



**GEOGRAFÍA Y EDUCACIÓN: REFLEXIONES Y  
EXPERIENCIAS PARA UN ENTORNO SOSTENIBLE**

**Óscar Jerez García**

(Ed.)

**DYKINSON EBOOK**



Excmo. Ayuntamiento  
de Ciudad Real



**Geografía y Educación: reflexiones y experiencias para  
un entorno sostenible**

Óscar Jerez García  
(Ed.)

*Dykinson, S.L.*

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (art. 270 y siguientes del Código Penal).

Diríjase a Cedro (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puede contactar con Cedro a través de la web [www.conlicencia.com](http://www.conlicencia.com) o por teléfono en el 917021970/932720407

©Copyright by los autores

Madrid, 2024

Editorial Dykinson no se responsabiliza de las opiniones expresadas en esta obra, que son responsabilidad exclusiva de sus autores.

Gracias a los Convenios específicos de colaboración entre la UCLM y los Ayuntamientos de Ciudad Real; Alcázar de San Juan; Puertollano; Moral, Villamayor de Calatrava, Miguelturra; Moral de Calatrava; Luciana para la realización del seminario-concurso formativo “Nosotros Proponemos, Ciudadanía, Sostenibilidad e Innovación en la educación”. Con Ciudad Real (220412CMC); Alcázar de San Juan (CONV190290 Y 230108UCTR); Puertollano (230080CONV); Villamayor de Calatrava (240049UCTR), Miguelturra (200026UCTR); Moral de Calatrava (220332UCTR). Y al proyecto de transferencia e innovación educativa de la Universidad de Castilla-La Mancha: “Regeneración urbana participativa next generation en las ciudades medias españolas: aprendizaje del servicio y participación ciudadana” del grupo de investigación Multiedu. Investigación e Innovación Educativa Ref. 2022-GRIN-34264 (2022-25)

Editorial DYKINSON, S.L.

Meléndez Valdés, 61 - 28015 Madrid

Teléfono (+34) 915442846 - (+34) 915442869

e-mail: [info@dykinson.com](mailto:info@dykinson.com)

<http://www.dykinson.es>

<http://www.dykinson.com>

ISBN: 978-84-1070-777-1

DOI: <https://doi.org/10.14679/3664>

# ÍNDICE

PRÓLOGO .....	11
OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E EDUCAÇÃO GEOGRÁFICA: UMA ANÁLISE A PARTIR DE PREOCUPAÇÕES TERRITORIAIS DE ALUNOS PORTUGUESES .....	13
<i>Ricardo Coscurão/Francisco Buzaglo</i>	
LA GEO INTELIGENCIA ARTIFICIAL (GEOIA) COMO UNA HERRAMIENTA DE PARTICIPACIÓN E INNOVACIÓN EN EL AULA: EL ALCÁZAR REAL, UN ESTUDIO DE CASO EN EL ESPACIO URBANO DE CIUDAD REAL .....	23
<i>Carlos Javier Martínez Santiago/Adrián Navas Berbel</i>	
RECICLAJE INTELIGENTE: MÁQUINAS REVERSE VENDING COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN CÓRDOBA .....	35
<i>Miguel González-Mohíno/M. Isabel Sánchez-Rodríguez/Julia M. Núñez-Tabales/Angelo Puccia</i>	
LAS ILUSTRACIONES EN EL ÁMBITO EDUCATIVO: UNA EVALUACIÓN PRÁCTICA SOBRE EL USO DE BIBLIOTECAS DIGITALES EN LAS AULAS....	49
<i>Sheila Arroyo Rodríguez-Peral</i>	
PATRIMONIO Y SOSTENIBILIDAD EN EL BARRIO DE LAVAPIÉS (MADRID) A TRAVÉS DE LA CARTOGRAFÍA PARTICIPATIVA .....	59
<i>David García-Reyes/Marta Gallardo</i>	
PRODUCIR, GESTIONARY COMPARTIR DATOS GEORREFERENCIADOS: RECURSOS Y TENDENCIAS ACTUALES PARA PROYECTOS DE CIENCIA CIUDADANA.....	71
<i>Jesús Francisco Santos Santos</i>	
LA FOTOGRAMETRÍA EN 3D CON DRONES PARA SU USO EN EL AULA, DE FORMA RÁPIDA Y SENCILLA .....	85
<i>Juan Martín Martín</i>	

EL POTENCIAL DE LAS PLANTAS EN LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD: INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA.....97

*Cristina Rodríguez Domenech*

CIÊNCIA CIDADÃ E LETRAMENTO CLIMÁTICO COMO SUBSÍDIO PARA REDUÇÃO DAS INJUSTIÇAS AMBIENTAIS .....111

*Anselmo César Vasconcelos Bezerra/Carlos Eduardo Menezes da Silva/Luiz Felipe Oliveira de Lira/Maria Clara Vidal de Freitas/Michele de Lima Silva/Elyenay Nascimento Bandeira/Cristiana Coutinho Duarte*

PLANTANDO CARA AL FUEGO: PARTICIPACIÓN CIUDADANA EN INCENDIOS FORESTALES MEDIANTE METODOLOGÍA EDUCATIVA APRENDIZAJE-SERVICIO.....127

*Daniel Moya/Beatriz Cobo-Sánchez/Pablo Souza-Alonso/Beatriz Omil/Agustín Merino*

LA DOCENCIA DE LA GEOGRAFÍA Y EL ROL DE LAS TIC. DEBILIDADES Y PROPUESTAS.....139

*Elvira Villalobos Jiménez/Aida Pinos Navarrete/Juan Carlos Maroto Martos*

EL ITINERARIO INTERPRETADO COMO HERRAMIENTA DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA. EL CASO DEL PLAN DE ACCIÓN DEL PAISAJE DE MARKINA-XEMEIN. ....151

*Pedro José Lozano-Valencia/María Cristina Díaz-Sanz/Rakel Varela-Ona*

INTEGRACIÓN DE COMPETENCIAS GEOESPACIALES EN LA ENSEÑANZA DEL PATRIMONIO A TRAVÉS DE GOOGLE MY MAPS: UN ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE ESTUDIANTES DE GEOGRAFÍA Y DE TURISMO.....165

*Miquel Àngel Coll-Ramis/Matias Reus-Pons/Josep Fortesa-Bernat/Joan Estrany Bertos*

PROPUESTA DE INNOVACIÓN EDUCATIVA INTEGRAL EN GEOGRAFÍA: DESPOBLACIÓN RURAL IBÉRICA, HERRAMIENTAS DIGITALES, ALFABETIZACIÓN MEDIÁTICA Y SUSTENTABILIDAD PARA EL CAMBIO SOCIO-TERRITORIAL.....179

*Jesús Moreno Arriba*

TECNOLOGÍAS CARTOGRÁFICAS EN EDUCACIÓN: UN ANÁLISIS INTEGRAL DE LA POTENCIALIDAD DE LAS HERRAMIENTAS GEOGRÁFICAS EN LAS COMPETENCIAS FORMATIVAS DEL ALUMNADO.....193

*Juan Francisco Sortino Barrionuevo/Hugo Castro Noblejas*

ANÁLISIS DESCRIPTIVO SOBRE LA APLICACIÓN DE LA ROBÓTICA EN ALUMNADO AUTISTA PARA LA MEJORA DE LAS HABILIDADES SOCIALES.....205

*Gonzalo Lorenzo Lledó/Eliseo Andreu Cabrera/Asunción Lledó Carreres/  
Alejandro Lorenzo Lledó/Elena Pérez Vázquez/Alba Gilabert Cerdá/Isabel  
Gómez Barreto/María Terea Bejarano Franco*

PRESERVAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO (PENC) .....217

*Mariana Carvalho de Oliveira/Haymê Coelho dos Reis/Mônica Alves  
Pereira/Vitor Gabriel Oliveira da Silva/Jhenyfer Alves Barbosa*

PERSPECTIVAS GEOGRÁFICAS SOBRE CIDADANIA, EDUCAÇÃO POPULAR E ECONOMIA SOLIDÁRIA NA AMAZÔNIA OCIDENTAL BRASILEIRA.....229

*Raiane Florentino*

APLICACIÓN DE LA AGENDA 2030 EN EL AULA: POTENCIAL DIDÁCTICO DE LAS RUTAS E ITINERARIOS DIDÁCTICOS EN LAS ESCUELAS Y EN EL TERRITORIO. EL POTENCIAL DE LA GEOGRAFÍA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD Y EL PATRIMONIO TERRITORIAL EN LOS CIUDADANOS DEL SIGLO XXI.....237

*Adrián Navas Berbel /Celia García Jiménez*

FOMENTAR LA IMPLICACIÓN DEL ALUMNADO DE LA ASIGNATURA DE BIOGEOGRAFÍA PARA LLEVAR A CABO ESTRATEGIAS DE SENSIBILIZACIÓN DE LA CIUDADANÍA ANTE LOS NUEVOS RETOS DE LA EHUAGENDA 2030 .....253

*Pedro José Lozano-Valencia/María Cristina Díaz-Sanz/Rakel Varela-Ona*

EN LA PIEL, ESCAMAS Y PLUMAS DE OTROS SERES VIVOS. EL JUEGO DE SIMULACIÓN PARA TRABAJAR LA SOSTENIBILIDAD EN LA ESO .....267

*Carlota López-Fernández/Jose Amorós Martínez/Esther Paños*

ITINERARIOS ESCOLARES COMO PROMOTORES DE UNA MOVILIDAD SALUDABLE, SOSTENIBLE Y SEGURA EN ALUMNADO DE EDUCACIÓN PRIMARIA: PERCEPCIONES SOBRE EL ENTORNO DE LOS CENTROS EDUCATIVOS.....283

*José Perboide Delicado/Antonio Morcillo-Martínez/Cristina Honrubia-Montesinos/Pedro Gil-Madrona*

LAS SMART CITIES COMO RESPUESTA AL CAMBIO GLOBAL .....297

*Debora Scala/María del Carmen Cañizares Ruiz/M<sup>a</sup> Ángeles Rodríguez Domenech*

NUESTRA HUELLA ECOLÓGICA. LA ECONOMÍA LINEAL DE LOS MATERIALES.....309

*María Delgado Martín*

O ENDIVIDAMENTO FAMILIAR EM TERESINA NA PERSPECTIVA DE SOLUÇÃO DO CONFLITO.....321

*Raimundo Lenilde de Araújo/Willame Carvalho e Silva*

ALGO MÁS QUE RUTAS, UN EJEMPLO DE INVESTIGACIÓN ACCIÓN PARTICIPATIVA PARA APLICAR LOS ODS.....327

*M<sup>a</sup> Jesús Benlloch Sanchis/Carmen Carmona Rodríguez*

ANÁLISIS EPISTEMOLÓGICO, ONTOLÓGICO Y AXIOLÓGICO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN UNIVERSIDADES DE MÉXICO.....341

*Moisés Herrera Villegas/Pascual Linares Márquez/Ana María Fidalgo de las Heras*

LA CONSERVACIÓN DEL SUELO COMO ELEMENTO INTERDISCIPLINAR EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA .....353

*Mario Menjibar-Romero/José Antonio Sillero-Medina/Paloma Hueso-González*

PERCEPCIÓN, CONOCIMIENTO Y ACTITUDES SOBRE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS EN EDUCACIÓN PRIMARIA EN CONTEXTOS MIGRANTES..363

*Alberto Pantoja Bonilla/Sonia Ortega Camacho/Gema Sánchez Emeterio*

EL PROYECTO DE CENTRO. PRIMER PASO PARA LA INCLUSIÓN REAL EN LOS CENTROS EDUCATIVOS.....	373
<i>Isabel García Molina</i>	
CIENCIA CIUDADANA INCLUSIVA PARA EL DESARROLLO DE LA CULTURA CIENTÍFICA Y LA ALFABETIZACIÓN EN BIODIVERSIDAD .....	385
<i>Tamara Murillo Jiménez/Cristina Quesada Cruz/Antonio J. Carpio Camargo</i>	
EL USO DE LAS TIC EN LA FORMACIÓN SOBRE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y SOSTENIBILIDAD.....	401
<i>Alfonso Pontes-Pedrajas/Ángel Pontes-García</i>	
PERFIL DE USUARIOS E COMERCIANTES DE DROGAS EM TERESINA- PIAÚÍ .....	417
<i>Raimundo Lenilde de Araújo/Willame Carvalho e Silva</i>	
UN PLANTEAMIENTO TEÓRICO PARA EXPLICAR LA SOBREEXPOSICIÓN DE LOS NIÑOS A LAS REDES SOCIALES E INFLUENCERS .....	423
<i>Julia M. Núñez-Tabales/Miguel González-Mohino/Angelo Puccia/M<sup>a</sup> Isabel Sánchez-Rodríguez</i>	
RETOS EDUCATIVOS EN EL HORIZONTE 2030 .....	439
<i>Margarita Moreno Molina</i>	
SOMOS CONCEJALES – NUESTRAS NORMAS.....	449
<i>Chloe Maddon/Raquel Valtierra Arévalo/Luna López Díaz/Antonio Córdoba García/Laura Díaz Vázquez</i>	
Anexos .....	461

# CIÊNCIA CIDADÃ E LETRAMENTO CLIMÁTICO COMO SUBSÍDIO PARA REDUÇÃO DAS INJUSTIÇAS AMBIENTAIS

**Anselmo César Vasconcelos Bezerra**

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco*

**Carlos Eduardo Menezes da Silva**

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco*

**Luiz Felipe Oliveira de Lira**

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco*

**Maria Clara Vidal de Freitas**

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco*

**Michele de Lima Silva**

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco*

**Elyenay Nascimento Bandeira**

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco*

**Cristiana Coutinho Duarte**

*Universidade Federal de Pernambuco*

DOI: <https://doi.org/10.14679/3673>

## **Introdução**

Atualmente, as mudanças climáticas e a poluição atmosférica representam dois dos principais desafios ambientais e de saúde pública vivenciados pelas cidades do mundo (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2022). Esse cenário de crise climática e ambiental vem causando profundos impactos em vários locais, com alterações nos padrões de temperatura, pluviosidade e qualidade do ar, além do aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos (Nobre et al., 2016).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), 99% da população vive em locais onde os níveis de qualidade do ar ultrapassam os valores seguros apresentados em suas diretrizes (Organização Pan-Americana de Saúde [OPAS], 2022). Dessa forma, a poluição atmosférica se destaca como uma diversidade de impactos negativos à saúde humana, como câncer pulmonar, doenças do sistema cardiovascular, confusão mental, comprometimento da coordenação motora, entre outros (Ministério da Saúde, 2021).

Adicionalmente, os desafios enfrentados no cenário do desenvolvimento urbano, entrelaçados com a degradação ambiental e os desastres naturais, tais como inundações e deslizamentos, são potencializados pela alteração da qualidade do ar, interferindo diretamente e indiretamente na qualidade de vida e no bem-estar das populações (Pegorin, Theisen, 2019).

No entanto, essas alterações e impactos não são sentidos de forma homogênea na sociedade. Estudos revelam que as populações mais vulneráveis, geralmente residentes em áreas periféricas e de menor poder aquisitivo, tendem a ser desproporcionalmente afetadas (Westenberger, Funari, 2024). Compreender essa dinâmica complexa, que engloba fatores climáticos, ambientais e socioeconômicos, é crucial para desenvolver soluções transformadoras e eficazes (Machado, 2019). Essas soluções devem visar não apenas a adaptação às mudanças climáticas, mas também a redução das desigualdades sociais e a promoção da resiliência das comunidades vulneráveis.

No caso da Cidade do Recife, localizada no Nordeste brasileiro, a questão da desigualdade socioambiental é bastante expressiva. A cidade é considerada a segunda capital mais desigual do país (Instituição Brasileira de Geografia e Estatística [IBGE], 2020) e a 16ª cidade mais vulnerável no mundo aos efeitos adversos das mudanças climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2018). Somase a isso, a ausência de dados de monitoramento de emissões atmosféricas e dados desagregados de variáveis meteorológicas que poderiam auxiliar na execução e construção de políticas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

Por isso, gerar dados é uma condição premente para subsidiar ações possíveis no campo da educação e da política. Através de diagnósticos locais, é possível construir propostas multidisciplinares de ações. Como o uso de estações de monitoramento climático e de poluição atmosférica possui um alto custo e dificuldades de operação

(Castell et al., 2017), as estações que utilizam sensores de baixo custo têm sido amplamente utilizadas no mundo para fins de geração de dados e informações para o público em geral e os tomadores de decisão (Karagulian et al., 2019).

A partir da publicidade dos dados, torna-se papel dos investigadores auxiliar na elucidação de problemáticas ainda não respondidas. Por exemplo, a distribuição de poluentes atmosféricos se dá de maneira desigual no ambiente urbano? Populações mais vulneráveis tendem a sofrer mais os efeitos de exposição à poluição e a temperaturas mais adversas? Essas respostas podem e devem ser buscadas em parceria com os atores governamentais e não governamentais, o que inclui comunidades atingidas pelos impactos negativos desses fenômenos.

Nessa perspectiva, o letramento climático e a ciência cidadã emergem como instrumentos promissores frente às problemáticas socioambientais (Cabral; Martins, 2021; Coltri; Zizzo, 2022). Ao promover o engajamento e a participação ativa de diferentes atores sociais, essas ações podem contribuir para ampliar a compreensão dos fenômenos climáticos, bem como fomentar o desenvolvimento de soluções adaptadas a realidades específicas entre diferentes públicos (Gomes et al., 2024).

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo apresentar como se deu o processo de criação de parcerias para discussão conjunta de problemas relacionados à poluição atmosférica e mudanças climáticas na cidade do Recife, Nordeste do Brasil. Além disso, apresentar um diagnóstico de indicadores de qualidade do ar e outras variáveis climáticas que possam servir de subsídios a políticas públicas locais, bem como a geração de informações para o público em geral, que serão compartilhadas e usadas em oficinas comunitárias de letramento climático a partir da perspectiva da ciência cidadã, envolvendo atores da academia, do poder público e das comunidades.

Os resultados preenchem uma lacuna do conhecimento, que é a ausência de dados dessa natureza na escala local num contexto extremamente adverso de mudanças ambientais cada vez mais aceleradas. Além disso, objetiva promover a difusão do conhecimento da problemática com jovens protagonistas das comunidades mais vulneráveis afetadas.

## 1. Metodologia

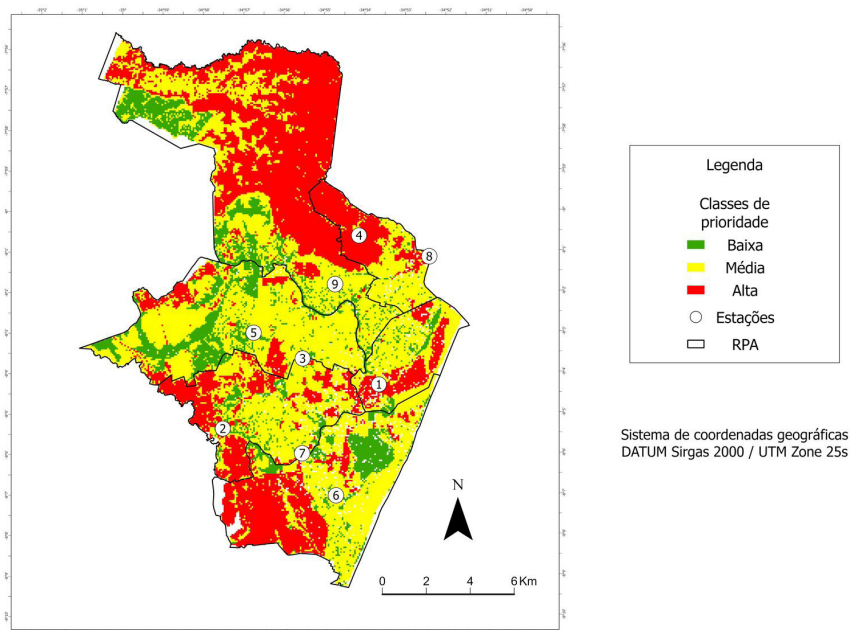
A cidade do Recife possui uma população aproximada de 1,5 milhão de habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2023). Uma marca desta metrópole é a desigualdade social presente nos distintos territórios. Como reflexo dessa situação, acumulam-se também iniquidades no campo da saúde. Por exemplo, um grave problema refere-se à histórica precariedade das infraestruturas urbanas, especialmente nas áreas de habitação e saneamento, que causam um impacto significativo na qualidade de vida da população (Bitoun, 2003). Ratificando essa ideia, diversos estudos sobre a cidade têm revelado que impactos à saúde da população, especialmente originados a partir de questões socioambientais, possuem um efeito mais expressivo em populações de baixa renda, residentes em áreas de interesse social (Anjos et al., 2020; Bitoun et al., 2020; Souza et al., 2018).

Nos últimos anos, a cidade tem investido esforços no sentido de políticas para adaptação e mitigação às mudanças climáticas, como a realização de inventários de gases do efeito estufa, expansão de ciclovias, arborização urbana, ampliação de parques urbanos, estações de monitoramento para alerta de inundações e alagamentos etc. Todavia, a cidade está entre as capitais nacionais com os piores indicadores de desempenho no trânsito de veículos automotivos, especialmente transporte público (Moovit, 2023), o que contribui de maneira significativa para emissão de poluentes atmosféricos.

Nesse contexto, foram instaladas nove estações de monitoramento da qualidade do ar e variáveis climáticas em áreas com diferentes características socioambientais da cidade (áreas mais e menos arborizadas, áreas mais e menos adensadas, áreas com maior e menor fluxo de veículos automotores, áreas com população de maior e menor renda). As áreas foram eleitas a partir de uma análise multicritério que levou em consideração as características descritas anteriormente (Mendes et al., 2024) (Figura 1). Foram priorizados equipamentos públicos municipais (parques, escolas, unidades de saúde e centros comunitários), definidos em comum acordo com a prefeitura do Recife. A definição dos locais teve como pré-requisito a existência de rede *wi-fi* para transmissão dos dados e aspectos de segurança para evitar danos ou furtos aos equipamentos. As variáveis medidas serão coletadas e

enviadas a um serviço na nuvem para disponibilização das informações em tempo real e com acesso público.

**Figura 1.** Distribuição das estações de monitoramento na Cidade do Recife, a partir de análise multicritério que definiu áreas de alta, média e baixa prioridade para o monitoramento.



O modelo das estações utilizadas para as medições foi o IQAir (Air Visual Outdoor), que mede os parâmetros: PM<sub>2,5</sub>; PM<sub>10</sub>; temperatura, umidade e CO<sub>2</sub> (Figura 2). Esse equipamento já é utilizado em várias partes do mundo para monitoramento ambiental (Horender et al., 2021; Nkosi; Sepadi, 2023). As estações IQAir, consideradas de baixo custo, também são usadas em programas de monitoramento da qualidade do ar incentivados pela Organização das Nações Unidas (ONU), o que atesta a confiabilidade dos dados gerados.

*Figura 2. Estação de monitoramento da qualidade do ar e variáveis climáticas instalada no Compaz Dom Helder, área central da Cidade do Recife, 2024.*



Para análise dos dados, foi utilizada a própria plataforma da IQAir. Essa plataforma recebe os dados e os publica em forma de gráficos, figuras e/ou tabelas. Além disso, os dados foram extraídos da plataforma, à qual os pesquisadores têm acesso, importando-os em formato .csv para organização e tratamento no software Excel. Após isso, foram gerados gráficos e tabelas para facilitar a análise e divulgação dos resultados através de uma linguagem simples e objetiva que possa ser compreensível para todos os públicos.

De posse dos dados, discutiu-se a construção de oficinas de letramento climático e ciência cidadã, com o público alvo de jovens moradores das comunidades do entorno de onde as estações estão instaladas. Os eixos a serem trabalhados foram pensados a partir da realidade local, inspirados em trabalhos que abordam a temática e outros que promoveram ações de educação neste sentido (Azevedo; Marques, 2017; Claudino et al., 2019; Oziewicz, 2023).

## 2. Resultados e discussão

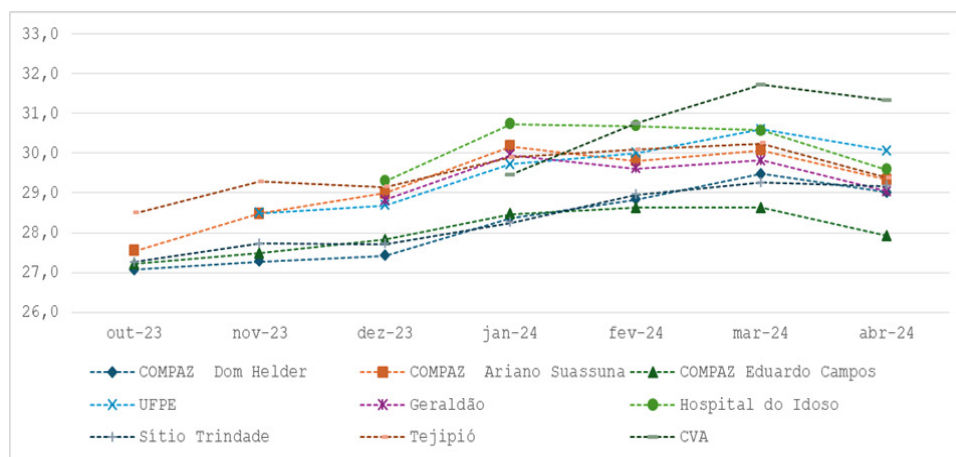
A execução de um projeto dessa natureza depende, antes de tudo, de uma articulação entre os investigadores, que representam a instituição de ensino, pesquisa e extensão, e a gestão municipal, que agrega os interesses da coletividade frente aos problemas públicos. Dessa forma, o primeiro passo exitoso aconteceu a partir do momento em que o projeto foi apresentado aos gestores das Secretarias Municipais de Infraestrutura (SEINFRA) e Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação (SEDECTI). A SEINFRA, interessada nos dados que estão sendo gerados da cidade, e a SEDECTI, que realiza as parcerias entre a academia e a gestão governamental sobre os temas de interesse público.

Após uma rodada de apresentações do projeto ao setor público, foi decidido, em comum acordo, os locais mais viáveis para a instalação das estações de monitoramento, respeitando o estudo prévio da análise multicritério (Mendes et al., 2024) e a existência de infraestrutura para abrigar os equipamentos, especialmente as condições de internet, segurança e eletricidade. Assim, chegou-se à ideia de utilizar as sedes dos Centros Comunitários de Paz (COMPAZ), porque além de possuírem as condições logísticas de instalação e funcionamento das estações, os espaços estão situados em áreas mais vulneráveis do ponto de vista social e ambiental, mas também possuem uma gama de atividades de cunho educacional voltadas para inclusão social e empoderamento comunitário, premissas importantes para o desenvolvimento da educação cidadã (Claudino et al., 2019).

Após sete meses de monitoramento, observou-se que entre os parâmetros monitorados, a temperatura é o que apresenta as maiores variações entre as diferentes zonas da cidade, com amplitude térmica variando um pouco mais de três graus Celsius entre as estações que apresentaram a maior (CVA: 31,7°) e a menor média (Compaz Eduardo Campos: 27,2°), respectivamente. Com os dados, é possível verificar diferenças significativas de temperatura em diferentes bairros da cidade; entretanto, não há um padrão nesse comportamento. As temperaturas mais quentes foram registradas em uma das áreas mais adensadas, pobres e com significativo fluxo de veículos. Já os registros de temperaturas mais amenas foram associados a estações situadas em locais de maior altitude e com melhor arborização, excetuando-se a estação localizada no Campus da Universidade Federal de Pernambuco, que, apesar

de ser uma área com bastante vegetação, apresentou a segunda média mais alta de temperatura (Figura 3).

**Figura 3.** Evolução das médias de temperaturas registradas pelas estações de monitoramento no Recife, Pernambuco, Brasil.

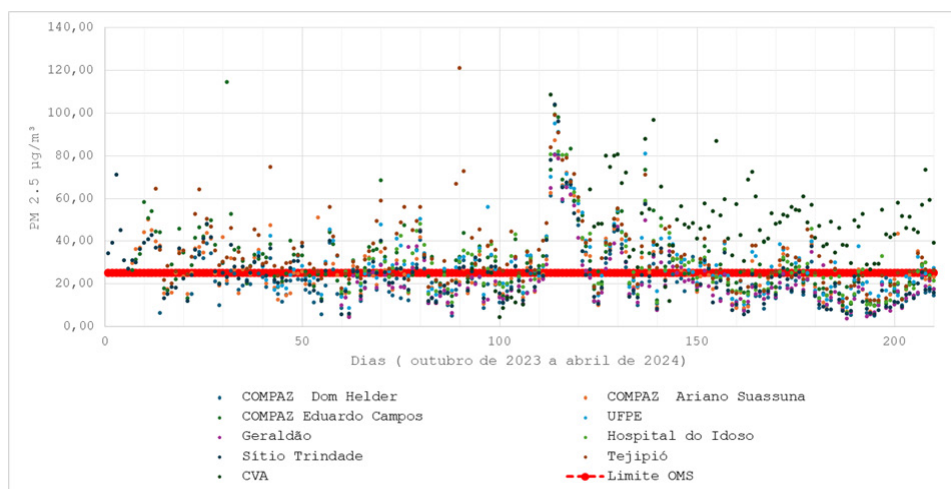


A literatura nos apresenta dados um pouco divergentes desses. Estudos sobre conforto térmico na cidade do Recife evidenciaram que áreas mais a leste e urbanizadas apresentam maiores temperaturas que áreas mais a oeste e menos adensadas (Santos et al., 2017). Na mesma direção, as ilhas de calor na cidade estão associadas às áreas mais adensadas e verticalizadas na porção mais central do território (Moreira et al., 2023). Isso nos faz questionar se as estações de monitoramento utilizadas captam temperaturas numa escala tão refinada que os dados não são passíveis de extrapolação, ou se os diferentes períodos do ano de monitoramento interferem nos valores de medições para efeito de comparação. Portanto, é necessário mais tempo de monitoramento para análises mais robustas e comparativas.

Em relação aos outros parâmetros, especialmente o material particulado (PM<sub>2,5</sub>), que é utilizado como indicador de poluição atmosférica por seu efeito nocivo à saúde da população, foi verificada variações significativas quanto à exposição a esses poluentes em diferentes áreas da cidade. De forma geral, ao longo do período monitorado, a qualidade do ar tem se mostrado boa na maior parte do tempo; entretanto, conseguimos visualizar muitas medições diárias com alguns picos acima do que preconiza a Organização Mundial da Saúde (OMS), que é de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  durante 24 horas (Figura 4).

Verificou-se que as estações que registraram médias diárias acima dos 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  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 PM 2,5. Esses dados mostram que a exposição ao PM 2,5 é bastante diversificada na cidade, com predomínio de locais com os maiores registros situados em áreas mais periféricas, em detrimento de áreas centrais. Isso não quer dizer que as áreas mais centrais estejam livres de poluentes, afinal nem todos os poluentes são detectados pelo modelo das estações instaladas para esse projeto, e mesmo assim, pequenas concentrações de PM 2,5 ao longo do dia também podem ser nocivas. Outros fatores, como pavimentação, poeira e outros materiais particulados, também influenciam bastante nesse tipo de monitoramento.

**Figura 4.** Evolução do monitoramento de material particulado (PM 2,5) na Cidade do Recife, Pernambuco, Brasil.



A poluição por material particulado afeta diretamente a população exposta, provocando mortes prematuras e o aumento da incidência de doenças pulmonares e cardiovasculares, além de ser um fator de risco para alguns problemas de saúde, como a anemia falciforme, partos prematuros e baixo peso ao nascer (Dapper; Spohr, Zanini, 2016; Sant'Anna et al., 2021). Salienta-se que os efeitos causados ao meio ambiente e à população não se restringem apenas ao contexto local, uma vez que os poluentes atmosféricos deslocam-se na atmosfera, atingindo populações distantes do ponto de origem da emissão (Leite et al., 2011).

Dessa forma, sabe-se que a distribuição dos efeitos nocivos da poluição atmosférica também pode atingir diferentes grupos populacionais. Áreas mais adensadas, menos arborizadas e com maior fluxo de veículos automotivos tendem a ser mais poluídas do que áreas menos adensadas, mais verdes e com menor circulação de veículos (Martins et al., 2021; Nieuwenhuijsen, 2012). Contudo, para se investigar de forma efetiva os efeitos adversos da poluição atmosférica é necessário monitorá-la, porém no Brasil ainda há muito a ser implementado nesta direção (Villard et al., 2011; Vormittag et al., 2021).

No caso estudado, como não havia nenhum tipo de monitoramento de poluentes atmosféricos, nem uma série histórica sobre isso, fica difícil realizar algum tipo de inferência de causalidade. Entretanto, os dados iniciais nos mostram que apesar de variações pequenas, em algumas localidades da cidade, as estações captam níveis de material particulado acima dos níveis recomendados pela OMS, o que implica em riscos à saúde da população. Estudos complementares serão possíveis de serem realizados a partir da geração dos dados atuais, que podem ser correlacionados com outros indicadores ambientais, socioeconômicos e de saúde.

Assim, com base nos resultados iniciais de monitoramento, foram pensadas oficinas de letramento climático e ciência cidadã para o público jovem residente nas proximidades de onde as estações estão instaladas. Essas oficinas estão programadas para ocorrer nas dependências de equipamentos públicos municipais e estão organizadas nos seguintes tópicos: i) O que nós conhecemos sobre a poluição atmosférica e a mudança do clima? ii) Quais os impactos do clima e da poluição atmosférica na nossa comunidade? É possível monitorar dados climáticos e de poluição atmosférica pelo celular? Quando devemos nos preocupar quanto aos níveis de poluição atmosférica e ondas de calor? A poluição atmosférica e a temperatura se distribuem de forma diferente em nossa cidade?

A ideia das oficinas é gerar empoderamento e engajamento juvenil no que diz respeito aos temas abordados, uma vez que agora é possível realizar a discussão a partir dos dados concretos das localidades, e não apenas discutir aspectos teóricos e/ou numa escala mais ampliada da realidade. Outro destaque refere-se a participação de jovens estudantes e investigadores na facilitação das oficinas, isso ajuda na linguagem utilizada e reforça o protagonismo juvenil na discussão da problemática local. Além

disso, os participantes serão instigados a pensar de forma coletiva estratégias de mitigação e adaptação às problemáticas abordadas no contexto local.

### 3. Conclusão

Para fazer valer as práticas da ciência cidadã e ações de letramento climático, foi necessário, antes de tudo, conhecer os problemas locais com os quais estamos lidando. No caso da cidade do Recife, não existiam dados que pudessem subsidiar qualquer proposta sobre o tema da distribuição da poluição atmosférica em diferentes partes da cidade, nem dos níveis de temperatura em distintos contextos urbanos. Assim, foi necessário construir esse diagnóstico, para a partir dele, propor ações em conjunto com os atores comunitários.

Esse primeiro passo só foi possível porque houve êxito na parceria com a Prefeitura da Cidade do Recife, que não apenas apoiou o projeto, mas também articulou com diferentes secretarias de governo a participação de atores no suporte logístico das ações de instalação das estações de monitoramento e na preparação da fase de difusão das informações. Houve interesse mútuo na execução do projeto. Do lado do poder público, foi importante ter acesso aos dados gerados, uma vez que os dados são importantes para tomada de decisão e elaboração de políticas públicas. Pelo lado da instituição de pesquisa, a parceria tornou possível a escolha dos melhores locais para instalação dos equipamentos, além da infraestrutura necessária para isso, e também a disponibilidade para envolver atores comunitários na segunda fase do projeto.

Atualmente, a cidade conta com a disponibilidade de dados sobre variáveis climáticas e poluentes atmosféricos em tempo real, que podem ser acessados por qualquer cidadão através do sítio: <https://www.iqair.com/brazil/pernambuco/recife>. Os dados gerados a partir das estações possuem um grau de confiabilidade maior do que os dados replicados em painéis de mídia distribuídos pela cidade, uma vez que as nove estações espalhadas permitem obter dados em escala local, em detrimento aos dados gerados a partir de modelos globais gerados a partir de imagens de satélite.

Não menos importante, os resultados parciais do projeto geraram o interesse do Governo do Estado de Pernambuco, através da Agência Estadual de Meio Ambiente, para replicar a experiência em diferentes municípios do Estado, de forma a constituir

uma rede de monitoramento de variáveis climáticas e poluentes atmosféricos utilizando estações com sensores de baixo custo, que podem gerar resultados imediatos que sirvam de subsídios para políticas ambientais com vistas à redução das desigualdades no que se refere à exposição aos diferentes graus de poluição atmosférica.

## Bibliografia

- Achselrad, H., Herculano, S., & Padua, J. A. (Orgs.). (2004). *Justiça Ambiental e Cidadania*. Rio de Janeiro: Relume Dumará.
- Almeida, A. C., & Carvalho, T. M. (2023). Ciência cidadã: Participação e engajamento de comunidades locais na produção de conhecimento científico. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 57, 159-177.
- Anjos, R. S., Pereira, F. F., Alves, D. S., Souza, L. G., & Santos, F. P. (2020). Exploring local and global regression models to estimate the spatial variability of Zika and Chikungunya cases in Recife, Brazil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 53, e20200027.
- Azevedo, J., & Marques, M. (2017). Climate literacy: A systematic review and model integration. *International Journal of Global Warming*, 12(3-4), 414-430.
- Bitoun, J. (2004). Impactos socioambientais e desigualdade social: Vivências diferenciadas frente à mediocridade das condições de infra-estrutura da cidade brasileira: O exemplo do Recife. In F. Mendonça (Org.), *Impactos Socioambientais Urbanos* (pp. 255-269). Curitiba: EdUFPR.
- Bitoun, J., da Silva, C. E., & Santos, R. L. (2020). Novo coronavírus, velhas desigualdades: Distribuição dos casos, óbitos e letalidade por SRAG decorrentes da Covid-19 na cidade do Recife. *Confins. Revue Franco-Brésilienne de Géographie/Revista Franco-Brasileira de Geografia*, 48.
- Castell, N., Dauge, F. R., Schneider, P., Vogt, M., Lerner, U., Fishbain, B., Broday, D., & Bartonova, A. (2017). Can commercial low-cost sensor platforms contribute to air quality monitoring and exposure estimates? *Environment International*, 99, 293-302.
- Claudino, S., Câmara, A. C., Sande, E., & Nagro, M. H. (2019). *Geografia, Educação e Cidadania*. Centro de Estudos Geográficos, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa.
- Dapper, S. N., Spohr, C., & Zanini, R. R. (2016). Poluição do ar como fator de risco para a saúde: Uma revisão sistemática no estado de São Paulo. *Estudos Avançados*, 30(86).

- Gomes, M. F., & Pires, L. M. M. (2024). Mudanças climáticas e vulnerabilidade social: Estratégias de adaptação em comunidades costeiras do Nordeste Brasileiro. *REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA*, 15(1), 56-71.
- Horender, S., Leith, D., Kim, S., & Godri Pollitt, K. J. (2021). Traceable PM2.5 and PM10 calibration of low-cost sensors with ambient-like aerosols generated in the laboratory. *Applied Sciences*, 11(19), 9014.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2020). *Síntese de Indicadores Sociais: Uma análise das condições de vida da população brasileira 2020*. Rio de Janeiro: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2023). *Censo Demográfico 2022: População e domicílios: Primeiros resultados*. Rio de Janeiro: IBGE.
- IPCC. (2018). *Summary for Policymakers approved at the First Joint Session of Working Groups I, II and III of the IPCC and accepted by the 48th Session of the IPCC, Incheon*. Global Warming of 1.5 °C. Republic of Korea.
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Karagulian, F., Barbieri, M., Kotsev, A., Spinelle, L., Gerboles, M., Lagler, F., ... & Borowiak, A. (2019). Review of the performance of low-cost sensors for air quality monitoring. *Atmosphere*, 10(9), 506.
- Leite, R. C. M., Rezende, A. C. M., & Pereira, G. R. (2011). Utilização de regressão logística simples na verificação da qualidade do ar atmosférico de Uberlândia. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 16(1).
- Mendes, T., Silva, G. M., Freitas, F. P., & Albuquerque, R. R. (2024). Análise multicritério como suporte para estabelecimento de rede de monitoramento da qualidade do ar na cidade do Recife-PE. *Revista Contexto Geográfico*, 9(18), 302-316.
- Ministério da Saúde. (2021). *Poluição atmosférica na ótica do Sistema Único de Saúde: Vigilância em Saúde Ambiental e Qualidade do Ar*. Recuperado de [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/poluicao\\_atmosferica\\_SUS\\_saude\\_ambiental.pdf](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/poluicao_atmosferica_SUS_saude_ambiental.pdf)
- Miranda Martins, D. G., & de Souza Cabral, E. H. (2021). Panorama dos principais estudos sobre ciência cidadã. *ForScience*, 9(2), e01030-e01030.
- Moovit. (2023, 01 de agosto). *Moovit apresenta relatório sobre transporte público em 2022* [Comunicado de imprensa]. Recuperado de <https://moovit.com/pt/press-releases/moovit-apresenta-relatorio-sobre-transporte-publico-em-2022/>
- Moreira, A. B., Duarte, C. C., & Matzarakis, A. (2023). A review of urban heat studies in Recife—PE (Brazil): Urban heat scales, landscape inequalities and future perspectives. *Atmosphere*, 14(11), 1596.
- Nieuwenhuijsen, M. J., Dadvand, P., Ramirez, J., & Sunyer, J. (2012). Socioeconomic status and exposure to multiple environmental pollutants during pregnancy: Evidence for environmental inequity? *J Epidemiol Community Health*, 66(2), 106-113.

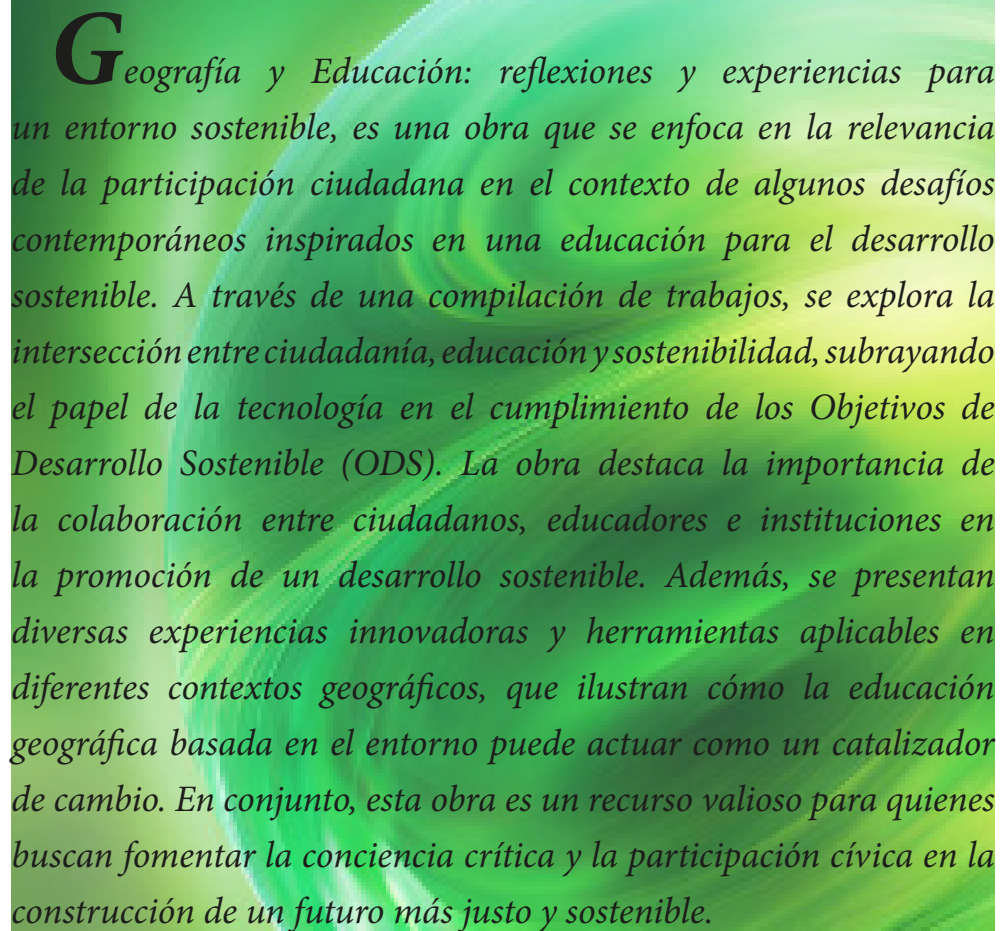
- Nobre, C. A., Marengo, J. A., & Seluchi, M. E. (2016). Some characteristics and impacts of the drought and water crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. *Journal of Water Resource and Protection*, 8(2), 252.
- Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). (2022). *Novos dados da OMS revelam que bilhões de pessoas ainda respiram ar insalubre*. Recuperado de <https://www.paho.org/pt/noticias/4-4-2022-novos-dados-da-oms-revelam-que-bilhoes-pessoas-ainda-respiram-ar-insalubre>
- Oziewicz, M. (2023). What is climate literacy? *Climate Literacy in Education*, 1(1), 34-38.
- Pegorin, M. C., & Theisen, M. C. (2019). Planejamento urbano e adaptação às mudanças climáticas: Revisão de literatura no contexto de cidades resilientes. Recuperado de <file:///C:/Users/Educa%C3%A7%C3%A3o/Downloads/CIDADESRESILIENTES-PEGORINETHEISEN.pdf>
- Rodríguez-Domenech, M.A. (2022). El papel de la Geografía en la Enseñanza de los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Aprendizaje a través competencias geográficas. En Olcina, J. y Morote, A. (Coord). *La enseñanza de la Geografía en el siglo XXI. Retos, recursos y propuestas docentes ante los nuevos desafíos globales*. Pp. 63-76. 2022. Universidad de Alicante.
- Rodríguez-Domenech, M.Á. (2022). Medium-Sized Cities Facing the Demographic Challenge in Spain's Low-Density Regions through Citizen Participation Projects. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 5303. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095303>
- Sant'Anna, A., Mendes, T., & Silva, G. M. (2021). O estado da qualidade do ar no Brasil. *WRI Brasil, Working Paper*. Recuperado de [https://wribrasil.org.br/sites/default/files/wri-o-estado-da\\_qualidade-do-ar-no-brasil.pdf](https://wribrasil.org.br/sites/default/files/wri-o-estado-da_qualidade-do-ar-no-brasil.pdf)
- Santos, P. F. C., Silva, F. R., & Bezerra, P. S. (2017). Conforto térmico e diferentes tipos de tempo meteorológico na cidade do Recife (PE). *ENTRE-LUGAR*, 8(16), 12-31.
- Sepadi, M. M., & Nkosi, V. (2023). Personal PM2.5 exposure monitoring of informal cooking vendors at indoor and outdoor markets in Johannesburg, South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 2465.
- Souza, A. I., Albuquerque, M. F. P. M., Vazquez, E., & Bezerra, L. C. (2018). Geography of microcephaly in the zika era: A study of newborn distribution and socio-environmental indicators in Recife, Brazil, 2015-2016. *Public Health Reports*, 133(4), 461-471.
- Villardí, J. W. R., Braga, A. L. F., & Romero, F. C. (2011). Vigilância em saúde ambiental de populações expostas à poluição atmosférica no Brasil: Um modelo em construção. *Cadernos de Saúde Coletiva*, 19(4), 467-472.
- Vormittag, E. D. M. P. A. de A., Pupo, E., & Nazareno, R. (2021). Análise do monitoramento da qualidade do ar no Brasil. *Estudos Avançados*, 35(102), 7-30.

Westenberger, L. H., & Funari, A. P. (2024). Meio ambiente e a (re)produção das desigualdades sociais nas metrópoles brasileiras. Recuperado de [https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/13470/1/50anos\\_Cap14.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/13470/1/50anos_Cap14.pdf)

Zeppo, L. V., & Coltri, P. P. (2022). Educação em mudanças climáticas no contexto brasileiro: Uma revisão integrada. *Terra e Didática*, 18.

## **Agradecimentos**

Agradecemos ao financiamento recebido pela Fundação de Apoio a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) através do APQ 1759.9-25/22. A Prefeitura da Cidade do Recife, através da Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação por todo suporte logístico. Ao CNPq pela concessão de bolsas de iniciação. Ao Instituto Federal de Pernambuco pelo suporte financeiro através do BPQ n. 43.2023 e das bolsas de iniciação científica.



**G**eografía y Educación: reflexiones y experiencias para un entorno sostenible, es una obra que se enfoca en la relevancia de la participación ciudadana en el contexto de algunos desafíos contemporáneos inspirados en una educación para el desarrollo sostenible. A través de una compilación de trabajos, se explora la intersección entre ciudadanía, educación y sostenibilidad, subrayando el papel de la tecnología en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). La obra destaca la importancia de la colaboración entre ciudadanos, educadores e instituciones en la promoción de un desarrollo sostenible. Además, se presentan diversas experiencias innovadoras y herramientas aplicables en diferentes contextos geográficos, que ilustran cómo la educación geográfica basada en el entorno puede actuar como un catalizador de cambio. En conjunto, esta obra es un recurso valioso para quienes buscan fomentar la conciencia crítica y la participación cívica en la construcción de un futuro más justo y sostenible.