

QUALIDADE DO AR E DESIGUALDADE SOCIAL NA CIDADE DO RECIFE – PERNAMBUCO - BRASIL

Air Quality and Social Inequality in the City of Recife - Pernambuco - Brazil

Calidad del Aire y Desigualdad Social en la Ciudad de Recife - Pernambuco - Brasil

BANDEIRA, E. M. N.¹; SILVA, C. E. M.²; PESSOA, M. A. S.³; SILVA, M. L.⁴; SANTOS, R.S.A⁵; FREITAS, M. C. V.⁶; BEZERRA, A. C. V.⁷

Resumo

A poluição atmosférica é um dos principais problemas ambientais globais. Os danos à saúde e ao ambiente afetam a imensa maioria das regiões e população no planeta. Porém ainda existe uma grande lacuna em termos de monitoramento em especial em regiões mais pobres do planeta. Este trabalho visou contribuir com o preenchimento da lacuna de monitoramento da qualidade do ar na cidade do Recife, no Nordeste do Brasil. Através do uso de sensores de baixo custo e do uso de geotecnologias. Os resultados iniciais demonstraram que nos 9 meses de monitoramento da qualidade do ar, a cidade do Recife apresentou índices de qualidade do ar ótimos. Porém alguns dias com índices de poluição moderado e alto, levantam a necessidade de atenção aos riscos de exposição de curto prazo ao PM_{2,5} e outros poluentes atmosféricos. Em especial durante festividades como as juninas quando a qualidade do ar na cidade chegou a níveis insalubres. Aliados aos dados espaciais, esse monitoramento inicial demonstrou potenciais evidências de uma desigualdade da exposição à poluição do ar na cidade do Recife. Esses dados ressaltaram a importância de um monitoramento da qualidade do ar em áreas diversas, ainda que utilizando sensores de baixo custo.

Palavras-chave: Injustiça Ambiental; Sensores de Baixo Custo; Poluição Atmosférica; PM_{2,5}.

¹ BANDEIRA, E. M. N - Elyenay Mikaelle Nascimento Bandeira. Graduada em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0560-4500>, naaybandeira@gmail.com

² SILVA, C. E. M. - Carlos Eduardo Menezes da Silva. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1156-156X>, carlosmenezes@recife.ifpe.edu.br

³ PESSOA, M. A. S. - Max Antônio da Silva Pessoa. Graduando em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6810-8069>, maxpessoa03@gmail.com

⁴ SILVA, M. L. - Michele de Lima e Silva. Graduada em Tecnologia em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8508-5350>, mls@discente.ifpe.edu.br

⁵ SANTOS, R. S. A - Rosane da Silva Avelino dos Santos. Gestora ambiental - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7249-1041>, rosaneavelino@gmail.com

⁶ FREITAS, M. C. V. - Maria Clara Vidal de Freitas. Graduada em Tecnologia em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7282-2556>, mcvf@discente.ifpe.edu.br

⁷ BEZERRA, A. C. V. - Anselmo César Vasconcelos Bezerra. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0722-9417>, anselmo@recife.ifpe.edu.br

COMO CITAR:

Bandeira, E. M. N.; Silva, C. E. M.; Pessoa, M. A. S.; Silva, M. L.; Santos, R. S. A.; Freitas, M. C. V.; Bezerra, A. C. V. QUALIDADE DO AR E DESIGUALDADE SOCIAL NA CIDADE DO RECIFE – PERNAMBUCO - BRASIL Engenharia Urbana Em Debate, 5(2). <https://doi.org/10.14244/engurbdebate.v5i2.148>

Data da Submissão:
13 de dezembro de 2024
Data da Aprovação:
16 de dezembro de 2024
Data da Publicação:
19 de dezembro de 2024



Abstract

Air pollution is one of the main global environmental problems. The damage to health and the environment affects the vast majority of regions and populations on the planet. However, there is still a large gap in terms of monitoring, especially in poorer regions of the planet. This work aimed to help fill the gap in air quality monitoring in the city of Recife, in the north-east of Brazil. Through the use of low-cost sensors and geotechnologies. The initial results showed that in the 9 months of air quality monitoring, the city of Recife had optimal air quality indices. However, some days with moderate and high pollution levels raise the need to pay attention to the risks of short-term exposure to PM_{2.5} and other atmospheric pollutants. Especially during festivities such as the June festivities, when the city's air quality reached unhealthy levels. Combined with spatial data, this initial monitoring showed potential evidence of unequal exposure to air pollution in the city of Recife. These data emphasise the importance of monitoring air quality in different areas, even if using low-cost sensors.

Keywords: Environmental Injustice; Low Cost Sensors; Air Pollution; PM 2.5.

Resumen

La contaminación atmosférica es uno de los principales problemas medioambientales mundiales. Los daños a la salud y al medio ambiente afectan a la gran mayoría de regiones y poblaciones del planeta. Sin embargo, aún existe un gran vacío en términos de vigilancia, especialmente en las regiones más pobres del planeta. Este trabajo pretendía contribuir a colmar esa laguna en la vigilancia de la calidad del aire en la ciudad de Recife, en el noreste de Brasil. Mediante el uso de sensores y geotecnologías de bajo coste. Los resultados iniciales mostraron que en los 9 meses de monitorización de la calidad del aire, la ciudad de Recife tuvo índices de calidad del aire óptimos. Sin embargo, algunos días con niveles de contaminación moderados y altos plantean la necesidad de prestar atención a los riesgos de exposición a corto plazo a las PM_{2,5} y otros contaminantes atmosféricos. Especialmente durante festividades como las de junio, cuando la calidad del aire de la ciudad alcanzó niveles insalubres. Combinado con datos espaciales, este seguimiento inicial mostró evidencias potenciales de una exposición desigual a la contaminación atmosférica en la ciudad de Recife. Estos datos subrayan la importancia de vigilar la calidad del aire en distintas zonas, aunque sea con sensores de bajo coste.

Palabras-clave: Injusticia medioambiental; sensores de bajo coste; contaminación atmosférica; PM 2,5.

1. Introdução

Os efeitos das mudanças climáticas têm sido cada vez mais sentidos nas diferentes esferas da sociedade. E as populações mais vulneráveis são as mais afetadas (Fernandes; Hacon; Novais, 2021). Considerando aspectos espaciais, as cidades concentram a maior parte dos problemas oriundos das transformações ambientais, e ao mesmo tempo funcionam como catalisadoras de poluentes pela densidade e mobilidade populacional (Braz; Longo, 2021).

Segundo relatórios da Organização Mundial da Saúde (OMS), praticamente toda a população global (99%) está exposta a condições de ar insalubre, com altas concentrações de partículas finas e dióxido de nitrogênio sendo inaladas. A poluição atmosférica é agora reconhecida como uma das principais preocupações ambientais para a saúde e o bem-estar da humanidade, ao lado das mudanças climáticas (WHO, 2022).

A Resolução Conama nº 506, de 05 de julho de 2024, define a poluição do ar como qualquer presença de matéria em quantidades,

concentrações, durações ou outras características que possam prejudicar a saúde humana, a fauna, a flora e os materiais. Ela estabelece limites para diversos poluentes, visando mitigar os impactos na saúde da população. Para monitorar a poluição atmosférica, as estações de qualidade do ar desempenham um papel crucial, permitindo a medição das concentrações de poluentes, a geração de dados sobre a qualidade do ar atual, à criação de históricos de dados e o apoio à formulação de políticas públicas para garantir a qualidade do ar (Vormittag *et al.*, 2021).

A relação entre poluição atmosférica e desigualdade social é um tema que vem sendo discutido na literatura acadêmica, evidenciando como as comunidades marginalizadas são desproporcionalmente afetadas por problemas ambientais. Estudos demonstram que as populações negras e latinas têm menos mobilidade e, portanto, são mais propensas a permanecer em áreas com altos níveis de poluição, independentemente de seus recursos socioeconômicos (Southerland, 2023; Liévanos,

2018). Essa situação é exacerbada por fatores como a qualidade da habitação, onde grupos de baixa renda frequentemente residem em imóveis mais antigos e menos eficientes em termos de isolamento, aumentando a exposição a poluentes internos e externos (Rosofsky *et al.*, 2018).

Além disso, os impactos na saúde não são apenas uma questão de exposição, mas também de vulnerabilidade, onde a capacidade de uma comunidade de lidar com os efeitos da poluição é diretamente influenciada por seu status socioeconômico (Scolio, 2024; DeMarco *et al.*, 2020). Por exemplo, pessoas em situação de rua enfrentam riscos ambientais significativos, exacerbados por sua falta de acesso a serviços de saúde e abrigo (DeMarco *et al.*, 2020).

De maneira complementar, o uso e ocupação do solo de maneira inadequada em áreas urbanas, tem sido associado a um aumento significativo na poluição do ar, uma vez que a urbanização descontrolada e a impermeabilização do solo contribuem para a concentração de poluentes atmosféricos (Vieira *et al.*, 2016; Vanzela *et al.*, 2010). Isso porque a urbanização, que frequentemente resulta na substituição de áreas verdes por construções e infraestrutura, não apenas aumenta a emissão de poluentes, mas também reduz a capacidade do ambiente de filtrar e purificar o ar (Filho & Tonetti, 2011).

Em função desses complexos desafios de sustentabilidade enfrentados pelas áreas urbanas, os gestores das cidades precisam de soluções criativas, especialmente ações que sejam econômicas e ofereçam múltiplos benefícios (Nesshover *et al.*, 2017). O desenvolvimento dessas soluções pode gerar informações para orientar a tomada de decisões e apoiar a proteção e o gerenciamento de ecossistemas naturais para garantir um fluxo sustentável contínuo de benefícios para as gerações atuais e futuras.

No caso da Cidade do Recife, esse contexto é mais desafiador, uma vez que a capital pernambucana é apontada como a 16ª cidade mais vulnerável aos impactos das mudanças climáticas no mundo (Santos Melo *et al.*, 2022). Soma-se a isso, o fato

de ser a capital mais desigual do Brasil (IBGE, 2020). Em síntese, as políticas de mitigação devem ao mesmo tempo olhar para os efeitos negativos das mudanças climáticas, sem perder de vista que os impactos também são refletidos a partir de diferentes cenários de desigualdades sociais. Assim, mapear a suscetibilidade, a vulnerabilidade socioespacial e os seus impactos é fundamental para que possamos identificar áreas prioritárias para intervenção e proposição de diretrizes de ocupação do espaço urbano.

Ressalta-se que apesar dos recentes investimentos na escala local em inventários de gases do efeito estufa (RECIFE, 2020), ainda não há diagnósticos produzidos sobre a produção de poluentes atmosféricos em contextos socioterritoriais diversificados no Recife.

Dessa forma esse trabalho se propõe realizar um primeiro diagnóstico da qualidade do ar na cidade do Recife, e estabelecer uma correlação inicial com condições socioeconômicas e ambientais potencialmente amplificadoras da vulnerabilidade à exposição à poluição por material particulado.

2. Materiais e Métodos

A primeira etapa do trabalho consistiu na realização de uma análise multicritério para identificação dos locais mais adequados para instalar estações de monitoramento da qualidade do ar em Recife. Para tanto, foram analisadas e integradas na classificação características como o IDHM, ocupação do solo e topografia, direção do vento e cobertura vegetal, e dados censitários analisados a nível de setores censitários da cidade. A partir das manchas de áreas prioritárias foram identificadas a presença de equipamentos públicos prioritários, como escolas, hospitais e COMPAZ, equipamentos públicos de prestação de serviços às comunidades.

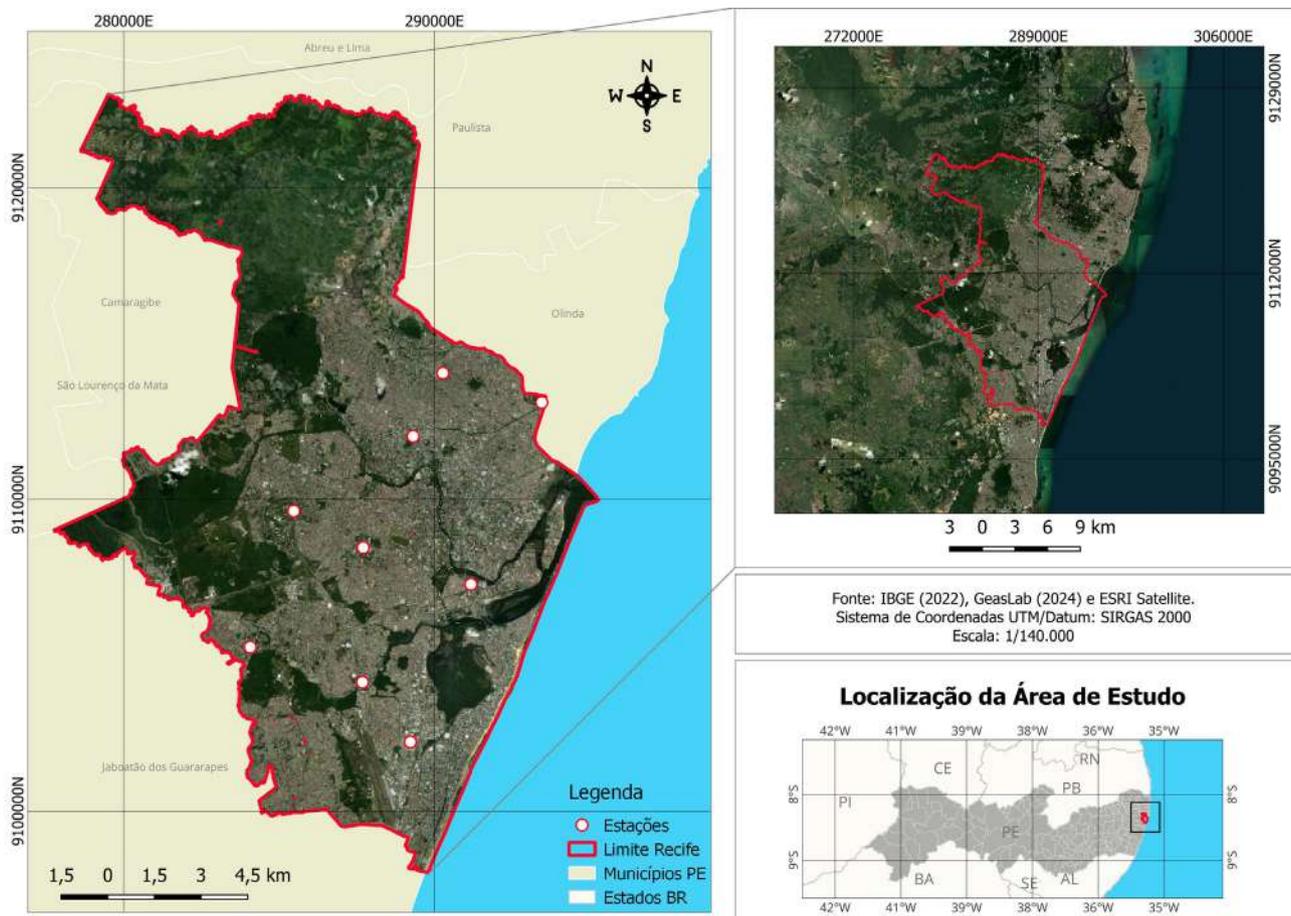
A partir dos resultados obtidos, estabelecemos um buffer raio de alcance de 500 metros ao redor de pontos específicos onde foram instaladas as estações. Esses pontos foram selecionados com base em unidades educacionais, de saúde e parques localizados em zonas de alta prioridade.

Além disso, esses locais possuem acesso à rede Wi-Fi e a infraestrutura necessária para a instalação dos dispositivos de monitoramento.

Com a definição dos pontos, foram instaladas nove estações de monitoramento da qualidade com sensores de CO₂, Material Particulado 2,5 e 10, temperatura, umidade e pressão. Os

equipamentos são classificados com sensores de baixo custo, da IqAir, instituição parceira da Agência das Nações Unidas para o Meio Ambiente - UNEP (Figura 1). Para este trabalho foram analisados inicialmente os dados apenas de Material Particulado 2,5 (PM_{2,5}). Considerado um dos principais poluentes atmosféricos globais.

Figura 1 – Localização das estações de monitoramento da qualidade do ar na cidade do Recife



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

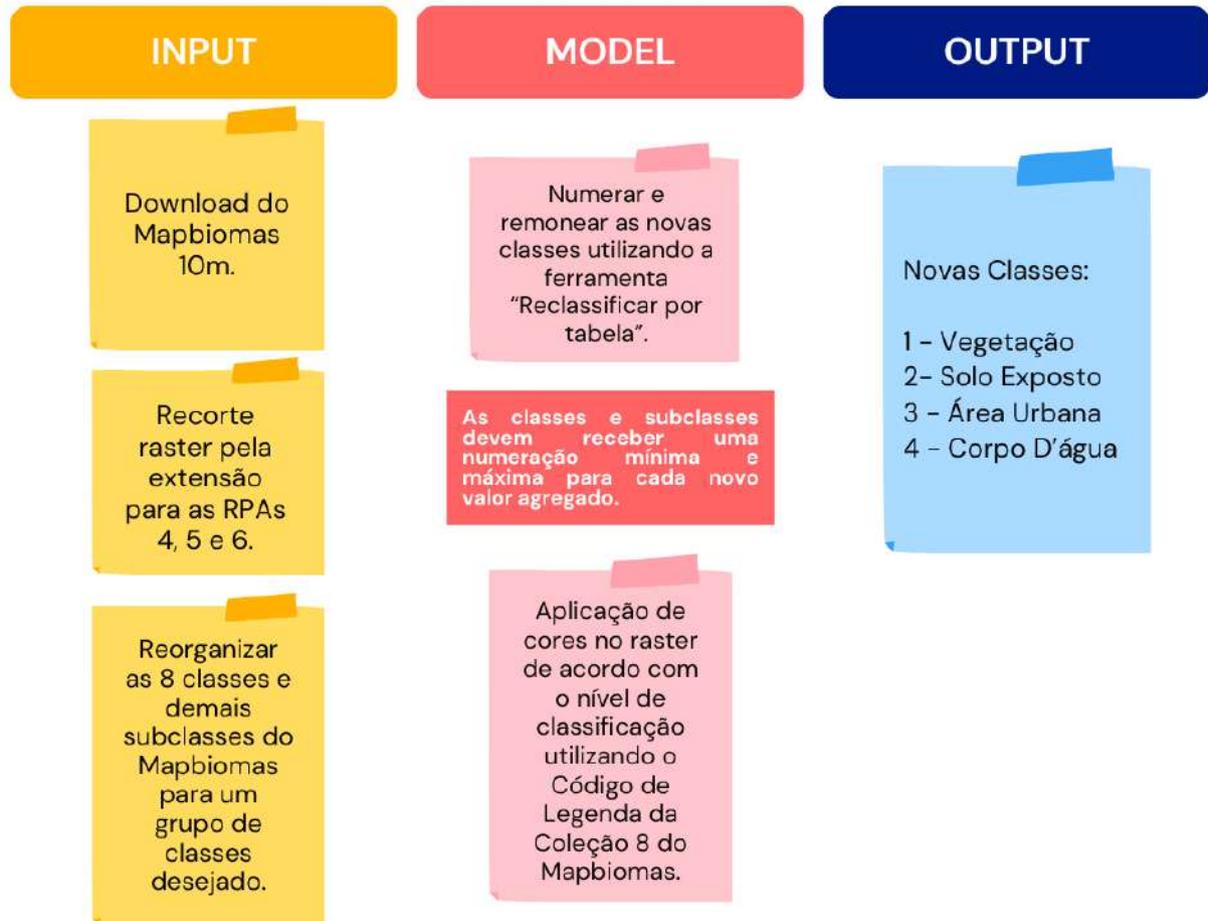
Para a análise das variáveis de entorno utilizadas foram consideradas: cobertura vegetal (captada através do Mapbiomas); indicadores socioeconômicos, tais como áreas de ZEIS, renda, acesso a bens públicos; e indicadores geoespaciais, como elevação e formas de relevo.

O processamento digital de Uso e Ocupação do Solo foi realizado com os dados do Mapbiomas 10 metros 2022 no software QGIS e posteriormente

no ArcGIS Pro. A plataforma de mapeamento do Mapbiomas é o resultado da colaboração entre a comunidade científica brasileira e uma parceria estabelecida com a plataforma Google Earth Engine, conforme relatado por Gorelick *et al.* (2017). Visto que a plataforma mais recente tem cerca de 29 classes mapeadas, foi necessário fazer uma reclassificação de raster para as classes de interesse (Figura 2).

Figura 2 – Metodologia de Reclassificação do Mapbiomas

Reclassificação do Mapbiomas



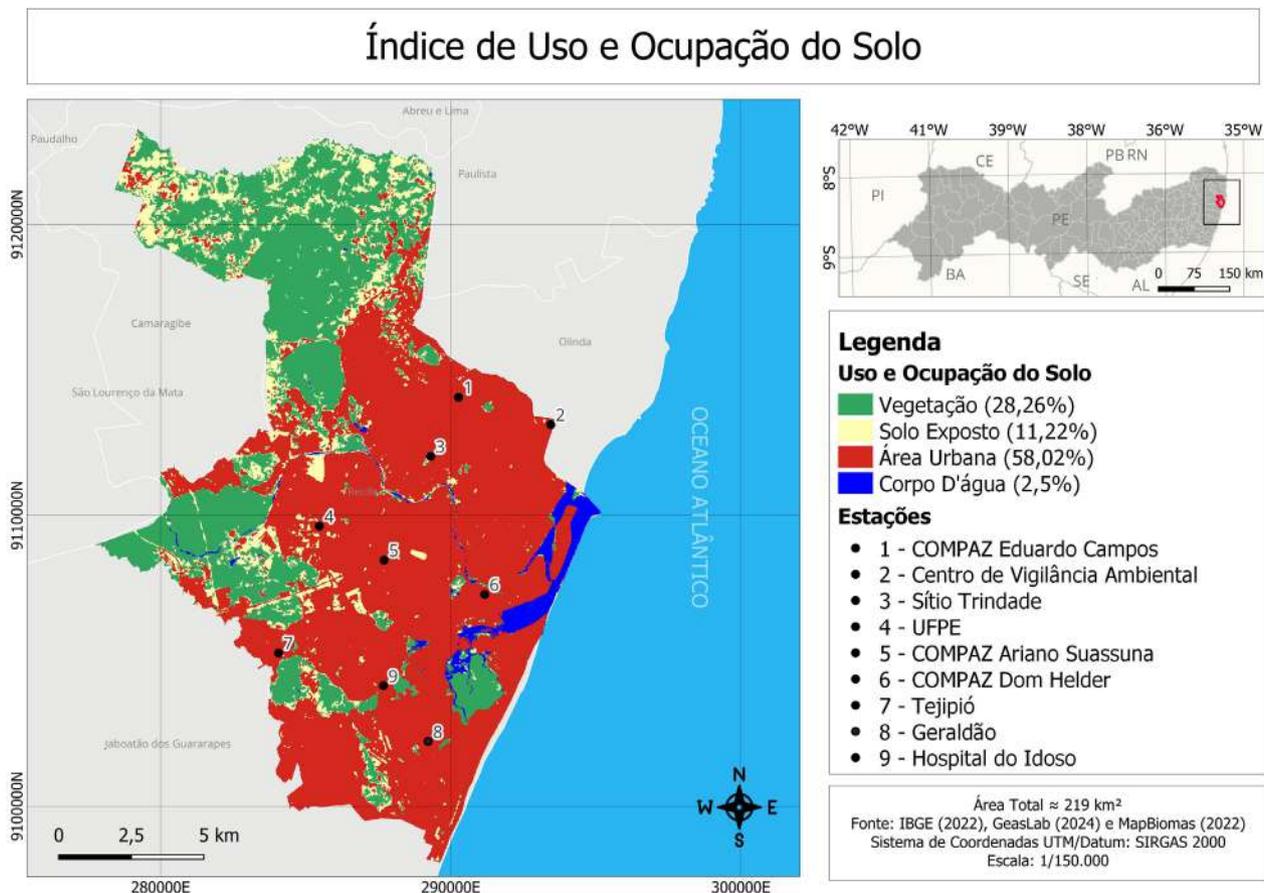
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Na etapa de análise da vulnerabilidade buscou-se compreender a contribuição das componentes da vulnerabilidade (exposição, sensibilidade e a capacidade de adaptação) no grau de vulnerabilidade socioespacial nas RPA's do município do Recife. A exposição foi analisada a partir dos resultados da relação dos dados coletados pelas microestações com as características geoambientais e geourbanas. A integração destes componentes foi feita em ambiente SIG, de acordo com o proposto por Moreira (2021).

3. Resultados e Discussões

A área de estudo representada pelas Regiões Político-Administrativas (RPA's) 1, 2, 3, 4, 5 e 6 da Cidade do Recife foram mapeadas em quatro classes: 1) Vegetação; 2) Solo Exposto; 3) Área Urbana; 4) Corpo D'água. Essas classes foram escolhidas para caracterizar e entender a paisagem, a fim de, principalmente, delimitar as áreas com maior e menor índice de cobertura vegetal (Figura 3) e (Tabela 1).

Figura 3 – Visualização do uso e ocupação do solo na cidade do Recife



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Tabela 1 – Percentual das classes de uso e ocupação por RPA

Nº Classe	Nome da Classe	RPA1 (%)	RPA2 (%)	RPA3 (%)	RPA4 (%)	RPA5 (%)	RPA6 (%)
1	Vegetação	2,38%	3,31%	48,58%	26,50%	14,52%	11,47%
2	Solo Exposto	1,53%	2,17%	19,09%	18,28%	15,21%	5,56%
3	Área Urbana	75,26%	94,52%	32,13%	53,61%	69,49%	76,81%
4	Corpo D'água	20,83%	0,00%	0,21%	1,61%	0,78%	6,16%

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A classe “Área Urbana” apresentou os maiores percentuais comparado às outras classes. A RPA2, por exemplo, tem quase 95%, enquanto a classe “Vegetação” tem um pouco mais de 3%. Essas constatações são relevantes, especialmente quando se considera que, segundo Moreira (2014), às mudanças climáticas locais podem ser influenciadas por uma série de fatores, incluindo a modificação da cobertura do solo e sua dinâmica, como a diminuição das áreas verdes e o aumento da impermeabilização do solo.

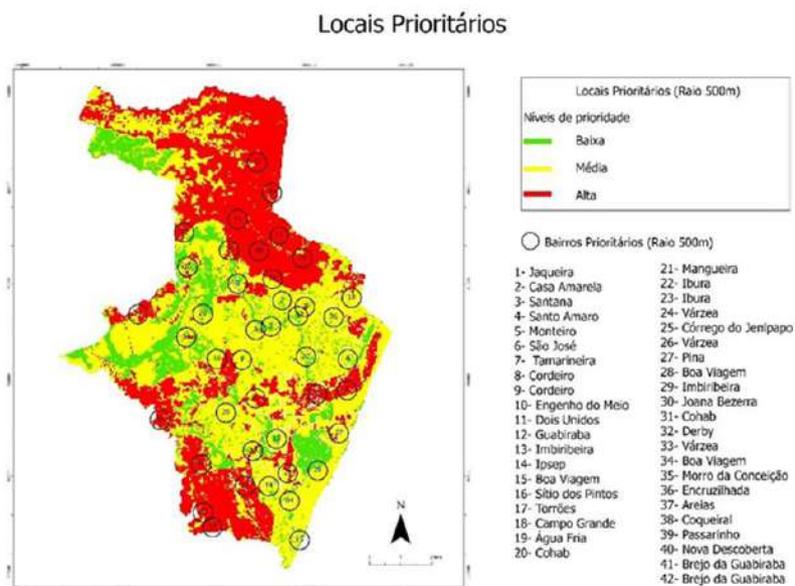
Em 2015, uma pesquisa conduzida por Silva, A.C. sobre o Uso e Ocupação da Terra na Cidade do Recife revelou que 55% do território estava ocupado por áreas construídas, enquanto aproximadamente 23% consistiam em cobertura vegetal. Estes achados são similares com os resultados do Mapbiomas (2022), os quais indicam uma área não vegetada de 56%, mantida estável desde 2015, e uma cobertura vegetal ligeiramente aumentada, agora totalizando 25%. Este aumento pode ser atribuído em parte à redução das áreas de agropecuária, como evidenciado pelo histórico dos pixels, onde houve ganhos de vegetação em “Solo Exposto” anteriormente classificados como agropecuária.

Os seguintes resultados revelaram áreas de alta prioridade nas Regiões Político Administrativas - RPAs 3 e 2, além de alguns bairros das RPAs 1 e

6. Nas áreas de média prioridade, foi encontrada uma distribuição mais abrangente em todas as RPAs. As áreas de baixa prioridade coincidem com regiões que apresentam características como áreas verdes, manguezais e bairros com alto índice de desenvolvimento humano (Figura 4).

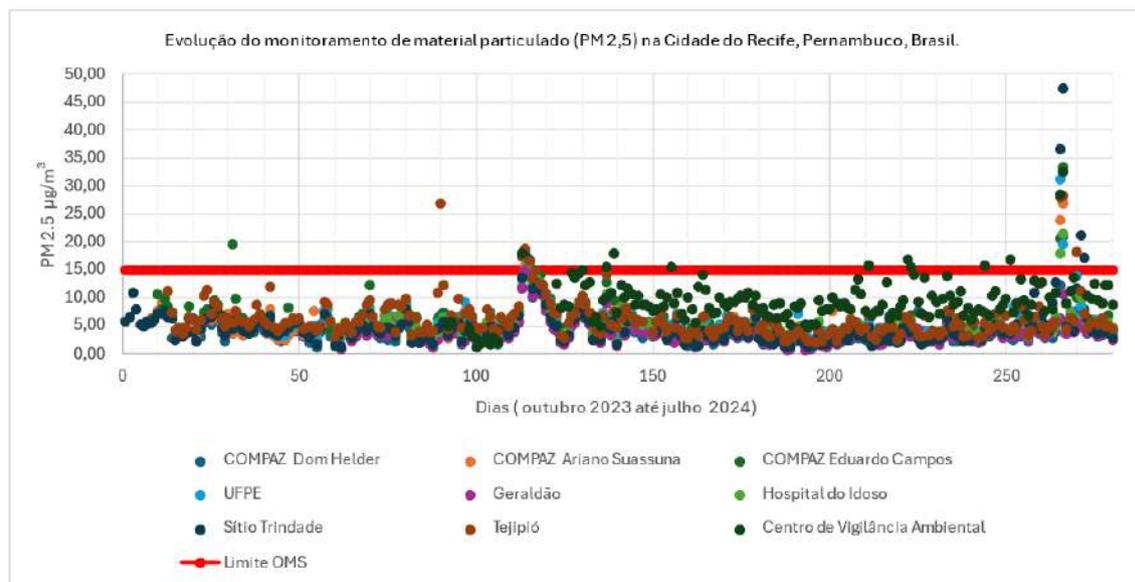
Ao analisar os registros de monitoramento da qualidade do ar, constatou-se que, na maior parte do tempo, os índices de material particulado (PM 2,5) ficam abaixo de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o que representa uma boa qualidade do ar para os padrões de ambiente urbano. Entretanto, registaram-se medições pontuais muito altas em diversos dias, o que faz a média diária de exposição ao PM 2,5 superar o limite recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que é de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 24 horas. Em alguns dias, há picos que excedem significativamente esse limite (Figura 27). Verificou-se que as localidades com médias diárias acima dos $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ com maior frequência foram: Centro de Vigilância Ambiental (CVA), Tejipió, Compaz Eduardo Campos e UFPE. As estações do Compaz Dom Helder e do Ginásio Geraldão registraram as menores taxas diárias de PM2,5. Além disso, houve um grande pico de registro de material particulado em todas as estações durante os dias de festejos de São João e São Pedro, respectivamente 23/07 e 29/07 de 2024 (Figura 5).

Figura 4 – Localização das áreas prioritárias para monitoramento da qualidade do ar



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Figura 5 – Dados de monitoramento de material particulado na cidade do Recife.

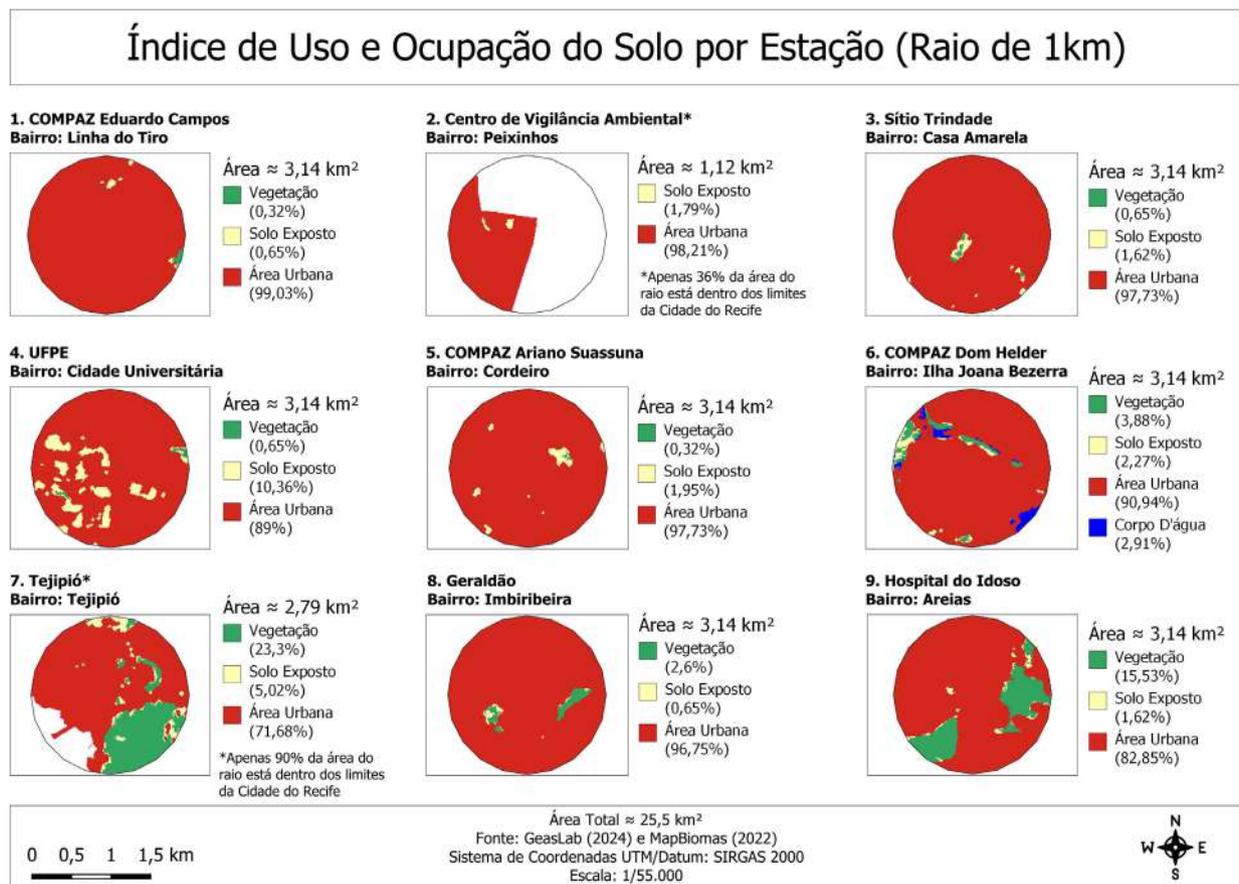


Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Na busca de correlacionar os dados de poluição atmosférica com potenciais elementos de vulnerabilidade foram levantados o uso e ocupação solo do entorno das regiões onde foram instaladas as estações de monitoramento.

Os resultados demonstraram que uma situação relativamente homogênea entre as diferentes regiões com o predomínio de áreas urbanizadas e poucas áreas verdes, ao menos no entorno imediato das estações (Figura 6).

Figura 6 – Levantamento de uso e ocupação do solo no entorno das estações de monitoramento



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

O primeiro aspecto que se destaca nos resultados é a relação entre as características socioeconômicas que definiram áreas mais ou menos prioritárias para medição da poluição e a presença de áreas verdes. Há uma grande dificuldade de equalizar o acesso e o uso das populações às áreas verdes, considerando que a distribuição desses espaços nas cidades não ocorre de forma homogênea (Wolch *et al.*, 2014; Maas *et al.*, 2006). Alguns estudos mostram que pessoas mais pobres e negras estão mais distantes e acessam menos esses espaços que pessoas mais ricas e brancas (Boone *et al.*, 2009; Dahmann *et al.*, 2010).

Esse cenário parece demonstrar as primeiras evidências de uma desigual exposição à poluição atmosférica na cidade do Recife. Isso porque a presença de áreas verdes tem sido associada a uma menor exposição a poluentes atmosféricos como o material particulado (PM_{2,5}) e a um menor número de registros de doenças associadas à poluição como asma, rinite e problemas vasculares (Cilluffo *et al.*, 2018; Nordeide Kuiper *et al.*, 2021; Son *et al.*, 2021).

E ainda que os dados tenham demonstrado uma qualidade do ar predominantemente ótima nas 9 estações, foi possível observar níveis de poluição moderado e às vezes até insalubre por algum tempo em várias das estações monitoradas. Esse aspecto é importante, pois mesmo a exposição durante curto prazo pode trazer danos à saúde humana. Há evidências relatando a relação entre a exposição de curto prazo a PM_{2,5} e problemas respiratórios, cardiovasculares entre outros, em especial para pessoas mais sensíveis e vulneráveis (Garshick, 2014; Int Panis *et al.*, 2017; López *et al.*, 2024).

Por fim, nos chamou muita atenção as medições das estações durante os dias de festejos juninos. Sabe-se que o Nordeste brasileiro ainda cultiva a tradição das fogueiras, mesmo em grandes centros urbanos, como o Recife. Mas, infelizmente essa tradição eleva a quantidade de material particulado e outros poluentes a níveis preocupantes. Nas medições do dia 23 de junho, todas as estações que estavam em funcionamento com acesso a

internet apresentaram níveis de qualidade do ar que chegaram à situação insalubre ou muito insalubre durante algumas horas entre as 19h e as 03h da manhã.

Essa situação é análoga a outras situações já registradas em outras localidades, onde eventos pontuais festivos aumentam consideravelmente a emissão de PM_{2,5} e outros poluentes atmosféricos (Rodríguez-Trejo *et al.*, 2024). O que leva a necessária discussão sobre a adequação desses festejos em uma realidade de crescente poluição atmosférica.

4. Conclusões

Os resultados das medições das estações de monitoramento ambiental na cidade do Recife durante os nove meses analisados, demonstraram uma qualidade do ar predominantemente ótima em toda a cidade.

Ainda assim, foi possível observar a frequência de momentos de poluição por Material Particulado 2,5 que excedem as recomendações da Organização Mundial da Saúde. Essa situação acende um alerta para o potencial risco à saúde da população da cidade.

Além disso, esse primeiro estudo, caracterizando a qualidade do ar na cidade, apresenta os primeiros indícios de uma desigual exposição a essa poluição. A situação de uso e ocupação do solo com menor percentual de áreas verdes em áreas periféricas associadas a uma frequência de exposição ainda que de curto prazo a níveis mais acentuados de PM_{2,5} podem demonstrar que a população mais pobre e periférica está mais exposta e vulnerável aos efeitos desse poluente atmosférico.

Porém, se faz necessário o acompanhamento dessas medições por um período mais longo de tempo, além do levantamento de dados sobre a situação de saúde das populações dessas áreas para que sejam possíveis análises mais acuradas. Além disso, os tomadores de decisão seriam beneficiados com o investimento em equipamentos

mais robustos para medição da qualidade do ar.

Ainda assim é possível afirmar que os sensores de baixo custo aqui utilizados cumpriram de forma exemplar a função de apresentar um panorama da qualidade do ar na cidade de forma detalhada em áreas com diferentes condições socioambientais.

E com isso podemos afirmar que apesar da qualidade do ar predominantemente excelente, a cidade do Recife apresenta indícios de uma desigualdade e injustiça ambiental no que diz respeito à exposição e vulnerabilidade à poluição atmosférica. E com isso demonstra-se a importância do uso de sensores de baixo custo para medição da qualidade do ar como instrumento de produção de informações e ajuda na tomada de decisão.

6. Referências Bibliográficas

AMORIM, M.C.C.T. 2005. Ilhas de calor em Birigui/SP. *Revista Brasileira de Climatologia*, 1, 1, 119-150.

ARAÚJO, N. C. Análise do uso das unidades de conservação da cidade do Recife como espaço de educação não formal. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.

AZEVEDO, S.; RIBEIRO, L. C. de Q. Relatório 2019. Mapa da motorização individual no Brasil, UFRJ, 26 set. 2019. Disponível em: https://www.observatoriodasmetropoles.net.br/wpcontent/uploads/2019/09/mapa_moto2019v2.pdf. Acesso em: 14 ago. 2024.

BRANDER, M.; WAGTENDONK, A. L. J.; HUSSAIN, S.; MCVITTIE, A.; VERBURG, P. H.; DE GROOT, R. S.; VAN DER PLOEG, S. Ecosystem service values for mangroves in Southeast Asia: A meta-analysis and value transfer application. *Ecosystem Services*, v. 1, n. 1, 62–69, 2012.

BRASIL. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 506, de 05 de julho de 2024. Estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e fornece diretrizes para sua aplicação. Disponível em: [<https://www.in.gov.br/en/](https://www.in.gov.br/en/)

[web/dou/-/resolucao-n-506-de-5-de-julho-de-2024-570885907](https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-506-de-5-de-julho-de-2024-570885907)>.

BRASIL. Resolução n. 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar (2018). Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: 07 de mar. 2024.

BRAZ, S. N.; LONGO, R. M. Qualidade ambiental das cidades: uso de bioindicadores para avaliação da poluição atmosférica. *Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares*, v. 2, p. 1–21, 2021.

DA SILVA, A. C. et al. Mudanças do uso e ocupação da terra a partir da expansão urbana e as influências climáticas sobre a morfodinâmica no município do Recife/PE entre 1975 e 2015. *Revista Cerrados (Unimontes)*, v. 13, n. 1, p. 33-49, 2015.

DEMARCO et al. Air Pollution-Related Health Impacts on Individuals Experiencing Homelessness: Environmental Justice and Health Vulnerability in Salt Lake County, Utah. *International journal of environmental research and public health* (2020) doi:10.3390/ijerph17228413.

FERNANDES, T.; HACON, S. D. S.; NOVAIS, J. W. Z. Mudanças Climáticas, Poluição Do Ar E Repercussões Na Saúde Humana: Revisão Sistemática. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 28, n. 1, p. 138–164, 2021.

FILHO & TONETTI, 2011. Qualidade Ambiental Nas Paisagens Urbanizadas. *Revista geografar* (2011) doi:10.5380/geografar.v6i1.21802.

GOMES, J. H. et al. Ocupação em Área de Risco de Deslizamentos no Córrego do Jenipapo, Recife, Pernambuco. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 3, p. 524-539, 2012.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 2017.

IBGE, I. B. D. G. E. E. Síntese de Indicadores

Sociais: Uma análise das condições de vida da população brasileira 2020. Estudos e ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

LIÉVANOS. Retooling CalEnviroScreen: Cumulative Pollution Burden and Race-Based Environmental Health Vulnerabilities in California. *International journal of environmental research and public health* (2018) doi:10.3390/ijerph15040762.

MAPBIOMAS. Brasil. Projeto MapBiomass (2022). Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>.

MORAES, F. M. de; M. G. V. G. M. Planejamento urbano e participação popular: a experiência do plano de ação integrada de investimentos para a ZEIS Ilha de Deus, Recife–Pernambuco. Regimes Urbanos e Governança Metropolitana (Encontro Nacional da Rede Observatório das Metrôpoles) Natal/RN-Brasil, 29 a 31 de março de 2017, 2017.

MOREIRA, E. B. M. Balanço De Energia E Evapotranspiração Na Cidade Do Recife-Pe Por Sensoriamento Remoto. [s.l.] Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, 2014.

NESSHÖVER, C. et al. The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. *Science of the Total Environment*, v. 579, p. 1215–1227, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.106>>.

NÓBREGA, R. S.; DE BAKKER VITAL, Luis Augusto. Influência da urbanização sobre o microclima de Recife e formação de Ilha de Calor (Influence of urbanization on the climate of Recife and development of Heat Island). *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 3, n. 3, p. 151-156, 2010.

ROSOFSKY et al. Temporal trends in air pollution exposure inequality in Massachusetts. *Environmental research* (2018) doi:10.1016/j.envres.2017.10.028.

SANTOS, M. I. et al. Adaptação aos impactos das mudanças climáticas na perspectiva do plano diretor da cidade do Recife. *Revista Brasileira de*

Estudos Urbanos e Regionais, v. 23, p. 1–23, 2022.

SCOLIO. Spatial Analysis of Intra-Urban Air Pollution Disparities through an Environmental Justice Lens: A Case Study of Philadelphia, PA. *Atmosphere* (2024) doi:10.3390/atmos15070755.

SILVA, A. G. A. G. Análise de alternativas para a otimização do transporte público na Avenida Recife. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso.

SOUTHERLAND. Temporal trends in sociodemographic composition and land development within U.S. fence-line communities surrounding hazardous industrial facilities: 2001–2019. *Environmental research letters* (2023) doi:10.1088/1748-9326/ad0136.

TOVAR, C. S. et al. A percepção da qualidade do ar, da poluição dos córregos e rios, e da influência destas sobre a saúde, pelos residentes da Comunidade Carlos Chagas, no bairro de Manguinhos, RJ. 2016. Tese de Doutorado.

VANZELA et al. (2010). Vanzela et al. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental* (2010) doi:10.1590/s1415-43662010000100008.

VIEIRA et al. (2016) Vieira et al. "MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA SUB-BACIA DO CÓRREGO DO SAPÉ (2016) doi:10.5151/engpro-eneeamb2016-ma-004-4953.

VORMITAG, E. da M. P. A. de A., CIRQUEIRA, S. S. R., Wicher Neto, H., & Saldiva, P. H. N. (2021). Análise do monitoramento da qualidade do ar no Brasil. *Estudos Avançados*, 35(102), 7–30. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35102.002>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2022). Global Health Observatory. World health statistics 2022: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals (Global Health Observatory, Org.).