-19 and suggested strategy to prevent future accelerated viral infectivity similar to COVID. **Science of the Total Environment**. Vol.729, p.138474, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138474>

CORCUERA HOTZ I, HAJAT S. The effects of temperature on accident and emergency department attendances in London: a time-series regression analysis. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, vol.17, n.6, p.1957, 2020. <https://doi.org/10.3390/ijerph17061957>

COSTA, G. **Poluição atmosférica espacializada em Curitiba durante a pandemia da Covid-19**. 136p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. 2022.

CURITIBA. **Lei nº 15.511, de 10 de outubro de 2019. Dispõe sobre o zoneamento, uso e ocupação do solo no Município de Curitiba e dá outras providências**. 2019. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-de-zoneamento-uso-e-ocupacao-do-solo-curitiba-pr>

CURITIBA. **Plano Municipal de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas**. 2020. Disponível em: <https://mid.curitiba.pr.gov.br/2020/00306556.pdf>

DI CICCO, M.E.; FERRANTE, G.; AMATO, D.; CAPIZZI, A.; DE PIERI, C.; FERRARO, V.A.; FURNO, M.; TRANCHINO, V.; LA GRUTTA, S. Climate Change and Childhood Respiratory Health: A Call to Action for Paediatricians. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, vol.17, p.5344, 2020. <https://doi.org/10.3390/ijerph17155344>

ENGEMANN K, PEDERSEN CB, ARGE L, TSIROGIANNIS C, MORTENSEN PB, SVENNING JC. Residential green space in childhood is associated with lower risk of psychiatric disorders from adolescence into adulthood. **PNAS**, vol.116, p.5188-5193, 2019. <https://doi.org/10.1073/pnas.1807504116>

FONSECA, M. N. da, GARCIAS, C. M., & SILVA, L. P. da. Sistema de alerta de desastre baseado no CEP: limites e possibilidades. **Cadernos Metrópole**, vol.25, n.58, p.923-946, 2023. <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2023-5807>

FUERTE, E. et al. Residential greenness is differentially associated with childhood allergic rhinitis and aeroallergen sensitization in seven birth cohorts. **Allergy**, vol.71, p.1461-1471, 2016. <https://doi.org/10.1111/all.12915>

GINA. GLOBAL INITIATIVE FOR ASTHMA. **Global Strategy for Asthma Management and Prevention**. 2023. Disponível em: <https://ginasthma.org/>

GLOBAL ASTHMA NETWORK. **The Global Asthma Report 2022**. 2022. Disponível em: http://globalasthmareport.org/resources/Global_Asthma_Report_2022.pdf

GONET, T., MAHER, B.; KUKUTSCHOVÁ, J. Source apportionment of magnetite particles in roadside airborne particulate matter. **Science of the Total Environment**, vol.752, p.141828, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141828>

GRIGORIEVA, E.; LUKYANETS, A. Combined Effect of Hot Weather and Outdoor Air Pollution on Respiratory Health: Literature Review. **Atmosphere**, vol.12, n.790, 2021. <https://doi.org/10.3390/atmos12060790>

GUO, Y.; TIAN, J.; ZANG, N.; GAO, Y.; CHEN, L. The Role of Industrial Parks in Mitigating Greenhouse Gas Emissions from China. **Environmental Science & Technology**. Vol.52, p.7754-7762. 2018. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b00537>

HAMIDI S, EWING R, SABOURI S. Longitudinal analyses of the relationship between development density and the COVID-19 morbidity and mortality rates: early evidence from 1,165 metropolitan counties in the United States. **Health Place**. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2020.102378>

HE, C.; LIU, Z.; TIAN, J.; MA, Q. Urban expansion dynamics and natural habitat loss in China: a multiscale landscape perspective. **Global Change Biology**, vol.20, p.2886-2902, 2014. <https://doi.org/10.1111/gcb.12553>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico de 2010**. 2010.

JOSEPH, M.; WANG, F.; WANG, L. GIS-based assessment of urban environmental quality in Port-au-Prince – Haiti. **Habitat International**, vol.41, p.33-40, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2013.06.009>

LANDRIGAN PJ, FULLER R, FISHER S, SUK WA, SLY P, CHILES TC, BOSE-O'REILLY S. Pollution and children's health. **Science of the Total Environment**. Vol.10, p.2389-2394. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.375>

LEPEULE, J.; LITONJUA, A.A.; GASPARRINI, A.; KOUTRAKIS, P.; SPARROW, D.; VOKONAS, P.S.; SCHWARTZ, J. Lung function association with outdoor temperature and relative humidity and its interaction with air pollution in the elderly. **Environmental Research**. Vol.165, p.110-117, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.03.039>

- LI, Y. et al. Global, regional, and national disease burden estimates of acute lower respiratory infections due to respiratory syncytial virus in children younger than 5 years in 2019: a systematic analysis. **Lancet**. vol.28, n.399, p.2047-2064, 2022. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4011896>
- LIN, G. M.Y. ; HAGLER, R.; BALDAUF, V.; ISAKOV, H.Y.; LIN, A. The effects of vegetation barriers on near-road ultrafine particle number and carbon monoxide concentration. **Science of the Total Environment**. Vol. 553, p.372-379, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.035>
- LOUISIAS M, RAMADAN A, NAJA AS, PHIPATANAKUL W. The effects of the environment on asthma disease activity. **Immunology and Allergy Clinics**. Vol.39, n.2, p.163-75, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.iac.2018.12.005>
- LU, C.; ZHANG, Y.; LI, B.; ZHAO, Z.; HUANG, C.; ZHANG, X.; QIAN, H.; WANG, J.; LIU, W.; SUN, Y. Interaction effect of prenatal and postnatal exposure to ambient air pollution and temperature on childhood asthma. **Environment International**, vol.167, 107456, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107456>
- MATTHEWS, T.; LO, A.Y.; BYRNE, J.A. Reconceptualizing green infrastructure for climate change adaptation: barriers to adoption and drivers for uptake by spatial planners Landsc. **Urban Planning**, vol.138, p.155-163, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.010>
- NUCCI, J. C.; FERREIRA, M. B. P.; VALASKI, S. Cobertura do solo e qualidade ambiental urbana como subsídios ao planejamento da paisagem. VI Congresso Iberoamericano de Estudios Territoriales y Ambientales. São Paulo, 2014. Anais ..., p.2886-2902.
- NUCCI, J. C.; VALASKI, S.; ESTÊVEZ, L. F.; TONETTI, E. M. Uso da terra e qualidade ambiental urbana: uma proposta de legenda para mapeamento. **Revista GEOgraphia**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 46, 2019, p. 73-90. <https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2019.v21i46.a14390>
- PACHECO SE, GUIDOS-FOGELBACH G, ANNESI-MAESANO I, PAWANKAR R, D' AMATO G, LATOUR-STAFFELD P, URRUTIA-PEREIRA M, KESIC MJ, HERNANDEZ ML. Climate change and global issues in allergy and immunology. **The Journal of Allergy and Clinical Immunology**. Vol.148, n.6, p.1366-1377, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2021.10.011>
- PACIÊNCIA, I.; CAVALEIRO RUFO, J.; MOREIRA, A. Environmental inequality: Air pollution and asthma in children. **Pediatric Allergy and Immunology**, vol.33, p.1-21, 2022. <https://doi.org/10.1111/pai.13662>
- PARMES, E. et al. Influence of residential land cover on childhood allergic and respiratory symptoms and diseases: evidence from 9 European cohorts. **Environmental Research**, vol.183, p.108953, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108953>
- PERRY, R.; BRAILEANU, G.; PALMER, T.; STEVENS, P. The economic burden of pediatric asthma in the United States: literature review of current evidence. **Pharmacoeconomics**, vol.37, n.2, p.155-67, 2019. <https://doi.org/10.1007/s40273-018-0726-2>
- PIMENTEL DA SILVA, L.; DA FONSECA, M.N.; DE MOURA, E.N.; DE SOUZA, F.T. Ecosystems Services and Green Infrastructure for Respiratory Health Protection: A Data Science Approach for Paraná, Brazil. **Sustainability**, vol.14, p.1835, 2022. <https://doi.org/10.3390/su14031835>
- PHUNG, D.T., RUTHERFORD, S., CHU, C. Temperature as a risk factor for hospitalisations among young children in the Mekong Delta area, Vietnam. **Occupational and Environmental Medicine**, p.1-7, 2015. <https://doi.org/10.1136/oemed-2014-102629>
- RAMYAR, R.; SAEEDI, S; BRYANT, M.; DAVATGAR, A.; HEDJRI, G.M. Ecosystem services mapping for green infrastructure planning–The case of Tehran. **Science of The Total Environment**. volume 703, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135466>
- REHMAN, A.N; COUNTS, S. Neighborhood level chronic respiratory disease prevalence estimation using search query data. **PLoS One**. Vol.9, n.16, p.0252383, 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252383>
- RIBAS, W. F.; BILOTTA, P.; JANISSEK, P. R.; CARVALHO FILHO, M. A. S.; PENTEADO NETO, R. A. Influência do combustível (diesel e biodiesel) e das características da frota de veículos do

transporte coletivo de Curitiba nas emissões de NOx. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.21, p. 437-445, 2016. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016133868>

RING, Z.; DAMYANOVIC, D.; REINWALD, F. Green and open space factor Vienna: A steering and evaluation tool for urban green infrastructure. **Urban Forestry and Urban Greening**, v.62, p. 127131. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127131>

SARRA, S. R.; MÜLFARTH, R.C.K. Os impactos da Epidemia do novo Coronavírus sobre os níveis de poluentes no município de São Paulo. **Brazilian Journal of Development**, vol. 7, n. 4, p. 40415-40438, 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-482>

SAUNDERS, D.; MARTIN, J. The Role of Green Infrastructure in Pluvial Flood Management and the Legislation Surrounding It: A Case Study in Bristol, UK. **Sustainability** 2022, 14, 14619. <https://doi.org/10.3390/su142114619>

SCHLEGEL, I.; MUTERS, S.; MÜCKE, H.-G.; MATZARAKIS, A. Comparison of Respiratory and Ischemic Heart Mortalities and their Relationship to the Thermal Environment. **Atmosphere**, vol.11, n.826, 2020. <https://doi.org/10.3390/atmos11080826>

SCHRAIER, J.A. **Análise dos efeitos das partículas inaláveis (MP10 e MP2,5) na saúde da população de Curitiba/PR**. 127p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial). Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, 2022.

SCHRAUFNAGEL, D.E. The health effects of ultrafine particles. **Experimental and Molecular Medicine**, vol.52, n.3, p.311-317, 2020. <https://doi.org/10.1038/s12276-020-0403-3>

SENANAYAKE, I.P.; WELIVITIYA, W.; NADEEKA, P.M. Remote sensing-based analysis of urban heat islands with vegetation cover in Colombo city, Sri Lanka using Landsat-7 ETM+ data. **Urban Climate**, vol.5, p.19-35, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2013.07.004>

SHI, L., WU, X., DANESH YAZDI, M., BRAUN, D., ABU AWAD, Y., WEI, Y., LIU, P., DI, Q., WANG, Y., SCHWARTZ, J., DOMINICI, F., KIOUMOURTZOGLOU, M.-A., ZANOBETTI, A., Long-term effects of PM_{2.5} on neurological disorders in the American Medicare population: a longitudinal cohort study. **Lancet Planet Health**. 2020. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30227-8](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30227-8)

SPRAGUE NL, BANCALARI P, KARIM W, SIDDIQ S. Growing up green: a systematic review of the influence of greenspace on youth development and health outcomes. **Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology**. Vol.32, n.5, p.660-681, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41370-022-00445-6>

TRIVEDI, M.; DENTON, E. Asthma in children and adults—What are the differences and what can they tell us about asthma. **Frontiers in Pediatrics**, vol.7, p.1-15, 2019. <https://doi.org/10.3389/fped.2019.00256>

TWOHIG-BENNETT C, JONES A. The health benefits of the great outdoors: A systematic review and meta-analysis of greenspace exposure and health outcomes. **Environmental Research**. Vol.166, p.628-637, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.06.030>

VALASKI, S. **Estrutura e Dinâmica da Paisagem: Subsídios para a participação popular no desenvolvimento urbano do município de Curitiba – PR**. (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013, 144p.

VAN DEN BOSCH M, NIEUWENHUIJSEN M. No time to lose-Green the cities now. **Environment International**. Vol.99, p.343-350. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.11.025>

WAI, C.Y.; TARIQ, M.A.U.R.; MUTTIL, N. A Systematic Review on the Existing Research, Practices, and Prospects Regarding Urban Green Infrastructure for Thermal Comfort in a High-Density Urban Context. **Water** 2022, 14, 2496. <https://doi.org/10.3390/w14162496>

ZENG, J., LIN, G.; HUANG, G. Evaluation of the cost-effectiveness of Green Infrastructure in climate change scenarios using TOPSIS. **Urban Forestry & Urban Greening**. Volume 64, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127287>