



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e seu uso no estudo da saúde humana: uma revisão de escopo

Josiane de Brito Gomes dos Santos¹, Sandra de Souza Hacon², Sandra Mara Alves da Silva Neves³

¹Doutoranda em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Centro de Pesquisa de Limnologia, Biodiversidade, Etnobiologia do Pantanal (CELBE), Av. Santos Dumont, s/nº – Cidade Universitária (Bloco II), Bairro: Lobo, CEP 78200-000, Cáceres – MT, Brasil. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso (IFMT) campus Juína. Linha J, S/nº, S/nº, Setor Chácara, CEP 78320-000, Juína – MT, Brasil, E-mail: josiane.brito@ifmt.edu.br. ²Doutora e professora da Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Rua Leopoldo Bulhões, 1480 - Manguinhos, CEP 21041-210, Rio de Janeiro - RJ, Brasil, E-mail: shacon@ensp.fiocruz.br.

³Doutora e professora da UNEMAT, Departamento de Geografia,

Av. Santos Dumont, s/nº – Cidade Universitária (Bloco II), Bairro: Lobo, CEP 78200-000, Cáceres – MT, Brasil, E-mail: ssneves@unemat.br.

Artigo recebido em 03/10/2022 e aceito em 26/03/2023

RESUMO

As mudanças no uso, cobertura e dinâmica do solo são determinantes no equilíbrio ambiental, ecológico e climático, sendo de suma importância a compreensão dos impactos da perda e da fragmentação de habitats naturais sobre a biodiversidade e serviços ecossistêmicos nos sistemas socioecológicos. Assim, este estudo objetivou realizar uma análise cienciométrica dos estudos científicos que relacionam o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) com saúde humana. Realizou-se uma revisão de escopo dos estudos publicados, entre os anos 2000 e 2021, nas bases de dados Web of Science, Scopus, Medline/PubMed, Scielo e Lilacs, buscados por meio de descritores-chave que integram o NDVI e saúde humana. Foram identificadas 681 publicações, selecionadas e analisadas por técnicas de bibliometria. Foram incluídas 152 publicações nesta pesquisa, de acordo com os critérios de elegibilidade. Observou-se que 74% dos estudos foram publicados a partir do ano 2018, por pesquisadores de vários países, no entanto, a maior contribuição científica foi da China, que representou 24% do total. A maior parte dos estudos se concentraram em analisar o NDVI residencial, de forma a demonstrar a influência da exposição ao verde na saúde e na qualidade de vida. Os estudos científicos têm associado o NDVI à vários desfechos de saúde, como na incidência de doenças relacionadas ao calor, doenças respiratórias, doenças vetoriais, como malária, arboviroses, entre outras. Os resultados deste estudo corroboram o potencial do NDVI como um indicador da qualidade ambiental, diretamente relacionado com a saúde e qualidade de vida nos sistemas socioecológicos.

Palavras-chave: Mudanças na cobertura vegetal e no uso da terra; Perda de serviços ecossistêmicos; Impactos na saúde humana; Cienciométrica.

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and its use in the study of human health: a scoping review

ABSTRACT

Changes in land use, vegetation and dynamics are non-environmental, ecological, and climatic determinants, and understanding the impacts of loss and fragmentation of natural habitats on biodiversity and ecosystem services in socio-ecological systems is of paramount importance. Objective: To perform scientometric analysis of scientific studies that relate the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) with human health. Method: Scope review of studies published between 2000 and 2021 in the Web of Science, Scopus Medline/PubMed, Scielo and Lilacs databases, using key descriptors that integrate the NDVI and public health. 681 studies were identified, which were selected and analyzed using bibliometrics techniques. Results: They were included in this research, according to the eligibility criteria. It was observed that 74% of the studies were published, as of 2018, by research from several countries, however, the largest scientific contribution was from China, which represented 24% of the total. Most studies focus on analyzing residential NDVI to demonstrate the influence of green exposure on health and quality of life. Scientific studies associated with NDVI have several health cases, such as the probability of heat-related diseases, respiratory diseases, vector diseases such as malaria, arboviruses, among others. Conclusion: The results of this study support the potential of NDVI as a predictor of environmental quality, directly related to health and quality of life in socioecological systems.

Keywords: Changes in land use and cover; Loss of ecosystem services; Impacts on human health; Scientometrics.

Introdução

A crescente influência antrópica no equilíbrio natural do planeta tem atingido uma magnitude sem precedentes, tornando ainda mais evidente a indissociável relação homem e ambiente. Muitas problemáticas ambientais recorrentes tendem a ser reforçadas pela falta de reconhecimento da íntima ligação entre os ecossistemas e os sistemas sociais que dependem deles (Reyers et al., 2013; Biggs et al., 2015; Folke, 2016).

No final do século XX, surgiu o conceito de sistemas socioecológicos, que são definidos pela interação dos subsistemas sociais, econômicos, políticos, culturais e tecnológicos com os subsistemas biofísicos (ecossistemas, recursos naturais, clima, processos físicos, químicos e biológicos da biosfera) (Raskin, 2006; Ostrom, 2009; Itzkin et al., 2021). Os sistemas socioecológicos são considerados como sistemas adaptativos complexos, uma vez que suas interações se ajustam e se auto-organizam continuamente ao longo do tempo e do espaço (Costanza e Jorgensen, 2002).

Em suma, a abordagem socioecológica enfatiza que pessoas, comunidades, sociedades, economias e culturas são partes incorporadas da biosfera e moldam os ecossistemas, das escalas locais às globais, ao longo do tempo. Ao mesmo tempo, as pessoas, comunidades, sociedades, economias e culturas dependem fundamentalmente da capacidade da biosfera de sustentar o desenvolvimento humano (Folke et al., 2011; Folke et al., 2016; Tagliari et al., 2023).

A busca contínua pelo desenvolvimento econômico está intimamente associada ao aumento da exploração de componentes naturais e à intensa degradação ambiental em escala local, regional e global. Assim, as paisagens sofrem transformações espaço-temporais, que são determinantes no equilíbrio ambiental, ecológico e climático, afetando o sistema ecológico global que integra todos os seres vivos e suas relações com a dimensão humana (Folke, 2016).

O ritmo intenso das mudanças de uso e cobertura da terra tem alterado a resiliência e a sustentabilidade dos sistemas socioecológicos, afetando o funcionamento dos serviços ecossistêmicos (Ewane, 2021; Kgaphola et al., 2023).

Fearnside (2005) esclarece que as alterações da cobertura vegetal devido às atividades humanas acarretam diversas perturbações, que alteram o equilíbrio ambiental, ecológico e climático dos sistemas socioecológicos. As principais forças motrizes da degradação florestal

na Amazônia Legal são a intensificação das atividades pecuárias, a produção de soja, os investimentos em infraestrutura, a exploração madeireira e a grilagem de terras (Mello e Artaxo, 2017).

Em suma, o desmatamento extingue toda e qualquer possibilidade do uso da floresta para o fornecimento de serviços ecossistêmicos de suporte, provisão, regulação e culturais, impossibilitando o uso sustentável dos recursos naturais (Santos et al., 2017).

Para Albert et al. (2023), as mudanças no uso e cobertura do solo resultam diretamente na fragmentação e perda de habitat, e colocam em risco as reservas de biodiversidade e serviços ecossistêmicos globalmente importantes. Os resultados da Avaliação Ecossistêmica do Milênio (AEM, 2005) demonstraram que são substanciais os efeitos nocivos da degradação dos serviços dos ecossistemas para os meios de subsistência, saúde, bem estar humano e economias, tanto locais como nacionais.

Corvalán et al. (2005) também elucidam que as mudanças nos ecossistemas, como as alterações no uso, cobertura e dinâmica do solo, são capazes de produzir um efeito catastrófico sobre os processos econômicos, sociais e políticos, e consequentemente, na estabilidade social, no bem-estar e saúde humana. “Isso sugere que uma abordagem preventiva com relação à proteção ambiental configura-se como a mais apropriada para proteger e melhorar a saúde”. Assim, compreender as modificações ocorridas é de vital importância para o entendimento dos efeitos e das possíveis vulnerabilidades e riscos aos sistemas socioecológicos.

Para analisar algumas das alterações espaço-temporais ocorridas na cobertura vegetal e no uso da terra são cada vez mais empregadas as geotecnologias, com destaque para o Sistema de Informação Geográfica e Sensoriamento Remoto. Neste sentido, Kriegler et al. (1969) propuseram a utilização do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) para melhorar a análise de informações sobre vegetação a partir de dados de sensoriamento remoto. O NDVI é amplamente utilizado devido à sua capacidade de delineamento da vegetação e do estresse vegetativo, trazendo contribuições relevantes à agricultura e aos estudos de uso da terra (Stamford et al., 2023).

Tais foram reconhecidas pela comunidade científica, e a partir da década de 1970, todos os satélites de observação da Terra foram equipados para produzir dados desse índice em diferentes resoluções espaciais e temporais. Devido à sua longa história, simplicidade e disponibilidade de

bandas multiespectrais, facilmente obtidas, o NDVI tornou-se o índice mais popular utilizado para a avaliação de características da vegetação, como biomassa, vigor e densidade (Huang et al., 2021). O NDVI auxilia a diferenciar a vegetação de outros tipos de cobertura da terra, constituindo importante ferramenta para avaliar as mudanças na cobertura vegetal e no uso da terra (Aliero et al., 2022; Hu et al., 2023) e os seus impactos socioecológicos, socioeconômicos e sobre a saúde e bem-estar humano.

Para Robinson et al. (2017), a fórmula simples do NDVI e sua relação direta com a capacidade fotossintética da vegetação permite conhecer uma ampla gama de características e funções essenciais da vegetação, com inúmeras aplicações e contribuições na agricultura, silvicultura, ecologia, biodiversidade, modelagem de habitat, migração de espécies, fenologia da superfície terrestre, processos do sistema terrestre e até ciências econômicas, sociais e da saúde. Ademais, por meio da análise do NDVI, é possível mensurar a perda de vegetação e de serviços ecossistêmicos vitais para a saúde humana e bem-viver.

No âmbito da saúde pública, os produtos derivados de sensoriamento remoto, como o NDVI, têm sido explorados nos estudos das mais diferenciadas etiologias, despontando como uma ferramenta para a elaboração de estratégias de controle de endemias (Beck et al., 2000; Carneiro et al., 2004; Britos Molinas et al., 2022; Romero-Vega et al., 2023) e sendo empregado em estudos de justiça ambiental, saúde e desigualdade em contextos urbanos e suburbanos (Juergens e Meyer-Heß, 2020; Xiao et al., 2021; Juergens e Meyer-Heß, 2022; Meng et al., 2022). Tais aplicações corroboram com o potencial do NDVI como um preditor e indicador de saúde ambiental fortemente associado à saúde e qualidade de vida das populações.

Em face a evolução e a gama variada de uso do NDVI, os estudos cienciométricos trazem importante contribuição na compreensão das tendências das investigações científicas, progresso científico e conhecimento das lacunas temáticas, destacando pesquisadores, instituições e países atuantes na produção de conhecimentos.

Nesse contexto, propõe-se que nesta pesquisa seja efetuada uma revisão de escopo ou *Scoping Review*, que é um método de revisão proposto pelo Instituto Joanna Briggs (JBI), que permite mapear evidências sobre um assunto e identificar os principais conceitos, teorias, fontes e lacunas de conhecimento (Peters et al., 2015), que neste caso em tela, envolve geotecnologias, em

específico um índice derivado de imagem de sensoriamento remoto - NDVI, e saúde pública.

As revisões de escopo podem ser conduzidas para atender a vários objetivos. Eles podem examinar a extensão, o alcance e as características das evidências sobre um tema ou assunto; determinar a necessidade de realizar uma revisão sistemática; sintetizar evidências e descobertas acerca de um tema ou método; e identificar lacunas na literatura para auxiliar no planejamento de pesquisas futuras (Tricco et al. 2016; Tricco et al., 2018).

Com o intuito de padronizar e dar uma robustez metodológica aos estudos de revisão de escopo, foi desenvolvido o protocolo Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR), de acordo com as orientações da Rede Enhancing the Quality and Transparency Of Health Research (EQUATOR), que contém um checklist explicativo com 20 itens essenciais e 2 opcionais que devem ser apresentados na revisão de escopo (Tricco et al., 2018).

Este estudo tem como objetivo realizar uma análise cienciométrica dos estudos científicos que relacionam o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) com saúde humana.

Material e métodos

Este estudo seguiu o protocolo PRISMA – ScR para desenvolver uma revisão de escopo que busca o mapeamento cienciométrico dos estudos que integram o NDVI com saúde humana, analisando os tipos de relações estudadas, as populações estudadas, os tipos de ambientes analisados e os países de estudo.

Para o propósito deste estudo, a revisão de escopo foi selecionada, por ser um tipo de síntese de pesquisa que visa mapear a literatura sobre um determinado tópico ou área de pesquisa e fornecer uma oportunidade para identificar conceitos-chave; lacunas na pesquisa; e tipos e fontes de evidências para informar a prática, a formulação de políticas e a pesquisa (Daudt et al., 2013).

Questões de pesquisa

Esta pesquisa foi norteadas pelas seguintes questões: Qual o estado da arte e quais relações entre perda, fragmentação e recomposição da cobertura vegetal analisadas por meio do NDVI e que impactos sobre a saúde humana têm sido estudadas pela comunidade científica? Quais são as populações e ambientes mais analisados nos estudos que integram NDVI e impactos sobre a saúde humana? Quais principais desfechos têm sido apontados como resultado da relação NDVI e saúde humana?

Bases de dados

O levantamento dos estudos foi realizado pelo acesso no Portal de Periódicos da Capes, por meio do acesso CAFE, que permitiu a busca nas bases de dados indexadas. As bases de dados empregadas foram:

- [1] Web of Science, base internacional multidisciplinar de referenciais com resumo, produzida pela Thomson Reuters Scientific e atualmente editada pela Clarivate Analytics;
- [2] Scopus, base de dados internacional multidisciplinar de referenciais com resumo, produzida e editada pela Elsevier;
- [3] MEDLINE/PUBMED, base de dados internacional de referenciais com resumo, desenvolvida pelo U.S. National Institutes of Health (NIH), administrada pelo National Center for Biotechnology Information (NCBI) e editada pela United States National Library of Medicine (NLM). De acesso público, indexa a literatura especializada nas áreas de ciências biológicas, enfermagem, odontologia, medicina, medicina veterinária e saúde pública;
- [4] Scientific Electronic Library Online (SciELO), base de dados de artigos completos, desenvolvida como resultado de um projeto de pesquisa da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), em parceria com a Centro Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde (BIREME). De acesso público, indexa a literatura acadêmica em saúde pública, ciências, ciências sociais, artes e humanidades publicada nos principais periódicos de acesso aberto da América Latina, Portugal, Espanha e África do Sul;
- [5] Literatura Latino-americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), base de dados de acesso gratuito da literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde, editada pelo Centro Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde (PORTAL PERIÓDICOS DA CAPES, 2020).

Estratégias de buscas

As buscas dos estudos foram realizadas no mês de dezembro de 2021, por meio de descritores-chave, escritos em inglês, português e espanhol, combinados entre si e contidos no título, resumo e palavras-chave dos estudos. Foram efetuadas buscas por estudos publicados a partir do ano 2000 até dezembro de 2021. Empregou-se os operadores booleanos “AND”, para buscar a associação entre o NDVI e saúde humana, e “OR” para efetuar diferentes combinações e incluir termos sinônimos. Utilizou-se ainda de aspas para buscar por termos específicos e * em algumas palavras para que estas

fossem buscadas no singular e no plural. Assim, a *string* da busca foi a seguinte: (NDVI AND (“public health” OR “human health” OR “health effect*” OR “health impact*”)).

Seleção e critérios de elegibilidade e de exclusão

Utilizou-se como critério de inclusão artigos do tipo original, nos idiomas inglês, português e espanhol, publicados entre o ano 2000 e 2021 e indexados em uma das bases de dados utilizadas no estudo.

Os arquivos foram exportados das bases de dados na extensão BibTeX ou RIS e importados no programa livre State of the art through systematic review (StArt), versão 3.4 beta, desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software (LaPES) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Neste o processo de revisão é executado em três etapas principais: planejamento, execução e sumarização, conforme o modelo proposto por Kitchenham e Charters (2007).

Em seguida, os arquivos foram contabilizados e os duplicados, que constavam em duas ou mais bases, foram identificados e excluídos pela ferramenta, mantendo somente um registro. Adicionalmente, foram excluídos manualmente arquivos duplicados que não foram identificados pela ferramenta StArt.

No processo de seleção foram analisados os títulos, os resumos e as palavras-chave para avaliar a relevância dos estudos identificados na busca. Os estudos elegíveis para inclusão foram os que abordavam uma relação direta e indireta entre o NDVI e algum aspecto de saúde, como diferentes tipos de doenças e suas causas, saúde e bem estar em geral. Ademais, foram incluídos os estudos de revisão sistemática de literatura acerca da relação NDVI e desfechos de saúde.

Com relação aos critérios de exclusão, estudos genéricos e que apresentavam o uso do NDVI, mas não associavam à aspectos de saúde foram excluídos. Estudos de modelagem de nicho ecológico de espécies, que não abordavam os efeitos na saúde e nem relacionavam diretamente o NDVI e a saúde também foram excluídos por não atenderem aos critérios de elegibilidade.

Análise e extração

Os estudos elegíveis passaram pelo processo de análise e extração por meio do formulário de extração de dados da ferramenta StArt. Foram extraídos indicadores bibliométricos, como: a) autores, b) ano de publicação, c) o país de estudo, d) a relação analisada, ou seja, o desfecho de saúde relacionado com o NDVI, e) o tipo de ambiente estudado ou recorte territorial empregado

no estudo, por exemplo, áreas residenciais, áreas escolares, cidades, estados, países, áreas de floresta, áreas rurais e bacias hidrográficas e f) a

população estudada. Na Figura 1 é apresentado o fluxograma metodológico que sintetiza as etapas da revisão de escopo.



Figura 1. Fluxograma metodológico da revisão de escopo sobre a relação entre o NDVI e saúde humana.

Após a extração dos dados de todos os estudos, o programa StArt gerou uma síntese de todo o processo de revisão, que foi exportado na extensão .xls, e no programa Microsoft Excel Versão 2208 (MICROSOFT, 2022) foram geradas as análises estatísticas descritivas: distribuição de frequência de estudos de acordo com os indicadores cienciométricos analisados e a elaboração de tabelas e gráficos.

A análise bibliométrica foi executada no programa VOSviewer, versão 1.6.18, que é uma ferramenta para construção e visualização de redes bibliométricas (Eck e Waltman, 2022). Foram gerados mapas bibliométricos da rede de interação dos autores e dos termos mais reportados nos estudos que relacionam o NDVI com a saúde humana, com base em dados de texto, seguindo a mesma metodologia descrita por Colares et al. (2020). A rede de interação dos autores foi construída com base na contagem da quantidade de participações dos pesquisadores como autor ou coautor, considerando o número mínimo de 3 (três) manuscritos, durante a série de estudo.

Para elaboração do mapa de rede de ocorrência de termos, os termos dos campos de título e resumo foram extraídos pelo software, utilizando o método de “contagem binária”, em que importa apenas a presença ou ausência de um termo, não sendo considerado o número de ocorrências de um termo em um documento. O número mínimo de ocorrências de um termo foi definido como 10 (dez), conforme a recomendação do programa. Os mapas consideraram não somente

os termos mais citados, mas também as suas conexões, agrupando os itens em clusters de acordo com suas ligações (Colares et al., 2020).

Resultados e discussão

Durante o período de 2000 a 2021 foram encontrados 681 (seiscentos e oitenta e um) estudos, sendo 208 (duzentos e oito) na base Web of Science, 301 (trezentos e um) na Scopus, 169 (cento e sessenta e nove) na Medline/Pubmed e 2 (dois) na SciELO que apresentam alguma relação entre o NDVI e aspectos da saúde humana. Não foram encontrados artigos na base de dados LILACS contendo a relação aqui analisada. Após análise automatizada realizada via ferramenta Start, foram identificados 305 (trezentos e cinco) artigos que constavam em mais de uma base de dados, assim, estes foram excluídos e mantido somente um registro. Ademais, após uma minuciosa análise manual, baseada na leitura dos títulos e resumos, foram identificados outros 32 (trinta e dois) estudos duplicados, que também foram excluídos, a fim de manter somente um registro de cada estudo.

Os outros 344 (trezentos e quarenta e quatro) estudos foram analisados quanto aos critérios de elegibilidade, e neste contexto foram excluídos 192 (cento e noventa e dois) estudos por não apresentarem uma relação clara do NDVI com aspectos de saúde humana, como os estudos de modelagem de nicho ecológico de espécies, que apresentava o NDVI apenas como uma variável do

processo de modelagem, mas não o relacionava com aspectos de saúde.

Desta forma, foram incluídos nesta revisão de escopo 152 (cento e cinquenta e dois) estudos, que seguiram para as etapas de análise e extração de informações pertinentes (Figura 2).

Os procedimentos aqui adotados são semelhantes aos realizados por Fernandes et al. (2021) e

Hartwig e Ignotti (2019) que realizaram revisões sistemáticas acerca da relação entre variáveis ambientais e climáticas com aspectos de saúde, e aos realizados por Cao et al. (2023), Ye et al. (2022), que realizaram revisões sistemáticas sobre a relação entre o verde e desfechos em saúde de crianças e adolescentes.

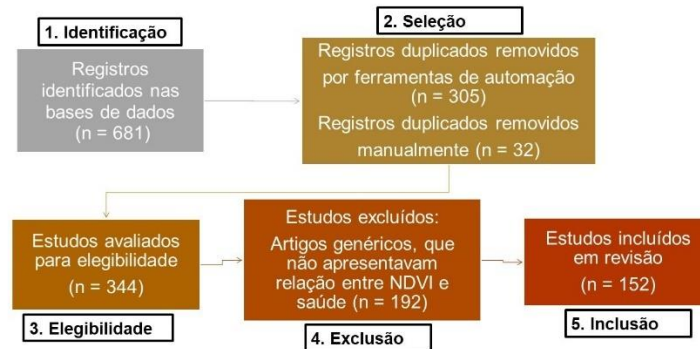


Figura 2. Quantitativo de estudos obtido nas etapas de identificação, seleção, elegibilidade, exclusão e inclusão da revisão de escopo sobre a relação entre o NDVI e saúde humana.

Com relação à distribuição temporal das publicações de estudos que integram o NDVI à saúde humana, não foram identificados estudos elegíveis entre os anos 2000 e 2003 e nos anos seguintes a produção científica sobre o tema foi incipiente e irregular. Não obstante, observa-se uma tendência de aumento, sobretudo a partir do ano 2014, com um evidente maior interesse por

parte da comunidade científica, a partir de 2018, quando o quantitativo de estudos abordando a temática evoluiu de 6 (seis) para 18 (dezoito), em relação ao ano de 2017. Os estudos desenvolvidos a partir do ano 2018 representam 74% (setenta e quatro por cento) do total de estudos do período de análise.

Tabela 1. Distribuição de frequências de estudos que relacionam o NDVI à saúde humana, durante o período de 2000 a 2021.

Anos de publicação	Quantidade de publicações	Percentual por ano (%)
2003	1	0,66
2004	1	0,66
2007	2	1,32
2008	3	1,97
2009	1	0,66
2010	3	1,97
2011	1	0,66
2012	4	2,63
2013	1	0,66
2014	7	4,61
2015	3	1,97
2016	7	4,61
2017	6	3,95
2018	18	11,84
2019	23	15,13
2020	27	17,76
2021	44	28,95
Total	152	100,00

Relativo aos pesquisadores com maior envolvimento no estudo da relação entre o NDVI e saúde humana, observam-se estudiosos como Dadvand, com contribuição em 11 (onze) estudos e Nieuwenhuijsen, com contribuição em 10 (dez) estudos que analisam os efeitos da poluição do ar na saúde e a influência do NDVI na minoração de tais efeitos, em diferentes países. Notou-se uma participação marcante dos pesquisadores chineses

na produção científica que integra do NDVI à saúde humana (Figura 3). A maior contribuição da comunidade científica chinesa também foi demonstrada em recentes análises bibliométricas de outras áreas de conhecimento (Koumetio Tekouabou et al., 2023; Petcu et al., 2023; Silva et al., 2022).

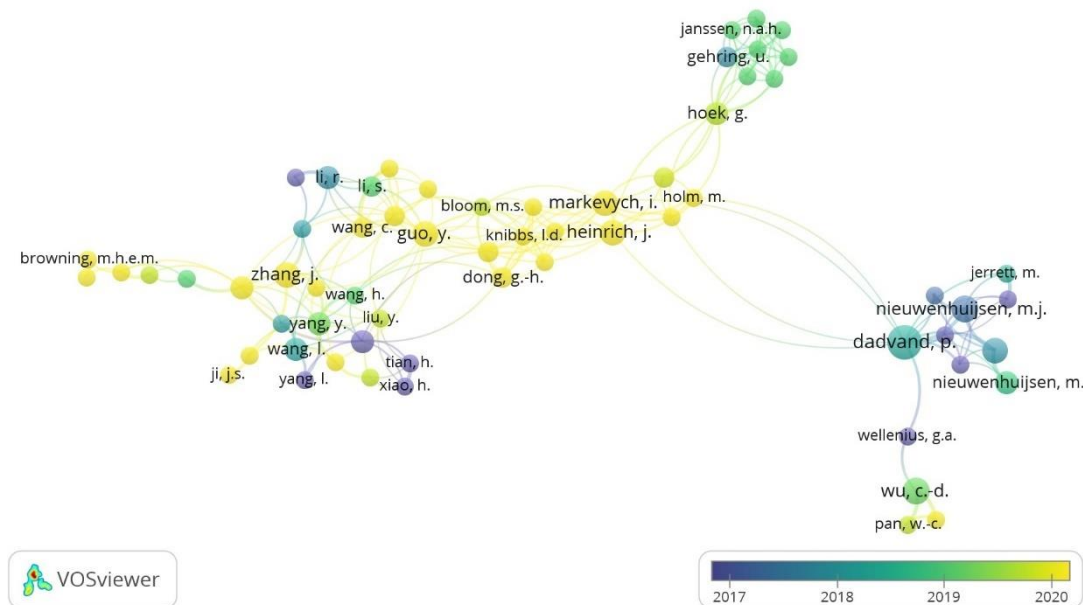


Figura 3. Rede de interações entre os principais pesquisadores com produção científica que relaciona o NDVI com aspectos de saúde humana, publicados no período de 2000 a 2021.

No que tange à distribuição espacial das publicações, a China tem se destacado como o país com maior número de estudos, sendo responsável por 36 (trinta e seis), que representa 24% (vinte e quatro por cento) dos artigos publicados elegíveis desta pesquisa. Em seguida, os Estados Unidos, com 20 (vinte) estudos, a Espanha, com 10 (dez) e o Brasil, com 9 (nove), conforme pode ser observado na Tabela 2.

O maior destaque da China com relação aos outros países pode estar associado aos elevados índices de poluição do ar registrados no seu território, o que torna ainda mais urgente o estudo dos efeitos da exposição humana e de medidas de controle. Em 2017, aproximadamente 70% (setenta por cento) de todas as 338 (trezentas e trinta e oito) cidades da China ainda não atendiam aos padrões nacionais de qualidade do ar (Lu et al., 2020).

Assim, os estudos desenvolvidos na China que analisam a influência do NDVI na saúde humana se concentram majoritariamente em

analisar o papel da vegetação na mitigação dos efeitos da poluição do ar, sobretudo por material particulado, relacionando com a incidência de enfermidades, como doenças respiratórias (Li et al., 2019; Fan et al., 2020; Sun et al., 2020; Yu et al., 2021), doenças relacionadas ao calor (Xu, Yin e Xie, 2014; Bao et al., 2021a; Liu et al., 2021; Qiu, Ji e Bell, 2021; Zhang et al., 2021), diabetes (Liao et al., 2019; Qu et al., 2020; Li et al., 2021; Lin et al., 2021), obesidade (Yang et al., 2019; Huang et al., 2020; Yang et al., 2020; Bao et al., 2021b; Xiao et al., 2021), câncer (Wang et al., 2020; Yang et al., 2021), entre outras.

Nos Estados Unidos, as pesquisas se concentraram em analisar a relação de NDVI e a incidência de quadros clínicos de doenças relacionadas as ondas de calor (Lo et al., 2003; Jenerette et al., 2016), como cardiovasculares (Knobel et al., 2021) e acidente vascular cerebral (AVC) (Wilker et al., 2014), problemas no desenvolvimento gestacional e de recém nascidos

(Glaser et al., 2018; Margerison et al., 2021; Weber et al., 2021), diabetes (Choe et al., 2018; Poulsen et al., 2021), doenças mentais (Cohen-Clinen et al., 2015; Banay et al., 2019; Li et al., 2021), entre outras.

Na Espanha os estudos têm avaliado o NDVI como um fator atenuante da poluição do ar e dos seus efeitos sobre a saúde, como nas doenças respiratórias (Tischer et al., 2017; Kuiper et al., 2020) e na mortalidade, qualidade e expectativa de vida da população (Su et al., 2019; Bont et al.; Keijzer et al., 2020; Kruise et al., 2020), entre outras.

No Brasil há uma tendência de investigações que versam sobre a relação do NDVI

com a incidência de doenças tropicais, como leishmaniose (Aparício e Bitencourt, 2004; Costa et al., 2018; Santana et al., 2019), esquistossomose (Guimarães et al., 2008; Pullan et al., 2008) e arboviroses, como a dengue, zika e chikungunya (Tourre et al., 2008; Conrad et al., 2019; Hendy et al., 2020). O interesse pela temática por parte da comunidade científica brasileira é crítico, sobretudo diante dos recorrentes quadros de degradação ambiental, desmatamento e queimadas. Essa realidade também foi constatada por Fernandes et al. (2021) ao realizarem uma revisão sistemática acerca das mudanças climáticas, poluição do ar e impactos na saúde humana.

Tabela 2. Distribuição espacial e quantitativo (n) dos estudos que relacionam o NDVI com aspectos de saúde humana, publicados no período de 2000 a 2021.

País	n	País	n	País	n	País	n
China	36	Uganda	3	Chile	1	Moçambique	1
Estados Unidos	20	África Subsaariana	2	El Salvador	1	Nepal	1
Espanha	10	Alemanha	2	Equador	1	Noruega	1
Brasil	9	Austrália	2	Estônia	1	Paquistão	1
Canadá	8	Colômbia	2	Etiópia	1	Paraguai	1
Taiwan	6	França	2	Gana	1	Portugal	1
Argentina	5	Lituânia	2	Índia	1	República Tcheca	1
Coréia do Sul	5	México	2	Indonésia	1	Suíça	1
Reino Unido	5	Panamá	2	Inglaterra	1	Tailândia	1
Bélgica	3	Quênia	2	Japão	1	Uruguai	1
Holanda	3	Suécia	2	Malásia	1	Vietnã	1
Irã	3	Afganistão	1	Malawi	1	Zimbábue	1
Itália	3	Bangladesh	1	Marrocos	1		

Os recortes espaciais analisados nos estudos são apresentados na Figura 4. Observou-se que 80 (oitenta) estudos, o que representa 53% (cinquenta e três) das publicações analisadas, buscaram investigar a influência do NDVI em áreas residenciais, de modo a averiguar se a proximidade com espaços verdes reflete em maiores níveis de saúde e bem-estar e a relação da vegetação com enfermidades, como diabetes (Clark et al., 2017; Liao et al., 2019; Qu et al., 2020; Li et al., 2021; Lin et al., 2021; Tsai et al., 2021), obesidade (Yang et al., 2019; Huang et al., 2020; Nichani et al., 2020; Iyer et al., 2021; Xiao et al., 2021), doenças neurológicas (LEE et al., 2019), psicológicas (Cohen-Clinen et al., 2015; Banay et al., 2019; Liu et al., 2019; Chang et al., 2020; Davis et al., 2021), respiratórias (Gernes et al., 2019; Kwon et al., 2019; Li et al., 2019; Tischer et al., 2019; Fan et al., 2020; Kuiper et al., 2020; Sun et al., 2021), cardiovasculares (Wilker et al., 2014; Bao et al., 2021a; Knobel et al., 2021), desenvolvimento e desfechos de gestação (Hystad et al., 2014; Glaser et al., 2018; Anabitarte et al., 2020; Lee et al., 2021),

desenvolvimento infantil (Bont et al., 2020), entre outras. Estudos semelhantes a esses são os que utilizaram o recorte espacial de cidade, que representam 20% (vinte por cento) das publicações analisadas. A influência potencial das modificações urbanas na saúde humana tem estimulado a preocupação pública e tem aumentado o interesse em avaliar os efeitos benéficos da vegetação, na mitigação e redução dos impactos adversos à saúde dos ambientes urbanos (Sarkar, 2017; Vienneau et al., 2017; Villeneuve et al., 2018; Klompmaker et al., 2020; Iyer et al., 2021).

Constatou-se que 29 (vinte e nove) estudos, que correspondem a 19% (dezenove por cento) das publicações analisadas, abordaram a relação NDVI e saúde na escala espacial de país, sendo que, na maioria dos casos, trata-se de estudos de mapeamento de áreas com maior incidência ou potencialidade de doenças, como a malária (Adimi et al., 2010; Haque et al., 2010; Ebhuoma et al., 2016; Ferrao et al., 2018; Frake et al., 2020), arboviroses (Acharya et al., 2018; German et al., 2018; Tourre et al., 2018; Yañes-Arenas et al., 2018;

Conrad et al., 2019), leishmaniose (Mollalo et al., 2016; Costa et al., 2018), entre outras.

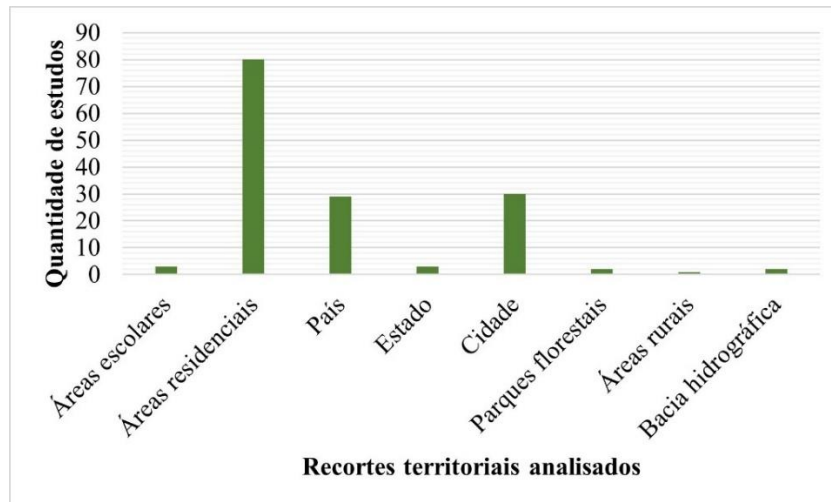


Figura 4. Recortes territoriais analisados nos estudos que relacionam o NDVI com aspectos de saúde humana, publicados durante o período de 2000 a 2021.

Com relação às populações estudadas, observou-se que 65% (sessenta e cinco por cento) dos estudos que relacionam o NDVI com a saúde humana analisam a população como um todo, sem especificações de faixa etária ou de origem (Figura 5).

Do total de estudos analisados, 17 (dezessete) enfatizaram a relação do NDVI com a saúde de adultos, observando como este índice se relaciona com doenças e mortes não acidentais, como doenças respiratórias, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), cardiovascular, hipertensão, doença isquêmica do coração (DIC) e cerebrovascular (Vienneau et al., 2017; Fan et al., 2020; Grazuleviciene et al., 2020; Bauwelinck et al., 2021; Knobel et al., 2021; Liu et al., 2021; Nordeide et al., 2021;), na percepção de saúde e bem estar (Villeneuve et al., 2018), obesidade (Sarkar et al., 2017; Yang et al., 2019; Huang et al., 2020; Nichani

et al., 2020; Xiao et al., 2021), níveis hormonais (Wei et al., 2021) e diabetes (Li et al., 2021).

É relevante a contribuição de investigações que analisam a relação do NDVI com a saúde de gestantes durante o processo gestacional e de recém-nascidos. Observou-se que 15 (quinze) dentre os elegíveis se concentraram em analisar esta relação, apresentando a influência do NDVI nos desfechos de gestação e saúde materna (Hystad et al., 2014; Anabitarte et al., 2020; Hu et al., 2021; Weber et al., 2021), na diabetes gestacional (Choe et al., 2018; LIAO et al., 2019; Qu et al., 2020; Lin et al., 2021), no desenvolvimento e peso de bebês na gestação e ao nascer (Glaser et al., 2018; Lee et al., 2021; Margerison et al., 2021), na função renal fetal (Sani et al., 2020), e nascimento prematuro (Oliveira et al., 2016; Hu et al., 2021).



Figura 5. Populações analisadas nos estudos que relacionam o NDVI com aspectos de saúde humana, publicados durante o período de 2000 a 2021.

Foram observados 13 (treze) estudos epidemiológicos que analisaram a influência do NDVI sobre as crianças, com efeitos no desenvolvimento físico e cognitivo, bem-estar emocional e comportamental (McEachan et al., 2018; Lee et al., 2019; Asta et al., 2021; Davis et al., 2021), na miopia e astigmatismo (Huang et al., 2021), na obesidade infantil (Bont et al., 2020; Yang et al., 2020; Bao et al., 2021b), nas alergias e sintomas respiratórios (Cilluffo et al., 2018; Gernes et al., 2019; Lee et al., 2020) e na dengue pediátrica (Astuti et al., 2019).

Acerca dos idosos, 6 (seis) estudos trouxeram contribuições importantes sobre a influência do NDVI nesta fase da vida. Zhu et al. (2020) relacionaram o índice com deficiência de vitamina D em idosos da China e constataram que cada aumento de 0,1 unidade na média anual do NDVI foi associado a uma chance 13% maior de níveis normais de vitamina D.

Banay et al. (2019) verificaram uma relação inversamente proporcional entre o NDVI e a incidência de depressão em mulheres idosas dos Estados Unidos. Keijser et al. (2019) constataram

que valores altos de NDVI residencial contribui para uma maior capacidade física e funcional de idosos, comparado aos idosos residentes em áreas com menor índice de vegetação. Ademais, uma revisão sistemática desenvolvida por Yuan et al. (2021) concluiu que o aumento da exposição a espaços verdes auxilia na prevenção de morte e desfechos cardiovasculares em indivíduos idosos.

Com base na análise e extração dos termos mais recorrentes nos títulos e resumo dos artigos, foi possível obter a rede bibliométrica dos termos e aspectos mais relacionados ao NDVI nos estudos publicados de 2000 a 2021 (Figura 6). Observa-se que o NDVI tem sido integrado a estudos que abordam sobre a poluição atmosférica, sobretudo por material particulado, buscando evidenciar de que forma a vegetação pode contribuir na mitigação dos efeitos negativos à saúde e na redução da mortalidade por causas não acidentais, como por doenças cardiovasculares, diabetes e doenças respiratórias. Esta relação também foi demonstrada no mapa de densidade dos termos de maior ocorrência nos estudos (Figura 7).

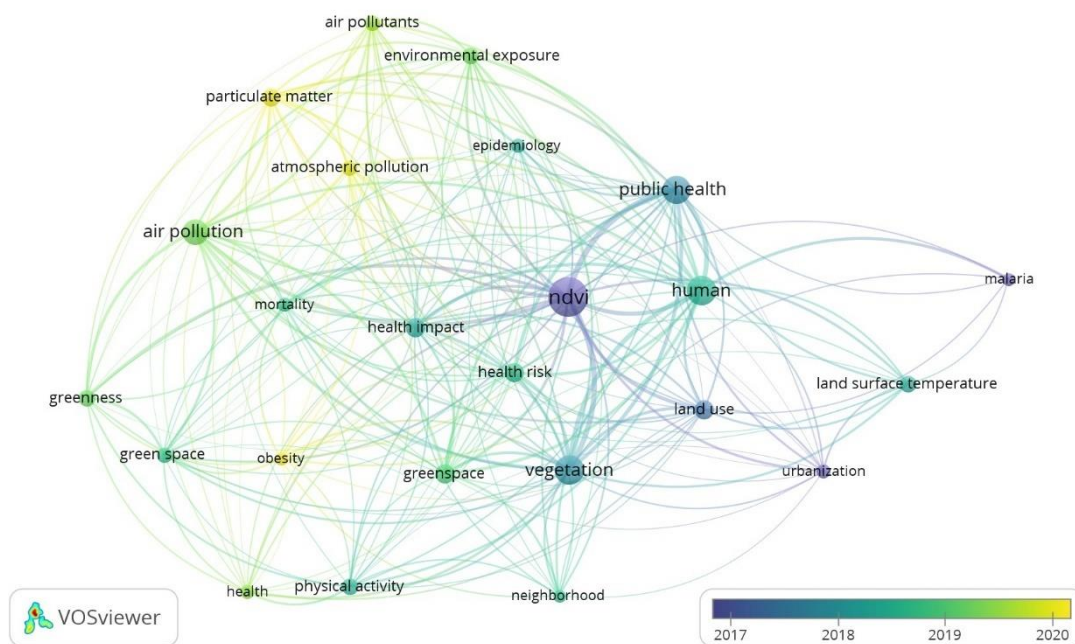


Figura 6. Rede bibliométrica da co-ocorrência de termos nos estudos que relacionam o NDVI com aspectos de saúde humana, publicados no período de 2000 a 2021.

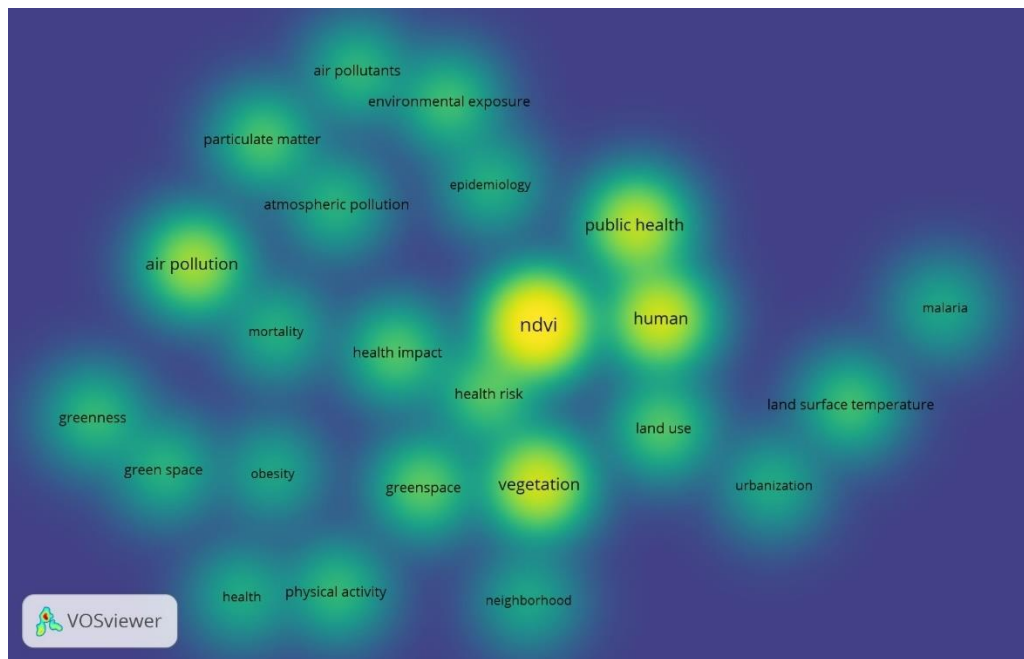


Figura 7. Densidade dos termos de maior ocorrência nos estudos que relacionam o NDVI com aspectos de saúde humana, publicados durante o período de 2000 a 2021.

É perceptível que os termos NDVI, *public health*, *human*, *vegetation* e *air pollution* são mais recorrentes nas publicações, o que corrobora que a poluição do ar é o fator mais estudado como agente desencadeante de impactos à saúde humana, e a vegetação é apontada como um indicador de mitigação de tais impactos. A poluição do ar é um termo bastante reportado, pois associa-se à vários impactos à saúde, como a incidência de doenças relacionadas ao calor, doenças respiratórias, diabetes, obesidade, desenvolvimento gestacional e desfechos de partos, desenvolvimento infantil, transtornos mentais, entre outros.

O NDVI também tem sido associado a estudos epidemiológicos, com o intuito de compreender de que forma a vegetação influencia na disseminação de doenças, como a malária, a leishmaniose tegumentar e visceral, esquistossomose, leptospirose e as arboviroses (dengue, febre amarela, zika e chikungunya).

Outra associação reportada é a relação entre a vegetação e os efeitos das mudanças climáticas na saúde. O aumento da temperatura de superfície, ondas de calor e o estresse térmico têm sido apontados como fatores de risco para a incidência de doenças relacionadas ao calor, como AVC, doenças cardiovasculares e hipertensão. Assim, os estudos têm analisado se valores altos de NDVI são capazes de atenuar os efeitos do aumento da temperatura de superfície e por conseguinte, a ocorrência das doenças relacionadas ao calor.

Ademais, foram observados estudos que relacionam a presença de espaços verdes em áreas residenciais, com uma maior percepção de saúde, bem-estar, predisposição para atividades físicas e uma menor ocorrência de sobrepeso e obesidade. Na Tabela 3 consta o quantitativo dos estudos publicados de acordo com as relações analisadas.

O NDVI tem sido associado a vários desfechos de saúde, o que demonstra a influência da vegetação na saúde, bem-estar e qualidade de vida das populações, além da importância dessa ferramenta em estudos epidemiológicos. Observou-se que a relação mais estudada pela comunidade científica nas pesquisas que integram o NDVI com a saúde humana, tem sido a relação entre a vegetação e a incidência de doenças relacionadas à temperatura de superfície e ondas de calor, decorrentes das mudanças climáticas, que correspondeu a 18 (dezoito) publicações associadas ao calor e 1 (uma) publicação associada ao frio. Doenças desta natureza também estão inclusas nos estudos epidemiológicos que quantificaram a taxa de mortalidade por causas não acidentais e doenças não transmissíveis.

Especificamente, as doenças relacionadas à temperatura de superfície reportadas nos estudos foram: AVC (Wilker et al., 2014; Bao et al., 2021a), hipertensão (Yang et al., 2019; Grazuleviciene et al., 2020), cardiovasculares e respiratórias (Lo et al., 2003; Xu et al., 2014; Kim et al., 2019; Knobel et al., 2021), mortalidade e morbidade por todas as causas não acidentais (Lo et al., 2003; Son et al., 2016; Vienneau et al., 2017;

Denpetkul e Phosri, 2021; Qiu et al., 2021). Liss et al. (2012) analisaram a relação entre o NDVI

residencial e as interações por frio, nos Estados Unidos.

Tabela 3. Desfechos de saúde relacionados ao NDVI abordados nos artigos publicados no período de 2000 a 2021.

Desfecho de saúde relacionado ao NDVI	Quantidade de artigos	Autores
Doenças/mortes relacionadas à temperatura de superfície (AVC/doenças cardiovasculares/hipertensão)	19	Bao et al. (2021a); Buscail et al. (2012); Denpetkul; Phosri (2021); Grazuleviciene et al. (2020); Iyer et al. (2021); Jenerette et al. (2016); Kim et al. (2019); Knobel et al. (2021); Liu et al. (2021); Lo et al. (2003); Liss et al. (2012); Poulsen et al. (2021); Qiu et al. (2021); Son et al. (2016); Wilker et al. (2014); Vienneau et al. (2017); Xu et al. (2014); Yang et al. (2019); Zhang et al. (2021)
Malária	15	Adimi et al. (2010); Fastring e Griffith et al. (2009); Ferrao et al. (2018); Frake et al. (2020); Gascon et al. (2016); Haque et al. (2010); Ibrahim et al. (2020); Manyangadze et al. (2017); McMahon et al. (2021); Okiring et al. (2021); Rai et al. (2013); Rigg et al. (2019); Sewe et al. (2016); Siya et al. (2020); Su et al. (2019)
Arboviroses	13	Acharya et al. (2018); Astuti et al. (2019); Conrad et al. (2019); German et al. (2018); Ha et al. (2021); Hendy et al. (2020); Hira et al. (2018); Liu et al. (2012); Meza-Ballesta e Gonima (2014); Scavuzzo et al. (2018); Sun et al. (2018); Tourre et al. (2008); Yañez-Arenas et al. (2018)
Doenças respiratórias	12	Alvarez-Mendoza et al. (2019); Cilluffo et al. (2018); Fan et al. (2020); Gernes et al. (2019); Kuiper et al. (2020); Kwon et al. (2019); Lee et al. (2020); Li et al. (2019); Nordeide et al. (2021); Sun et al. (2020); Tischer et al. (2017); Yu et al. (2021)
Transtornos mentais e neurológicos	11	Abdullah et al. (2021); Aitken et al. (2021); Banay et al. (2019); Chang et al. (2020); Chern et al. (2018); Cohen-Cline et al. (2015); Crouse et al. (2021); Li et al. (2021); Liu et al. (2019); McEachan et al. (2018); Soga et al. (2021)
Saúde e bem-estar em geral	11	Browning et al. (2018); Cheng et al. (2021); de Jalón et al. (2021); Keijzer et al. (2019); Kruise et al. (2020); Liss et al. (2012); McMorris et al. (2015); Su et al. (2019); Tilt et al. (2007); Villeneuve et al. (2018); Zhu et al. (2020)
Desenvolvimento gestacional, fetal e parto	9	Anabitarte et al. (2020); Choe et al. (2018); Glazer et al. (2018); Hystad et al. (2014); Lee et al. (2021); Margerison et al. (2021); Oliveira et al. (2016); Sani et al. (2020); Weber et al. (2021)
Revisão de literatura	8	Davis et al. (2021); Ebhuoma e Gebreslasie (2016); Holland et al. (2021); Hu et al. (2021); Kelly et al. (2011); Rojas-Rueda et al. (2019); Rigolon et al. (2021); Yuhan et al. (2021)
Sobrepeso e obesidade	8	Bao et al. (2021b); Huang et al. (2020); Iyer et al. (2021); Klompmaker et al. (2018); Nichani et al. (2020); Sarkar (2017); Xiao et al. (2021); Yang et al. (2020);
Diabetes	8	Clark et al. (2017); Iyer et al. (2021); Li et al. (2021); Liao et al. (2019); Lin et al. (2019); Lin et al. (2021); Qu et al. (2020); Tsai et al. (2021)
Taxa de mortalidade total por causas não acidentais	6	Barboza et al. (2021); Bauwelinck et al. (2021); Keijzer et al. (2017); Klompmaker et al. (2020); Moran et al. (2021); Zijlema et al. (2020)
Leishmaniose	6	Berrozpe et al. (2019); Costa et al. (2018); Hakkour et al. (2020); Mollalo et al. (2016); Santana et al. (2019); Tilt et al. (2007)
Esquistossomose	5	Guimarães et al. (2008); Hu et al. (2015); Pullan et al. (2008); Qiu et al. (2014); Tello-Cifuentes e Díaz-Paz (2021); Wrable et al. (2019)
Febre hemorrágica com síndrome renal (infecção por hantavírus)	4	Barrios et al. (2012); Li et al. (2014); Liu et al. (2014); Yan et al. (2007)
Incidência/mortalidade por câncer	4	Coleman et al. (2021); Moon e Chae (2018); Wang et al. (2020); Yang et al. (2021)
Desenvolvimento infantil	3	Asta et al. (2021); de Bont (2020); Lee et al. (2019)
Distúrbios hormonais	3	Abareschi et al. (2020); Triebner et al. (2019); Wei et al. (2021)
Qualidade de sono	2	Berrang-Ford et al. (2010); Xie et al. (2020)
Doenças oftalmológicas	2	Huang et al. (2021); Orusa et al. (2020)
Doenças transmitidas por carrapatos	2	Barrios et al. (2012); Honig et al. (2019)
Leptospirose	1	Dhewantara et al. (2020)
Hiperucemia	1	Dong et al. (2021)
Raiva humana	1	Yu et al. (2020)
Hepatite	1	Tian et al. (2018)

Para Bao et al. (2021a), altos valores de temperatura de superfície noturna e de proporção de superfície impermeável podem agravar os efeitos nocivos do calor na morbidade por AVC, enquanto os valores altos de NDVI e de cobertura de água podem aliviar seus efeitos. De modo semelhante, Liu et al. (2021) constataram que altos valores de NDVI foram consistentes e significativamente associados a menores chances de prevalência de doenças cardiovasculares entre adultos do distrito de Longzihu de Bengbu, na China.

O verde beneficia a saúde ao diminuir o impacto de temperaturas extremamente altas (Faurie et al., 2022; Kamel Boulos et al., 2023; Khan et al., 2023), sendo imprescindível que os formuladores de políticas considerem a vegetação no contexto das mudanças climáticas e da saúde (Qiu et al., 2021; Leffler et al., 2022; Gupta et al., 2023; Sharma et al., 2023).

Buscail et al. (2012) ponderaram que as mortes relacionadas ao calor são amplamente evitáveis, mas as intervenções para as populações mais vulneráveis precisam ser melhor construídas. Diante dessa constatação, utilizaram o NDVI para o mapeamento de áreas de riscos à saúde decorrentes de ondas de calor, na cidade francesa de Rennes.

As doenças respiratórias também foram associadas ao NDVI, dada à capacidade da vegetação de atenuar os efeitos da poluição atmosférica. Foram identificados 12 (doze) estudos, que relacionaram o índice com doenças como, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), asma, bronquite, rinite, pneumonia e alergia. Alvarez-Mendonza et al. (2019) utilizaram o NDVI no desenvolvimento de um modelo espacial de risco à saúde respiratória, em Quito, Equador.

Tischer et al. (2017) constataram que uma maior proximidade residencial de espaços verdes foi associada a um risco reduzido de bronquite. Cilluffo et al. (2018) também corroboram que crianças que vivem em áreas com baixos valores de NDVI têm maiores chances de apresentarem sintomas alérgicos. Além disso, constatou-se que a exposição dos pais à poluição do ar pode influenciar no risco de asma e alergias em futuros filhos (Kuiper et al., 2020). De forma contrária, Lee et al. (2020) em seu estudo observaram que a exposição ao verde contribui para um risco aumentado de rinite alérgica (RA) nas crianças do Taiwan. Dependendo da época do ano, o aumento de rinite alérgica pode ser atribuída a maior quantidade de material biogênico na atmosfera, como os fungos, vírus e bactérias.

Outra associação analisada foi a do NDVI com a incidência de doenças vetoriais, sendo a malária a mais reportada nos estudos; 15 (quinze) estudos verificaram a influência da vegetação na ocorrência desta doença. O NDVI foi empregado como um indicador ambiental *ex-ante* para o mapeamento e modelagem das áreas susceptíveis à malária. Haque et al. (2010) constataram que valores baixos de NDVI foram associados a um aumento no número de casos de malária, em Bangladesh.

Para Adimi et al. (2010) os estudos que analisam o papel das variáveis ambientais na transmissão da malária são de extrema importância, pois podem contribuir para melhorias nos programas de controle da doença.

As arboviroses também têm sido relacionadas à presença e densidade da vegetação, expressa no NDVI. Foram identificados 13 (treze) estudos que analisaram a influência do índice de vegetação na propagação de vetores como, *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, agentes transmissores da dengue, zika e Chikungunya, *Haemagogus* e *Sabethes*, agentes transmissores da febre amarela e mosquitos do gênero *Culex*, agentes transmissores da febre do Nilo Ocidental e encefalite viral.

Os estudos ecológicos têm demonstrado uma forte associação entre NDVI e a incidência de dengue. Meza-Ballesta e Gonima (2014) demonstraram que o estado de cobertura vegetal (vigor e densidade) teve uma notável influência na ocorrência da dengue, em 8 (oito) municípios do Departamento de Córdoba, na Colômbia. Em síntese, o aumento da ocorrência de dengue está significativamente relacionado à diminuição da vegetação (vigor, densidade e cobertura).

Conrad et al. (2019) utilizaram o NDVI e outras variáveis em um modelo para prever casos notificados de dengue em todas as regiões do Brasil. O NDVI foi considerado um indicador significativo dos casos de dengue, sendo que os menores valores do índice estavam associados à maior incidência da doença, em todas as regiões brasileiras. Estes resultados corroboram com a influência da vegetação saudável na abundância de mosquitos adultos e a potencialidade do uso das geotecnologias na previsão de arboviroses.

Em uma menor quantidade, outras doenças vetoriais foram associadas ao NDVI. Foram identificados 6 (seis) estudos que analisam a influência da vegetação na incidência de leishmaniose, 5 (cinco) na incidência de esquistossomose, 4 (quatro) nos quadros de infecção por hantavírus, especificamente, febre

hemorrágica com síndrome renal, 1 (um) nos casos de leptospirose e 1 (um) nos casos de raiva humana.

Santana et al. (2019) utilizaram o NDVI como uma variável ambiental para a modelagem do nicho ecológico da *Lutzomyia longipalpis*, vetor da leishmaniose visceral no estado da Bahia, Brasil. Para os autores, a identificação de áreas de risco e fatores associados a essa distribuição é fundamental para priorizar a alocação de recursos e melhorar a eficácia do programa estadual de vigilância e controle de doenças vetoriais, como a leishmaniose visceral.

O NDVI tem sido associado a outras condições de saúde e bem viver, como um fator que influencia na saúde mental, em 8 (oito) estudos, no desenvolvimento gestacional, fetal e desfechos de partos (ocorrência de prematuridade e peso dos recém nascidos), em 9 (nove) estudos, na incidência de sobrepeso e obesidade, em 8 (oito) estudos, nos casos de diabetes, em 8 (oito) estudos, na saúde e bem-estar em geral, em 11 (onze) estudos, no desenvolvimento infantil, em 3 (três) estudos, na ocorrência de distúrbios hormonais, em 3 (três) estudos, na qualidade do sono, em 2 (dois) estudos, nos casos de câncer, em 4 (quatro) estudos, entre outras.

Para Anabitarte et al. (2021), a proximidade com o verde pode impactar positivamente diversos indicadores de saúde humana, por meio da redução da poluição do ar, da melhoria da saúde psicológica e da promoção da atividade física. Browning e Rigolon et al. (2019) corroboram que maior cobertura arbórea foi associada a menor obesidade e melhor saúde mental. Ademais, foi constatado que valores mais altos de NDVI estavam significativamente associados a melhores resultados de saúde em geral (Su et al., 2019).

Wei et al. (2021) analisaram a influência da vegetação nos níveis hormonais de adultos chineses, e constataram que um aumento de 0,1 unidade no NDVI foi associado a um aumento de 0,310 ng/ml na testosterona sérica e a um aumento de 0,170 ng/ml na progesterona sérica em homens, bem como a um aumento de 0,143 ng/ml na progesterona sérica em mulheres. Triebner et al. (2019) concluíram que a exposição a altos valores de NDVI está associado à idade avançada na menopausa e pode retardar o envelhecimento reprodutivo.

O estudo desenvolvido por Xie et al. (2021) indicou que uma maior área verde residencial, demonstrada por altos valores de NDVI, foi significativamente associada a uma melhor qualidade do sono na população rural

chinesa, o que destaca o efeito significativo do espaço verde na saúde humana.

Outra contribuição importante foi propagada por Zhu et al. (2020), que inferiram que cada aumento de 0,1 unidade no NDVI médio anual reduz em 13% a chance de deficiência de vitamina D em idosos, o que sugere que níveis mais altos de verde residencial estão associados a concentrações séricas mais altas desta vitamina no corpo humano. Assim, a exposição à áreas verdes é um fator relevante para a prevenção da deficiência de vitamina D em idosos.

Para Sarkar (2017) e Lin et al. (2021), medidas para manutenção e recomposição de espaços verdes podem atuar como intervenções de saúde pública, melhorando as externalidades negativas de saúde em ambientes urbanos. No entanto, são necessários estudos epidemiológicos retrospectivos e prospectivos para identificar evidências de causas e efeitos e, assim, orientar efetivamente gestores e tomadores de decisão sobre a qualidade do ambiente como um importante fator de redução de danos à saúde e gastos de recursos, com impactos evitáveis para a saúde humana.

Tello-Cifuentes e Díaz-Paz (2021) empregaram o NDVI e outros índices para analisar e mapear a qualidade ambiental da cidade de Medellín, na Colômbia. Os resultados demonstraram que áreas com muito boa e boa qualidade do ar têm maior cobertura vegetal (altos valores de NDVI) e geralmente estão localizados nas extremidades da cidade, o que sugere que a qualidade ambiental está intimamente associada à cobertura vegetal, que é um fator-chave de equilíbrio e estrato socioeconômico. Os autores propõem que este mapeamento seja utilizado pelas entidades de saúde na identificação dos setores mais vulneráveis devido à péssima qualidade ambiental e monitorar as populações destes setores, considerando as possíveis implicações na saúde.

Os resultados recentes do estudo realizado por LeBrasseur (2022) em Helsinque, na Finlândia, corroboraram que vários aspectos do bem-estar humano são potencializados pela interação com espaços verdes urbanos de características variadas dentro da região, mas os espaços verdes urbanos que fornecem os maiores benefícios para o bem-estar humano correspondem a áreas de maiores dimensões, com tipologia de floresta.

As interconexões espaciais entre vegetação, pobreza e os indicadores associados à saúde na África Ocidental foram analisadas por Sedda et al. (2015), e foi constatada uma forte correlação entre as variáveis, sendo que a incidência de pobreza e mortalidade infantil varia inversamente com o NDVI, ou seja, alto NDVI

associa-se à menores índices de pobreza e mortalidade infantil. Essas conexões existem não apenas em uma base pontual, mas são espacialmente estruturadas em toda a área de estudo. Assim, recomenda-se que o NDVI seja incluído ou testado em qualquer análise e mapeamento da pobreza ou injustiça ambiental, podendo ser utilizado para subsidiar intervenções à luz dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS (Sedda et al., 2015).

As diversas aplicações do NDVI nos estudos analisados demonstram o potencial do índice como um indicador *ex-ante* da qualidade ambiental, fortemente correlacionado com a saúde e bem viver nos sistemas socioecológicos. Sob a perspectiva da justiça ambiental, pode-se concluir que altos valores de NDVI corresponde à temperaturas mais amenas no verão, o que resulta em condições de vida mais saudáveis. Isso significa que o grau de vegetação verde é um parâmetro ambiental relacionado a riscos à saúde (Juergens e Meyer-Heß, 2020; Juergens e Meyer-Heß, 2022). Em áreas urbanas, com efeitos de ilhas de calor, a vegetação pode diminuir o armazenamento de calor e reduzir efetivamente as temperaturas do ar, por meio da evapotranspiração, em 0,5 a 4,0°C (Qiu et al., 2013).

Apesar dos avanços nos estudos que associam vegetação, ambiente, clima e saúde humana, é de suma importância que a comunidade científica prossiga nas pesquisas, com o intuito de melhor compreender os efeitos das mudanças ambientais e climáticas na saúde, de modo a definir cenários e sobretudo, subsidiar políticas públicas de prevenção e promoção da saúde, bem-viver e de melhoria da qualidade ambiental.

Para Ventura et al. (2020), é preciso que haja uma agenda de pesquisa permanente, que considere não somente a evolução de doenças específicas e emergentes, mas o impacto das crises sobre a saúde das populações, além de investigar as causas sociais, ambientais, econômicas e políticas. É imprescindível que a comunidade científica amplie as pesquisas interdisciplinares sobre os aspectos prioritários de saúde pública, integrando o conhecimento da área ambiental com a saúde, despertando a atenção de gestores, tomadores de decisão e lideranças políticas, para a importância da qualidade de vida e bem viver para a sociedade.

O Brasil apesar de ser reconhecido mundialmente por sua megadiversidade e dimensão continental, com ampla heterogeneidade espacial e de recursos naturais, é um dos países com a maior taxa de desmatamento nos últimos 20 anos, associada a incêndios florestais, o que resulta em crescentes e drásticas perdas de biodiversidade

e de serviços ecossistêmicos (Fearnside, 2017; Santos et al., 2017; Copertino et al., 2019; Alencar et al., 2022; Cobelo et al., 2023; Souza et al., 2023; Prioli Duarte et al., 2023).

Para Bustamante et al. (2019), no Brasil, há um desequilíbrio nos esforços da pesquisa para compreender os impactos da perda e da fragmentação de habitats naturais sobre a biodiversidade e serviços ecossistêmicos nos sistemas socioecológicos. É de suma importância que o conhecimento das interações e dos impactos da cobertura e do uso da terra e das mudanças climáticas nos serviços ecossistêmicos apresentem abrangência e disseminação adequadas para possibilitar maior engajamento entre os resultados de pesquisa e a tomada de decisão.

Conclusões

Os estudos elegíveis nesta revisão de escopo demonstraram uma forte associação entre o NDVI e diferenciados desfechos de saúde, analisados por pesquisadores de diferentes países, evidenciando oportunidades para a inovação do conhecimento interdisciplinar nos sistemas socioecológicos e a importância dos serviços ecossistêmicos.

A China destaca-se como o país com maior quantidade de publicações que integram o NDVI à desfechos de saúde humana, evidenciando o papel da vegetação na mitigação dos efeitos da poluição atmosférica. No Brasil, a produção científica acerca desta temática é incipiente, o que não condiz com o recorrente cenário de degradação ambiental, desmatamento e queimadas e os potenciais impactos à saúde decorrentes de tais práticas.

A maior parte dos estudos analisados se concentraram em analisar o NDVI residencial, de forma a demonstrar a influência da exposição ao verde na saúde e na qualidade de vida. Outra parcela considerável das publicações desenvolveu análises em todo o país, sendo estes majoritariamente estudos de mapeamento de áreas com maior incidência ou potencialidade de doenças, como malária e arboviroses.

O NDVI está relacionado à vários desfechos de saúde, demonstrando a forte influência da vegetação na saúde e bem-viver das populações. As doenças relacionadas ao calor foram as mais associadas ao NDVI, denotando o papel da vegetação na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. As doenças respiratórias chamam atenção diante da associação ao NDVI, dada a capacidade da vegetação de atenuar os efeitos da poluição atmosférica. Outra associação reportada foi a do NDVI com doenças vetoriais, como a malária e as arboviroses. As relações entre

o NDVI e os desfechos de saúde apresentados corroboram o potencial deste índice como um preditor da qualidade ambiental, que por sua vez, está diretamente relacionado com a saúde e qualidade de vida. Recomenda-se fortemente que o NDVI seja incluído nas análises e programas de promoção à saúde, como um indicador de qualidade de vida, contribuindo para a identificação e mapeamento de áreas e populações vulneráveis e para a análise e redução dos riscos à saúde, decorrentes da degradação da qualidade ambiental.

Agradecimentos

As autoras agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela disponibilização do acesso às bases de dados, ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT) pela oportunidade de estudo. Ao Programa de Pós-graduação em Saúde Pública e Meio Ambiente da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca (ENSP) da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) pela oportunidade de participar de disciplinas abertas a estudantes de pós-graduação de outras instituições.

Referências

- Abareshi, F., Sharifi, Z., Hekmatshoar, R., Fallahi, M., Najafi, M.L., Asour, A.A., Mortazavi, F., Akrami, R., Miri, M., Dadvand, P., 2020. Association of exposure to air pollution and green space with ovarian reserve hormones levels. *Environmental Research* 184, 109342. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109342>.
- Abdullah, A.Y.M., Law, J., Butt, Z.A., Perlman, C. M., 2021. Understanding the Differential Impact of Vegetation Measures on Modeling the Association between Vegetation and Psychotic and Non-Psychotic Disorders in Toronto, Canada. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(9), 4713. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094713>.
- Acharya, B.K., Cao, C., Xu, M., Khanal, L., Naeem, S., Pandit, S., 2018. Temporal variations and associated remotely sensed environmental variables of dengue fever in Chitwan District, Nepal. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 7(7), 275. <https://doi.org/10.3390/ijgi7070275>.
- Adimi, F., Soebiyanto, R.P., Safi, N., Kiang, R., 2010. Towards malaria risk prediction in Afghanistan using remote sensing. *Malaria Journal*, 9, 125. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-9-125>.
- Aitken, W.W., Lombard, J., Wang, K., Toro, M., Byrne, M., Nardi, M.I., Kardys, J., Parrish, A., Dong, C., Szapocznik, J., Rundek, T., Brown, S. C., 2021. Relationship of neighborhood greenness to Alzheimer's disease and non-Alzheimer's dementia among 249,405 US Medicare beneficiaries. *Journal of Alzheimer's disease* 81(2), 597-606. doi: 10.3233/JAD-201179.
- Albert, J.S., Carnaval, A.C., Flantua, S.G.A., Lohmann, L.G., Ribas, C.C., Riff, D., Carrillo, J.D., Fan, Y., Figueiredo, J.J.P., Guayasamin, J.M., Hoorn, C., Melo, G.H., Nascimento, N., Quesada, C.A., Ulloa, C.U., Val, P., 4arieira, J., Encalada, A.C., Nobre, C.A., 2023. Human impacts outpace natural processes in the Amazon. *Science* 379, 6630. doi: 10.1126/science.abo500.
- Alencar, A., Silvestrini, R., Gomes, J., Savian, G., 2022. Amazônia em chamas: o novo e alarmante patamar do desmatamento na Amazônia. Nota técnica nº 9. Amazônia em Chamas. IPAM, Brasília, pp. 1-21.
- Aliero, M.M., Ismail, M.H., Alias, M.A., Ambursa, A.S., Muhammed, A., Umar, I., Bunza, R.M., 2022. Spatiotemporal Assessment of Land Cover Change and Vegetation Degradation Using Remote Sensing in Kebbi State, Nigeria, in: El-Askary, H., Erguler, Z.A., Karakus, M., Chaminé, H.I. (eds), *Research Developments in Geotechnics, Geo-Informatics and Remote Sensing. Advances in Science, Technology & Innovation*. Springer, Cham, pp. 347-350. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72896-0_79.
- Alvarez-Mendoza, C.I., Teodoro, A., Ordonez, J., Benitez, A., Freitas, A., Fonseca, J., 2019. Modeling the prevalence of respiratory chronic diseases risk using satellite images and environmental data. In Erbertseder, T., Chrysoulakis, N., Zhang, Y., Baier, F. (Orgs.), *Remote Sensing Technologies and Applications in Urban Environments IV*, 1115705. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*. <https://doi.org/10.1117/12.2532508>.
- Anabitarte, A., Subiza-Pérez, M., Ibarluzea, J., Azkona, K., García-Baquero, G., Miralles-Guasch, C., Irazusta, J., Whitworth, K.W., Vich, G., Lertxundi, A., 2020. Testing the multiple pathways of residential greenness to

- pregnancy outcomes model in a sample of pregnant women in the metropolitan area of Donostia-San Sebastian. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(12), 4520. doi: 10.3390/ijerph17124520.
- Aparicio, C., Bitencourt, M.D., 2004. Spatial modeling of cutaneous leishmaniasis risk zones. *Revista de Saúde Pública* 38, 511-516. doi: 10.1590/s0034-89102004000400005.
- Asta, F., Michelozzi, P., Cesaroni, G., De Sario, M., Davoli, M., Porta, D., 2021. Green spaces and cognitive development at age 7 years in a rome birth cohort: The mediating role of nitrogen dioxide. *Environmental Research* 196, 110358. doi: 10.1016/j.envres.2020.110358.
- Astuti, E.P., Dhewantara, P.W., Prasetyowati, H., Ipa, M., Herawati, C., Hendrayana, K., 2019. Paediatric dengue infection in Cirebon, Indonesia: a temporal and spatial analysis of notified dengue incidence to inform surveillance. *Parasites & vectors* 12, 186. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3446-3>.
- Banay, R.F., James, P., Hart, J.E., Kubzansky, L.D., Spiegelman, D., Okereke, O.I., Spengler, J.D., Laden, F., 2019. Greenness and depression incidence among older women. *Environmental health perspectives* 127(2), 27001. doi: 10.1289/EHP1229.
- Bao, J., Cao, Z., Huang, C., Lei, L., Yang, Y., Peng, J., Shi, X., 2021a. Modification effect of urban landscape characteristics on the association between heat and stroke morbidity: A small-scale intra-urban study in Shenzhen, China. *Science of The Total Environment* 786, 147223. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147223>.
- Bao, W.W., Yang, B.Y., Zou, Z.Y., Ma, J., Jing, J., Wang, H.J., Luo, J.Y., Zhang, X., Luo, C.Y., Wang, H., Zhao, H.P., Pan, D.H., Gui, Z.H., Zhang, J.S., Guo, Y.M., Ma, Y.H., Dong, G.H., Chen, Y. J., 2021b. Greenness surrounding schools and adiposity in children and adolescents: findings from a national population-based study in China. *Environmental Research* 192, 110289. doi: 10.1016/j.envres.2020.110289.
- Barboza, E. P., Cirach, M., Khomenko, S., Iungman, T., Mueller, N., Barrera-Gómez, J., Rojas-Rueda, D., Kondo, M., Nieuwenhuijsen, M., 2021. Green space and mortality in European cities: a health impact assessment study. *The Lancet Planetary Health* 5(10), e718-e730. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00229-1](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00229-1).
- Barrios, J.M., Verstraeten, W.W., Maes, P., Aerts, J. M., Farifteh, J., Coppin, P., 2012. Using the gravity model to estimate the spatial spread of vector-borne diseases. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 9(12), 4346-4364. doi: 10.3390/ijerph9124346.
- Bauwelinck, M., Casas, L., Nawrot, T. S., Nemery, B., Trabelsi, S., Thomas, I., Aerts, R., Lefebvre, W., Vanpoucke, C., Van Nieuwenhuysse, A., Deboosere, P., Vandenheede, H., 2021. Residing in urban areas with higher green space is associated with lower mortality risk: a census-based cohort study with ten years of follow-up. *Environment International* 148, 106365. doi: 10.1016/j.envint.2020.106365.
- Beck, L.R., Lobitz, B.M., Wood, B.L., 2000. Remote sensing and human health: new sensors and new opportunities. *Emerging infectious diseases* 6(3), 217. doi: 10.3201/eid0603.000301.
- Berrang-Ford, L., Berke, O., Sweeney, S., Abdelrahman, L., 2010. Sleeping sickness in southeastern Uganda: a spatio-temporal analysis of disease risk, 1970–2003. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* 10(10), 977-988. doi: 10.1089/vbz.2008.0196.
- Berrozpe, P.E., Lamattina, D., Santini, M.S., Araujo, A.V., Torrusio, S.E., Salomón, O.D., 2019. Spatiotemporal dynamics of *Lutzomyia longipalpis* and macro-habitat characterization using satellite images in a leishmaniasis-endemic city in Argentina. *Medical and veterinary entomology* 33, 89-98. doi: 10.1111/mve.12334.
- Biggs, R., Schlüter, M., Schoon, M. L., 2015. Principles for building resilience: sustaining ecosystem services in social-ecological systems. Cambridge University Press, Cambridge.
- Britos Molinas, M.B., Melgarejo, E.G., de Arias, A.R., 2022. Phenotypic Variations of *Aedes aegypti* Populations and Egg Abundance According to Environmental Parameters in Two Dengue-Endemic Ecoregions in Paraguay. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 107(2), 300–7. doi: 10.4269/ajtmh.21-1184.
- Browning, M.H., Rigolon, A., 2018. Do income, race and ethnicity, and sprawl influence the greenspace-human health link in city-level analyses? Findings from 496 cities in the United States. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15(7), 1541. doi: 10.3390/ijerph15071541.
- Buscail, C., Upegui, E., Viel, J.F., 2012. Mapping heatwave health risk at the community level for

- public health action. *International Journal of Health Geographics* 11, 1-9. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-11-38>.
- Bustamante, M.M., Metzger, J.P., Scariot, A.O., Bager, A., Turra, A., Barbieri, A., Neves, A., Boesing, A.L., Agostinho, A.A., Marques, A.C., Dias, B., Grelle, C.E.V., Caixeta, D., Sawyer, D., Scarano, F., Sousa, F.D.R., Fernandes, G.W., Queiroz, H., Miranda, H.S., Schongart, J., Quintão, J.M.B., Martinelli, L.A., Gomes, L.C., Cunha, M.C., Piedade, M.T.F., Sato, M.N., Vale, M.M., Aquino, M.F.S., Vogt, N., May, P., Fearnside, P., Prado, R. B., Rodrigues, R. R., Thomaz, S. M., Pivello, V. R., Imperatriz Fonseca, V. L., Farjalla, V.F., 2019. Tendências e impactos dos vetores de degradação e restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. In: Joly, C.A., Scarano, F.R., Seixas, C.S., Metzger, J.P., Ometto, J.P., Bustamante, M.M.C., Padgurschi, M.C.G., Pires, A.P.F., Castro, P.F.D., Gadda, T., Toledo, P. (Orgs.). 1º Diagnóstico brasileiro de biodiversidade e serviços ecossistêmicos. São Carlos, SP: Editora Cubo, São Carlos, pp. 93-213.
- Cao, N.W., Zhou, H.Y., Du, Y.J., Li, X.B., Chu, X.J., Li, B.Z., 2023. The effect of greenness on allergic rhinitis outcomes in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Science of the Total Environment* 10, 59, 160244. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.160244.
- Carneiro, D.D.M.T., 2004. Identificação de áreas de risco para a leishmaniose visceral americana, através de estudos epidemiológicos e sensoriamento remoto orbital, em Feira de Santana, Bahia, Brasil (2000-2002). *Revista Baiana de Saúde Pública* 28, 19-19. <https://doi.org/10.22278/2318-2660.2004.v28.n1.a1188>.
- Chang, H.T., Da Wu, C., Su, H.J., 2020. Linkage between green space structures and mental disorder in Taiwan. In: 40th Asian Conference on Remote Sensing: Progress of Remote Sensing Technology for Smart Future. Disponível em: <https://a-a-r-s.org/proceeding/ACRS2019/MoB2-6.pdf>. Acesso em: 05 out. 2022.
- Cheng, Y., Zhang, J., Wei, W., Zhao, B., 2021. Effects of urban parks on residents' expressed happiness before and during the COVID-19 pandemic. *Landscape and Urban Planning* 212, 104118. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104118>.
- Chern, Y.R., Hung, Y.C., Pan, W.C., Lung, S.C.C., Da Wu, C., 2018. Association between surrounding greenness and bipolar disorder using spatial informatics: A study in Taipei. *Taiwan Journal of Public Health* 37(5), 514-526. [https://doi.org/10.6288/TJPH.201810_37\(5\).107047](https://doi.org/10.6288/TJPH.201810_37(5).107047)
- Choe, S.A., Kauderer, S., Eliot, M.N., Glazer, K.B., Kingsley, S.L., Carlson, L., Awad, Y.A., Schwartz, J.D., Savitz, D.A. Air pollution, land use, and complications of pregnancy. *Science of The Total Environment* 645, 1057-1064. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.237>.
- Cilluffo, G., Ferrante, G., Fasola, S., Montalbano, L., Malizia, V., Piscini, A., Romaniello, V., Silvestri, M., Stramondo, S., Stafoggia, M., Ranzi, A., Viegi, G., La Grutta, S., 2018. Associations of greenness, greyness and air pollution exposure with children's health: a cross-sectional study in Southern Italy. *Environmental Health* 17, 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12940-018-0430-x>.
- Clark, C., Sbihi, H., Tamburic, L., Brauer, M., Frank, L.D., Davies, H.W., 2017. Association of long-term exposure to transportation noise and traffic-related air pollution with the incidence of diabetes: a prospective cohort study. *Environmental health perspectives* 125 (8), 087025. doi: 10.1289/EHP1279.
- Cobelo, I., Castelhana, F.J., Borge, R., Roig, H., Adams, M., Amini, H., Koutrakis, P., Réquia, W.J., 2023. The impact of wildfires on air pollution and health across land use categories in Brazil over a 16-year period. *Environmental Research* 224, 115522. doi: 10.1016/j.envres.2023.115522.
- Cohen-Cline, H., Turkheimer, E., Duncan, G.E., 2015. Access to green space, physical activity and mental health: a twin study. *Journal of Epidemiology Community Health* 69(6), 523-529. doi: 10.1136/jech-2014-204667.
- Colares, G.S., Dell'Ossel, N., Wiesel, P.G., Oliveira, G.A., Lemos, P.H.Z., da Silva, F.P., Silva, F.P., Lutterbeck, C.A., Kist, L.T., Machado, Ê. L., 2020. Floating treatment wetlands: A review and bibliometric analysis. *Science of the Total Environment* 714, 136776. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136776>.
- Coleman, C. J., Yeager, R. A., Riggs, D. W., Coleman, N. C., Garcia, G. R., Bhatnagar, A., Pope, C. A., 2021. Greenness, air pollution, and mortality risk: A US cohort study of cancer

- patients and survivors. *Environment International* 157, 106797. doi: 10.1016/j.envint.2021.106797.
- Conrad, J., Ziemann, A., Refeld, R., Parikh, N., Siraj, A., Generous, N., Valle, S.D., Fairchild, G., Manore, C., 2019. Understanding polynomial distributed lag models: truncation lag implications for a mosquito-borne disease risk model in Brazil. *Proceedings of the SPIE* 10986, pp. 172-182. <https://doi.org/10.1117/12.2536369>.
- Copertino, M., Piedade, M. T. F., Vieira, I. C. G., Bustamante, M., 2019. Desmatamento, fogo e clima estão intimamente conectados na Amazônia. *Ciência e Cultura* 71(4), 04-05.
- Corvalán, C., Hales, S., McMichael, A., 2005. *Ecosistemas y bienestar Humano: Síntesis sobre Salud. Un informe de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM). Organização Mundial da Saúde, Suíça.*
- Costanza, R., Jorgensen, S.E., 2002. Understanding and solving environmental problems in the 21st century: toward a new, integrated hard problem science. Elsevier, Amsterdã.
- Crouse, D.L., Pinault, L., Christidis, T., Lavigne, E., Thomson, E.M., Villeneuve, P.J., 2021. Residential greenness and indicators of stress and mental well-being in a Canadian national-level survey. *Environmental research* 192, 110267. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110267>.
- da Costa, S.M., Cordeiro, J.L.P., Rangel, E.F., 2018. Environmental suitability for *Lutzomyia* (Nyssomyia) whitmani (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) and the occurrence of American cutaneous leishmaniasis in Brazil. *Parasites & Vectors* 11(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2742-7>.
- Daudt, H.M., van Mossel, C., Scott, S.J., 2013. Enhancing the scoping study methodology: a large, inter-professional team's experience with Arksey and O'Malley's framework. *BMC medical research methodology* 13, 1-9. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-13-48>.
- Davis, Z., Guhn, M., Jarvis, I., Jerrett, M., Nesbitt, L., Oberlander, T., Sbihi, H., Su, J., van den Bosch, M., 2021. The association between natural environments and childhood mental health and development: A systematic review and assessment of different exposure measurements. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 235, 113767. doi: 10.1016/j.ijheh.2021.113767.
- de Bont, J., Hughes, R., Tilling, K., Díaz, Y., de Castro, M., Cirach, M., Fossati, S., Nieuwenhuijsen, M., Duarte-Salles, T., Vrijheid, M., 2020. Early life exposure to air pollution, green spaces and built environment, and body mass index growth trajectories during the first 5 years of life: A large longitudinal study. *Environmental Pollution* 266, 115266. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115266>.
- de Jalón, S. G., Chiabai, A., Quiroga, S., Suárez, C., Ščasný, M., Máca, V., Zvěřinová, I., Marques, S., Craveiro, D., Taylor, T., 2021. The influence of urban greenspaces on people's physical activity: A population-based study in Spain. *Landscape and Urban Planning* 215, 104229. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104229>.
- de Keijzer, C., Tonne, C., Sabia, S., Basagaña, X., Valentín, A., Singh-Manoux, A., Antó, J.A., Alonso, J., Nieuwenhuijsen, M.J., Sunyer, J., Dadvand, P., 2019. Green and blue spaces and physical functioning in older adults: Longitudinal analyses of the Whitehall II study. *Environment international* 122, 346-356. doi: 10.1016/j.envint.2018.11.046.
- de Keijzer, C., Agis, D., Ambrós, A., Arévalo, G., Baldasano, J.M., Bande, S., Barrera-Gómez, J., Benach, J., Cirach, M., Dadvand, P., Ghigo, S., Martinez-Solanas, È., Nieuwenhuijsen, M., Cadum E., MED-HISS Study group., 2017. The association of air pollution and greenness with mortality and life expectancy in Spain: A small-area study. *Environment international* 99, 170-176. doi: 10.1016/j.envint.2016.11.009.
- de Santana, M.R.M., Bavia, M. E., Fonseca, E. O. L., Cova, B. O., Silva, M. M. N., Carneiro, D. D. M. T., Cardim, L.L., Malone, J. B., 2019. Ecological niche models for sand fly species and predicted distribution of *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae) and visceral leishmaniasis in Bahia state, Brazil. *Environmental monitoring and assessment* 191(2), 1-12. doi: 10.1007/s10661-019-7431-2.
- Denpetkul, T., Phosri, A., 2021. Daily ambient temperature and mortality in Thailand: Estimated effects, attributable risks, and effect modifications by greenness. *Science of the Total Environment* 791, 148373. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148373>.
- Dhewantara, P.W., Zhang, W., Al Mamun, A., Yin, W.W., Ding, F., Guo, D., Hu, W., Magalhães, R.J.S., 2020. Spatial distribution of leptospirosis incidence in the Upper Yangtze and Pearl River Basin, China: Tools to support

- intervention and elimination. *Science of the Total Environment* 725, 138251. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138251>.
- Dong, X., Liu, X., Zhang, L., Li, R., Tu, R., Hou, J., Mao, Z., Huo, W., Guo, Y., Li, S., Chen, G., Wang, C., 2021. Residential greenness associated with lower serum uric acid levels and hyperuricemia prevalence in a large Chinese rural population. *Science of the Total Environment* 770, 145300. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.145300.
- Ebhuoma, O., Gebreslasie, M., 2016. Remote sensing-driven climatic/environmental variables for modelling malaria transmission in Sub-Saharan Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 13(6), 584. <https://doi.org/10.3390/ijerph13060584>.
- Ewane, E.B., 2021. Land Use Land Cover Change and the Resilience of Social-Ecological Systems in a Sub-Region in South West Cameroon. *Environmental Monitoring and Assessment* 193, 338. doi: 10.1007/s10661-021-09077-z.
- Fan, J., Guo, Y., Cao, Z., Cong, S., Wang, N., Lin, H., Wang, C., Bao, H., Lv, X., Wang, B., Gao, Y., Chen, Y., Yang, T., Wang, L., Wang, C., Ruan, Z., Fang, L., 2020. Neighborhood greenness associated with chronic obstructive pulmonary disease: A nationwide cross-sectional study in China. *Environment International* 144, 106042.
- Fastring, D.R., Griffith, J.A., 2009. Malaria incidence in Nairobi, Kenya and dekadal trends in NDVI and climatic variables. *Geocarto International* 24(3), 207-221. <https://doi.org/10.1080/10106040802491835>.
- Faurie, C., Varghese, B.M., Liu, J., Bi, P., 2022. Association between high temperature and heatwaves with heat-related illnesses: A systematic review and meta-analysis. *Science of the Total Environment* 852, 158332. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.158332.
- Fearnside, P.M., 2005. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. *Megadiversidade* 1, 113-123.
- Fearnside, P.M., 2017. Deforestation of the Brazilian Amazon. In: H. Shugart (ed.) *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*. Oxford University Press, New York, USA.
- Fernandes, T., Hacon, S.S., Novais, J.W.Z., 2021. Mudanças climáticas, poluição do ar e repercussões na saúde humana: Revisão Sistemática. *Revista Brasileira de Climatologia* 28, 138-164. doi: <http://dx.doi.org/10.5380/rbclima.v28i0.72297>.
- Ferrao, J.L., Niquisse, S., Mendes, J.M., Painho, M., 2018. Mapping and modelling malaria risk areas using climate, socio-demographic and clinical variables in Chimoio, Mozambique. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15(4), 795. doi: 10.3390/ijerph15040795.
- Folke, C., Jansson, Å., Rockström, J., Olsson, P., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Crépin, A.S., Daily, G., Danell, K., Ebbesson, J., Elmqvist, T., Galaz, V., Moberg, F., Nilsson, M., Österblom, H., Ostrom, E., Persson, A., Peterson, G., Polasky, S., Steffen, W., Walker, B., Westley, F., 2011. Reconnecting to the biosphere. *Ambio* 40(7), 719-738. <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0184-y>.
- Folke, C., Biggs, R., Norström, A.V., Reyers, B., Rockström, J., 2016. Social-ecological resilience and biosphere-based sustainability science. *Ecology and Society* 21(3), 41. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08748-210341>.
- Folke, C., 2016. Resilience (republished). *Ecology and society* 21(4), 44. <https://doi.org/10.5751/ES-09088-210444>.
- Frake, A.N., Peter, B.G., Walker, E.D., Messina, J.P., 2020. Leveraging big data for public health: Mapping malaria vector suitability in Malawi with Google Earth Engine. *Plos one* 15(8), e0235697. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235697>.
- Gascon, M., Cirach, M., Martínez, D., Dadvand, P., Valentín, A., Plasència, A., Nieuwenhuijsen, M.J., 2016. Normalized difference vegetation index (NDVI) as a marker of surrounding greenness in epidemiological studies: The case of Barcelona city. *Urban Forestry & Urban Greening* 19, 88-94. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.07.001>.
- German, A., Espinosa, M.O., Abril, M., Scavuzzo, C.M., 2018. Exploring satellite based temporal forecast modelling of *Aedes aegypti* oviposition from an operational perspective. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 11, 231-240. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.07.006>.
- Gernes, R., Brokamp, C., Rice, G.E., Wright, J.M., Kondo, M.C., Michael, Y.L., Donovan, G.H., Gatzolis, D., Bernstein, D., LeMasters, G.K., Lockey, J.E., Hershey, G.K.K., Ryan, P.H., 2019. Using high-resolution residential greenspace measures in an urban environment to assess risks of allergy outcomes in children. *Science of the total environment* 668,

- 760-767.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.009>.
- Glazer, K.B., Eliot, M.N., Danilack, V.A., Carlson, L., Phipps, M.G., Dadvand, P., Savitz, D.A., Wellenius, G. A., 2018. Residential green space and birth outcomes in a coastal setting. *Environmental research* 163, 97-107. doi: 10.1016/j.envres.2018.01.006.
- Grazuleviciene, R., Andrusaityte, S., Gražulevičius, T., Dèdelè, A., 2020. Neighborhood social and built environment and disparities in the risk of hypertension: A cross-sectional study. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(20), 7696. doi: 10.3390/ijerph17207696.
- Guimarães, R.J., Freitas, C.C., Dutra, L.V., Moura, C., Amaral, R.S., Drummond, S.C., Scholte, R.G., Carvalho, O. S., 2008. Schistosomiasis risk estimation in Minas Gerais State, Brazil, using environmental data and GIS techniques. *Acta Tropica* 108(2-3), 234-241. doi: 10.1016/j.actatropica.2008.07.001.
- Gupta, R., Sharma, M., Singh, G., Joshi, R.K., 2023. Characterizing Urban Growth and Land Surface Temperature in the Western Himalayan Cities of India using Remote Sensing and Spatial Metrics. *Frontiers in Environmental Science* 11,1122935. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1122935>.
- Ha, T.V., Kim, W., Nguyen-Tien, T., Lindahl, J., Nguyen-Viet, H., Thi, N.Q., Nguyen, H.V., Unger, F., Lee, H.S., 2021. Spatial distribution of Culex mosquito abundance and associated risk factors in Hanoi, Vietnam. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 15(6), e0009497. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009497>.
- Hakkour, M., Hmamouch, A., Mahmoud El Alem, M., Bouyahya, A., Balahbib, A., El Khazraji, A., Fellah, H., Sadak, A., Sebti, F., 2020. Risk factors associated with leishmaniasis in the most affected provinces by leishmania infantum in Morocco. *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases* 2020, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2020/6948650>.
- Haque, U., Hashizume, M., Glass, G. E., Dewan, A.M., Overgaard, H.J., Yamamoto, T., 2010. The role of climate variability in the spread of malaria in Bangladeshi highlands. *PloS one* 5(12), e14341. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014341>
- Hartwig, S.V., Ignotti, E., 2019. Variações meteorológicas e as alterações de pressão arterial dos pacientes em hemodiálise: revisão sistemática. *Revista Brasileira de Climatologia* 25, 319-336. doi: 10.5380/abclima.v25i0.64761.
- Hendy, A., Hernandez-Acosta, E., Chaves, B.A., Fé, N.F., Valério, D., Mendonça, C., Lacerda, M.V.G., Buenemann, M., Vasilakis, N., Hanley, K. A., 2020. Into the woods: Changes in mosquito community composition and presence of key vectors at increasing distances from the urban edge in urban forest parks in Manaus, Brazil. *Acta tropica* 206, 105441. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105441>.
- Hira, F. S., Asad, A., Farrah, Z., Basit, R. S., Mehreen, F., Muhammad, K., 2018. Patterns of occurrence of dengue and chikungunya, and spatial distribution of mosquito vector Aedes albopictus in Swabi district, Pakistan. *Tropical Medicine & International Health* 23(9), 1002-1013. doi: 10.1111/tmi.13125. Epub 2018 Jul 17.
- Holland, I., DeVille, N.V., Browning, M.H., Buehler, R.M., Hart, J.E., Hipp, J.A., Mitchell, R., Rakow, D.A., Schiff, J.E., White, M.P., Yin, J., James, P., 2021. Measuring nature contact: a narrative review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(8), 4092. doi: 10.3390/ijerph18084092.
- Hönig, V., Švec, P., Marek, L., Mrkvicka, T., Dana, Z., Wittmann, M., Masař, O., Szturcová, D., Růžek, D., Pfister, K., Grubhoffer, L., 2019. Model of risk of exposure to Lyme borreliosis and tick-borne encephalitis virus-infected ticks in the border area of the Czech Republic (South Bohemia) and Germany (Lower Bavaria and Upper Palatinate). *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16(7), 1173.
- Hu, C.Y., Yang, X.J., Gui, S.Y., Ding, K., Huang, K., Fang, Y., Jiang, Z.X., Zhang, X.J., 2021. Residential greenness and birth outcomes: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Environmental research*, 193, 110599. doi: 10.1016/j.envres.2020.110599.
- Hu, Y., Li, R., Bergquist, R., Lynn, H., Gao, F., Wang, Q., Zhang, S., Sun, L., Zhang, Z., Jiang, Q., 2015. Spatio-temporal transmission and environmental determinants of schistosomiasis japonica in Anhui Province, China. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 9(2), e0003470. doi: 10.1371/journal.pntd.0003470.
- Hu, Y., Raza, A., Syed, N.R., Acharki, S., Ray, R.L., Hussain, S., Dehghanisanij, H., Zubair, M., Elbeltagi, A., 2023. Land Use/Land Cover Change Detection and NDVI Estimation in Pakistan's Southern Punjab Province.

- Sustainability 15, 3572. <https://doi.org/10.3390/su15043572>.
- Huang, L., Schmid, K.L., Zhang, J., Yang, G.Y., Wu, J., Yin, X.N., He, G., Ruan, Z., Jiang, X.Q., Wu, C.A., Chen, W.Q., 2021. Association between greater residential greenness and decreased risk of preschool myopia and astigmatism. *Environmental Research* 196, 110976. doi: 10.1016/j.envres.2021.110976.
- Huang, S., Tang, L., Hupy, J.P., Wang, Y., Shao, G., 2021. A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *Journal of Forestry Research* 32(1), 1-6. <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01155-1>.
- Huang, W. Z., Yang, B. Y., Yu, H. Y., Bloom, M. S., Markevych, I., Heinrich, J., Knibbs, L.D., Leskinen, A., Dharmage, S.C., Jalaludin, B., Morawska, L., Jalava, P., Guo, Y., Lin, S., Zhou, Y., Liu, R.Q., Feng, D., Hu, L.W., Zeng, X.W., Hu, Q., Yu, Y., Dong, G.H., 2020. Association between community greenness and obesity in urban-dwelling Chinese adults. *Science of the Total Environment*, 702, 135040. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.135040.
- Hystad, P., Davies, H. W., Frank, L., Van Loon, J., Gehring, U., Tamburic, L., Brauer, M., 2014. Residential greenness and birth outcomes: evaluating the influence of spatially correlated built-environment factors. *Environmental health perspectives*, 122(10), 1095-1102. doi: 10.1289/ehp.1308049.
- Ibrahim, S. J., Mazelan, N., Suleiman, Z., Jelip, J., Hamid, M. H. A., Soliano, H. S., Ching, O. C., Ibrahim, A. S., 2020. The role of environmental and epidemiological in mapping susceptibility malaria disease in Ranau district using remote sensing and GIS. In 40th Asian Conference on Remote Sensing: Progress of Remote Sensing Technology for Smart Future, ACRS 2019. Disponível em: <https://a-a-r-s.org/proceeding/ACRS2019/MoB2-6.pdf>. Acesso em: 05 out. 2022.
- Itzkin, A., Scholes, M.C., Clifford-Holmes, J.K., Rowntree, K., Van Der Waal, B., Coetzer, K., 2021. A Social-Ecological Systems Understanding of Drivers of Degradation in the Tsitsa River Catchment to Inform Sustainable Land Management. *Sustainability* 13, 516. <https://doi.org/10.3390/su13020516>.
- Iyer, H. S., James, P., Valeri, L., Bajunirwe, F., Nankya-Mutyoba, J., Njelekela, M., Chiwanga, F., Sewram, V., Ajayi, I., Adebamowo, C., Dalal, S., Reid, T.G., Rebbeck, T.R., Adami, H.O., Holmes, M.D., 2021. Neighborhood greenness and burden of non-communicable diseases in Sub-Saharan Africa: A multi-country cross-sectional study. *Environmental Research* 196, 110397. doi: 10.1016/j.envres.2020.110397.
- Jenerette, G. D., Harlan, S. L., Buyantuev, A., Stefanov, W. L., Deplet-Barreto, J., Ruddell, B. L., Myint, S.W., Kaplan, S., Li, X., 2016. Micro-scale urban surface temperatures are related to land-cover features and residential heat related health impacts in Phoenix, AZ USA. *Landscape ecology* 31(4), 745-760. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0284-3>.
- Juergens, C., Meyer-Heß, M. F., 2020. Application of NDVI in Environmental Justice, Health and Inequality Studies–Potential and Limitations in Urban Environments. Preprints 2020, 2020080499. <https://doi.org/10.20944/preprints202008.0499.v1>.
- Juergens, C., Meyer-Heß, M.F., 2022. Experimental Analysis of Geo-spatial Data to Evaluate Urban Greenspace: A Case Study in Dortmund, Germany. *KN - Journal of Cartography and Geographic Information* 72, 153–171. <https://doi.org/10.1007/s42489-022-00107-5>.
- Kamel Boulos, M.N., Wilson, J.P., 2023. Geospatial techniques for monitoring and mitigating climate change and its effects on human health. *International Journal of Health Geographics* 22, 2. <https://doi.org/10.1186/s12942-023-00324-9>.
- Kelly, M., Blanchard, S. D., Kersten, E., Koy, K., 2011. Terrestrial remotely sensed imagery in support of public health: New avenues of research using object-based image analysis. *Remote Sensing* 3(11), 2321-2345. <https://doi.org/10.3390/rs3112321>.
- Kgaphola, M.J., Ramoelo, A., Odindi, J., Mwenge Kahinda, J.M., Seetal, A., Musvoto, C., 2023. Social–Ecological System Understanding of Land Degradation in Response to Land Use and Cover Changes in the Greater Sekhukhune District Municipality. *Sustainability* 15, 3850. <https://doi.org/10.3390/su15043850>.
- Khan, N.U., Khan, U.R., Ahmed, N., Ali, A., Raheem, A., Soomar, S.M., Waheed, S., Kerai, S.M., Baig, M.A., Salman, S., Saleem, S.G., Jamali, S., Razzak, J.A., 2023. Improvement in the diagnosis and practices of emergency healthcare providers for heat emergencies after HEAT (heat emergency awareness & treatment) an educational intervention: a multicenter quasi-experimental study. *BMC Emergency Medicine* 23, 12. doi: 10.1186/s12873-022-00768-5.

- Kim, S., Kim, H., Lee, J. T., 2019. Interactions between ambient air particles and greenness on cause-specific mortality in seven Korean metropolitan cities, 2008–2016. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(10), 1866. doi: 10.3390/ijerph16101866.
- Kitchenham, B., Charters, S., 2007. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Disponível em: <https://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/kitchenham.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2022.
- Koumetio Tekouabou, S.C., Diop, E.B., Azmi, R., Chenal, J., 2023. Artificial Intelligence Based Methods for Smart and Sustainable Urban Planning: A Systematic Survey. *Archives of Computational Methods in Engineering* 30, 1421–1438. <https://doi.org/10.1007/s11831-022-09844-2>.
- Klompaker, J.O., Hoek, G., Bloemsma, L.D., Gehring, U., Strak, M., Wijga, A.H., van den Brink, C., Brunekreef, B., Lebret, E., Janssen, N.A., 2018. Green space definition affects associations of green space with overweight and physical activity. *Environmental Research* 160, 531-540. doi: 10.1016/j.envres.2017.10.027.
- Klompaker, J.O., Hoek, G., Bloemsma, L.D., Marra, M., Wijga, A.H., van den Brink, C., Brunekreef, B., Lebret, E., Gehring, U., Janssen, N.A., 2020. Surrounding green, air pollution, traffic noise exposure and non-accidental and cause-specific mortality. *Environment international* 134, 105341. doi: 10.1016/j.envint.2019.105341.
- Knobel, P., Kondo, M., Maneja, R., Zhao, Y., Dadvand, P., Schinasi, L.H., 2021. Associations of objective and perceived greenness measures with cardiovascular risk factors in Philadelphia, PA: A spatial analysis. *Environmental Research* 197, 110990. doi: 10.1016/j.envint.2019.105341.
- Kriegler, F. J., Malila, W. A., Nalepka, R. F., Richardson, W., 1969. Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition. *Remote sensing of environment* VI, 97.
- Kruize, H., van Kamp, I., van den Berg, M., van Kempen, E., Wendel-Vos, W., Ruijsbroek, A., Swart, W., Maas, J., Gidlow, C., Smith, G., Ellis, N., Hurst, G., Masterson, D., Triguero-Mas, M., Cirach, M., Gražulevičienė, R., van den Hazel, P. Nieuwenhuijsen, M., 2020. Exploring mechanisms underlying the relationship between the natural outdoor environment and health and well-being—Results from the PHENOTYPE project. *Environment International* 134, 105173. doi: 10.1016/j.envint.2019.105173.
- Kuiper, I. N., Markevych, I., Accordini, S., Bertelsen, R. J., Bråbäck, L., Christensen, J. H., Forsberg B, Halvorsen T, Heinrich J, Hertel O, Hoek G, Holm M, de Hoogh K, Janson C, Malinowski A, Marcon A, Sigsgaard T, Svanes C., Johannessen, A., 2020. Associations of preconception exposure to air pollution and greenness with offspring asthma and hay fever. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(16), 5828. doi: 10.3390/ijerph17165828.
- Kuiper, I.N., Svanes, C., Markevych, I., Accordini, S., Bertelsen, R. J., Bråbäck, L., Heile Christensen, J., Forsberg, B., Halvorsen, T., Heinrich, J., Hertel, O., Hoek, G., Holm, M., de Hoogh, K., Janson, C., Malinowski, A., Marcon, A., Miodini Nilsen, R., Sigsgaard, T., Johannessen, A., 2021. Lifelong exposure to air pollution and greenness in relation to asthma, rhinitis and lung function in adulthood. *Environment International* 146, 106219. doi: 10.1016/j.envint.2020.106219.
- Kwon, M.Y., Lee, J.S., Park, S., 2019. The effect of outdoor air pollutants and greenness on allergic rhinitis incidence rates: a cross-sectional study in Seoul, Korea. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 26(3), 258-267. <https://doi.org/10.1080/13504509.2019.1570982>.
- LaPES UFSCar., 2017. Termos e Condições de Uso Da Ferramenta StArt. São Carlos.
- LeBrasseur, R., 2022. Linking human wellbeing and urban greenspaces: Applying the SoftGIS tool for analyzing human wellbeing interaction in Helsinki, Finland. *Frontiers in Environmental Science* 10,950894. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.950894>.
- Lee, H.Y., Wu, Y.H., Asri, A.K., Chen, T.H., Pan, W.C., Yu, C.P., Su, H., Wu, C.D., 2020. Linkage between residential green spaces and allergic rhinitis among Asian children (case study: Taiwan). *Landscape and Urban Planning* 202, 103868. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103868>.
- Lee, M., Kim, S., Ha, M., 2019. Community greenness and neurobehavioral health in children and adolescents. *Science of the total environment* 672, 381-388. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.03.454.
- Lee, P.C., Wu, C.D., Tsai, H.J., Tsai, H.Y., Lin, S.H., Wu, C.K., Hung, C.Y., Yao, T.C., 2021. Residential greenness and birth outcomes:

- Evaluating the mediation and interaction effects of particulate air pollution. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 211, 111915. doi: 10.1016/j.ecoenv.2021.111915.
- Leffler, T.G., Hoffmann, R., Patz, J., 2022. Malaria prevalence and forest cover change in Kenya: a geospatial analysis. *The Lancet Planetary Health* 6, S10. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00272-8](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00272-8).
- Li, D., Newman, G., Zhang, T., Zhu, R., Horney, J., 2021. Coping with post-hurricane mental distress: The role of neighborhood green space. *Social Science & Medicine* 281, 114084. doi: 10.1016/j.socscimed.2021.114084.
- Li, L., Hart, J. E., Coull, B. A., Cao, S. J., Spengler, J. D., Adamkiewicz, G., 2019. Effect of residential greenness and nearby parks on respiratory and allergic diseases among middle school adolescents in a Chinese city. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16(6), 991. doi: 10.3390/ijerph16060991.
- Li, R., Chen, G., Jiao, A., Lu, Y., Guo, Y., Li, S., Wang, C., Xiang, H., 2021. Residential green and blue spaces and type 2 diabetes mellitus: A population-based health study in China. *Toxics* 9, 11. doi: 10.3390/toxics9010011.
- Li, S., Ren, H., Hu, W., Lu, L., Xu, X., Zhuang, D., Liu, Q., 2014. Spatiotemporal heterogeneity analysis of hemorrhagic fever with renal syndrome in China using geographically weighted regression models. *International journal of environmental research and public health* 11(12), 12129-12147. doi: 10.3390/ijerph111212129.
- Liao, J., Chen, X., Xu, S., Li, Y., Zhang, B., Cao, Z., Zhang, Y., Liang, S., Hu, K., Xia, W., 2019. Effect of residential exposure to green space on maternal blood glucose levels, impaired glucose tolerance, and gestational diabetes mellitus. *Environmental research* 176, 108526. doi: 10.1016/j.envres.2019.108526.
- Lin, B.C., Yen, Y. T., Lao, X.Q., Chen, Y.H., Chan, T.C., 2019. Association between neighborhood greenspace and fasting plasma glucose from a large cohort study in Taiwan. *Urban Forestry & Urban Greening* 44, 126439. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126439>.
- Lin, L., Dong, G., Tang, N., Chen, Y., Cai, L., 2021. Association between residential greenness and glycosylated hemoglobin in pregnant women: findings from the baseline data of Yuexiu birth cohort. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 234, 113721. doi: 10.1016/j.ijheh.2021.113721.
- Liss, A., Koch, M., Naumova, E.N., 2012. Depiction of climate zones in the conterminous United States using remote sensing: Application to vulnerability assessment and public health. In 32th Asian Conference on Remote Sensing, ACRS 2012. Disponível em: [https://a-a-r-s.org/proceeding/ACRS2012/ProceedingACRS2012/TechnicalSessions/B6HealthSci\(1\)/B6-4.pdf](https://a-a-r-s.org/proceeding/ACRS2012/ProceedingACRS2012/TechnicalSessions/B6HealthSci(1)/B6-4.pdf). Acesso em: 05 out. 2022.
- Liu, H. N., Gao, L. D., Chowell, G., Hu, S. X., Lin, X. L., Li, X.J., Ma, G.H., Huang, R., Yang, H.S., Tian, H., Xiao, H., 2014. Time-specific ecologic niche models forecast the risk of hemorrhagic fever with renal syndrome in Dongting Lake district, China, 2005–2010. *PLoS One* 9(9), e106839. doi: 10.1371/journal.pone.0106839.
- Liu, H., Weng, Q., 2012. Enhancing temporal resolution of satellite imagery for public health studies: A case study of West Nile Virus outbreak in Los Angeles in 2007. *Remote Sensing of Environment* 117, 57-71. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.06.023>.
- Liu, T., Cai, B., Peng, W., Xiao, L., Shi, H., Wu, X., Gal, H., Jia, X., 2021. Association of neighborhood greenness exposure with cardiovascular diseases and biomarkers. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 234, 113738. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2021.113738>
- Liu, Y., Wang, R., Grekousis, G., Liu, Y., Yuan, Y., Li, Z., 2019. Neighbourhood greenness and mental wellbeing in Guangzhou, China: What are the pathways? *Landscape and urban planning* 190, 103602. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103602>.
- Lo, C. P., Quattrochi, D.A., 2003. Land-use and land-cover change, urban heat island phenomenon, and health implications. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 69(9), 1053-1063. doi: 10.14358/PERS.69.9.1053.
- Manyangadze, T., Chimbari, M.J., Macherera, M., Mukaratirwa, S., 2017. Micro-spatial distribution of malaria cases and control strategies at ward level in Gwanda district, Matabeleland South, Zimbabwe. *Malaria Journal* 16, 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12936-016-1651-5>.
- Margerison, C. E., Pearson, A.L., Lin, Z., Sanciangco, J., 2021. Changes in residential greenness between pregnancies and birth outcomes: longitudinal evidence from Michigan births 1990-2012. *International*

- Journal of Epidemiology 50, 190-198. doi: 10.1093/ije/dyaa158.
- McEachan, R.R., Yang, T.C., Roberts, H., Pickett, K.E., Arseneau-Powell, D., Gidlow, C.J., Wright, J., Nieuwenhuijsen, M., 2018. Availability, use of, and satisfaction with green space, and children's mental wellbeing at age 4 years in a multicultural, deprived, urban area: results from the Born in Bradford cohort study. *The Lancet Planetary Health* 2(6), e244-e254. doi: 10.1016/S2542-5196(18)30119-0.
- McMahon, A., Mihretie, A., Ahmed, A.A., Lake, M., Awoke, W., Wimberly, M.C., 2021. Remote sensing of environmental risk factors for malaria in different geographic contexts. *International Journal of Health Geographics* 20, 1-15. doi: 10.1186/s12942-021-00282-0.
- McMorris, O., Villeneuve, P. J., Su, J., Jerrett, M., 2015. Urban greenness and physical activity in a national survey of Canadians. *Environmental Research* 137, 94-100. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.11.010>.
- Meng, R., Xu, B., Zhao, F., Dong, Y., Wang, C., Sun, R., Zhou, Y., Zhou, L., Gong, S., Zhang, D. 2022. Characterizing the provision and inequality of primary school greenspaces in China's major cities based on multi-sensor remote sensing. *Urban Forestry & Urban Greening* 75, 127670. doi: 10.1016/j.ufug.2022.127670.
- Mello, N.G.R.D., Artaxo, P., 2017. Evolução do plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia legal. *Revista do Instituto de Estudos Brasileiros* 66, 108-129. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-901X.v0i66p108-129>.
- Meza-Ballesta, A., Gónima, L., 2014. Influência del clima y de la cobertura vegetal en la ocurrencia del Dengue (2001-2010). *Revista de Salud Pública* 16, 293-306. doi: 10.15446/rsap.v16n2.38146.
- Microsoft., 2022. Excel. Versão 2208 Build 16.0.15601.20148. Redmond.
- Mollalo, A., Khodabandehloo, E., 2016. Zoonotic cutaneous leishmaniasis in northeastern Iran: A GIS-based spatio-temporal multi-criteria decision-making approach. *Epidemiology & Infection* 144(10), 2217-2229. doi: 10.1017/S0950268816000224.
- Moon, J., Chae, T.B., 2018. Estimation of environmental impact to human health by associating greenness and cancer. Disponível em: [https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071870672&partnerID=40&md5=7a0c456f29884d120f46ce5dc8f2428d)
- [85071870672&partnerID=40&md5=7a0c456f29884d120f46ce5dc8f2428d](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071870672&partnerID=40&md5=7a0c456f29884d120f46ce5dc8f2428d). Acesso: 27 jul. 2022.
- Moran, M.R., Bilal, U., Dronova, I., Ju, Y., Gouveia, N., Caiaffa, W.T., Frache, A.A.L., Moore, K., Miranda, J.J., Rodríguez, D.A., 2021. The equigenic effect of greenness on the association between education with life expectancy and mortality in 28 large Latin American cities. *Health & Place* 72, 102703. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2021.102703>.
- Nichani, V., Turley, L., Vena, J.E., McCormack, G.R., 2020. Associations between the neighbourhood characteristics and body mass index, waist circumference, and waist-to-hip ratio: Findings from Alberta's Tomorrow Project. *Health & Place* 64, 102357. doi: 10.1016/j.healthplace.2020.102357.
- Okiring, J., Routledge, I., Epstein, A., Namuganga, J.F., Kamya, E.V., Obeng-Amoako, G.O., Sebuguzi, C.M., Rutazaana, D., Kalyango, J.N., Kamya, M.R., Dorsey, G., Wesonga, R., Kiwuwa, S.M., Nankabirwa, J.I., 2021. Associations between environmental covariates and temporal changes in malaria incidence in high transmission settings of Uganda: a distributed lag nonlinear analysis. *BMC public health* 21, 1-11. doi: 10.1186/s12889-021-11949-5.
- Oliveira, M., Teodoro, A.C., Freitas, A., Bernardes, J., Gonçalves, H., 2016. Spatio-temporal analysis of preterm birth in Portugal and its relation with environmental variables. *Remote Sensing Technologies and Applications in Urban Environments* 10008, 88-97. doi: 10.1117/12.2241082.
- Orusa, T., Orusa, R., Viani, A., Carella, E., Borgogno Mondino, E., 2020. Geomatics and EO data to support wildlife diseases assessment at landscape level: A pilot experience to map infectious keratoconjunctivitis in chamois and phenological trends in Aosta Valley (NW Italy). *Remote Sensing* 12(21), 3542. <https://doi.org/10.3390/rs12213542>.
- Ostrom, E., 2009. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science* 325(5939), 419-422. doi: 10.1126/science.1172133.
- Petcu, M.A., Ionescu-Feleaga, L., Ionescu, B.S., Moise, D.F., 2023. A Decade for the Mathematics: Bibliometric Analysis of Mathematical Modeling in Economics, Ecology, and Environment. *Mathematics* 11, 365. <https://doi.org/10.3390/math11020365>.

- Peters, M.D., Godfrey, C.M., Khalil, H., McInerney, P., Parker, D., Soares, C.B., 2015. Guidance for conducting systematic scoping reviews. *JBIEvidence Implementation* 13(3), 141-146. doi: 10.1097/XEB.0000000000000050.
- Peters, M.D., Godfrey, C.M., McInerney, P., Soares, C.B., Khalil, H., Parker, D., 2015. The Joanna Briggs Institute reviewers' manual 2015: methodology for JBI scoping reviews, The Joanna Briggs Institute, Adelaide.
- Petrosillo, I., Aretano, R., Zurlini, G., 2015. Socioecological systems. *Encyclopedia of Ecology* 4, 419-425. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-409548-9.09518-x>.
- Portal de Periódicos Da Capes, 2022. Listas de bases. Disponível em: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ez181.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/lista-a-z-bases.html>. Acesso: 27 jul. 2022.
- Poulsen, M.N., Schwartz, B.S., Nordberg, C., DeWalle, J., Pollak, J., Imperatore, G., Mercado, C.I., Siegel, K.R., Hirsch, A.G., 2021. Association of greenness with blood pressure among individuals with type 2 diabetes across rural to urban community types in Pennsylvania, USA. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(2), 614. doi: 10.3390/ijerph18020614.
- Prioli Duarte, D., Peres, C.A., Perdomo, E.F.C., Guizar-Coutiño, A., Nelson, B.W., 2023. Reducing natural vegetation loss in Amazonia critically depends on the formal recognition of indigenous lands. *Biological Conservation* 279, 109936. doi: 10.1016/j.biocon.2023.109936.
- Pullan, R.L., Bethony, J.M., Geiger, S.M., Cundill, B., Correa-Oliveira, R., Quinnell, R. J., Brooker, S., 2008. Human helminth co-infection: analysis of spatial patterns and risk factors in a Brazilian community. *PLoS neglected tropical diseases* 2(12), e352. doi: 10.1371/journal.pntd.0000352.
- Qiu, C., Ji, J.S., Bell, M.L., 2021. Effect modification of greenness on temperature-mortality relationship among older adults: A case-crossover study in China. *Environmental research* 197, 111112. doi: 10.1016/j.envres.2021.111112.
- Qiu, G.Y., Li, H.Y., Zhang, Q.T., Wan, C.H.E.N., Liang, X.J., Li, X.Z., 2013. Effects of evapotranspiration on mitigation of urban temperature by vegetation and urban agriculture. *Journal of Integrative Agriculture* 12(8), 1307-1315. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60543-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60543-2).
- Qiu, J., Li, R., Xu, X., Yu, C., Xia, X., Hong, X., Chang, B., Yi, F., Shi, Y., 2014. Identifying determinants of *Oncomelania hupensis* habitats and assessing the effects of environmental control strategies in the plain regions with the waterway network of China at the microscale. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 11(6), 6571-6585. doi: 10.3390/ijerph110606571.
- Qu, Y., Yang, B., Lin, S., Bloom, M.S., Nie, Z., Ou, Y., Mai, J., Wu, Y., Gao, X., Dong, G., Liu, X., 2020. Associations of greenness with gestational diabetes mellitus: The Guangdong Registry of Congenital Heart Disease (GRCHD) study. *Environmental Pollution* 266, 115127. doi: 10.1016/j.envpol.2020.115127.
- Rai, P.K., Nathawat, M.S., Rai, S., 2014. Using the information value method in a geographic information system and remote sensing for malaria mapping: a case study from India. *Journal of Innovation in Health Informatics* 21, 43-52. doi: 10.14236/jhi.v21i1.38.
- Raskin, P., 2006. *World Lines. Pathways, Pivots, and the Global Future*, Tellus Institute, Boston.
- Reyers, B., Biggs, R., Cumming, G. S., Elmqvist, T., Hejnowicz, A. P., Polasky, S., 2013. Getting the measure of ecosystem services: a social-ecological approach. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11(5), 268-273. <https://doi.org/10.1890/120144>.
- Rigg, C.A., Hurtado, L.A., Calzada, J.E., Chaves, L.F., 2019. Malaria infection rates in *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae) at Ipeti-Guna, a village within a region targeted for malaria elimination in Panamá. *Infection, Genetics and Evolution*, 69, 216-223. doi: 10.1016/j.meegid.2019.02.003.
- Rigolon, A., Browning, M.H., McAnirlin, O., Yoon, H., 2021. Green space and health equity: a systematic review on the potential of green space to reduce health disparities. *International journal of environmental research and public health* 18(5), 2563. doi: 10.3390/ijerph18052563.
- Robinson, N.P., Allred, B.W., Jones, M.O., Moreno, A., Kimball, J.S., Naugle, D.E., Erickson, T.A., Richardson, A.D., 2017. A dynamic Landsat derived normalized difference vegetation index (NDVI) product for the conterminous United States. *Remote sensing* 9 (8), 863. <https://doi.org/10.3390/rs9080863>.

- Rodriguez-Loureiro, L., Casas, L., Bauwelinck, M., Lefebvre, W., Vanpoucke, C., Vanroelen, C., Gadeyne, S., 2021. Social inequalities in the associations between urban green spaces, self-perceived health and mortality in Brussels: Results from a census-based cohort study. *Health & Place* 70, 102603. doi: 10.1016/j.healthplace.2021.102603.
- Rojas-Rueda, D., Nieuwenhuijsen, M.J., Gascon, M., Perez-Leon, D., Mudu, P., 2019. Green spaces and mortality: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *The Lancet Planetary Health* 3(11), e469-e477. doi: 10.1016/S2542-5196(19)30215-3.
- Romero-Vega, L.M., Piche-Ovares, M., Soto-Garita, C., Barantes Murillo, D.F., Chaverri, L.G., Alfaro-Alarcón, A., Corrales-Aguilar, E., Troyo, A., 2023. Seasonal changes in the diversity, host preferences and infectivity of mosquitoes in two arbovirus-endemic regions of Costa Rica. *Parasites & Vectors* 16, 34.
- Sani, A. R., Abroudi, M., Heydari, H., Adli, A., Miri, M., Mehrabadi, S., Pajohanfar, N.S., Raoufinia, R., Bazghandi, M.S., Ghaleyni, M., Rad, A., Miri, M., Dadvand, P., 2020. Maternal exposure to ambient particulate matter and green spaces and fetal renal function. *Environmental research* 184, 109285. doi: 10.1016/j.envres.2020.109285.
- Santos, T.O., 2017. Os impactos do desmatamento e queimadas de origem antrópica sobre o clima da Amazônia brasileira: um estudo de revisão. *Revista Geográfica Acadêmica* 11(2), 157-181. doi: 10.18227/1678-7226rga.v11i2.4430.
- Sarkar, C., 2017. Residential greenness and adiposity: Findings from the UK Biobank. *Environment international* 106, 1-10. doi: 10.1016/j.envint.2017.05.016.
- Scavuzzo, J.M., Trucco, F., Espinosa, M., Tauro, C.B., Abril, M., Scavuzzo, C.M., Frery, A.C., 2018. Modeling Dengue vector population using remotely sensed data and machine learning. *Acta tropica* 185, 167-175. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.05.003>.
- Sedda, L., Tatem, A. J., Morley, D. W., Atkinson, P. M., Wardrop, N. A., Pezzulo, C., Sorichetta, A., Kuleszo, J., Rogers, D. J., 2015. Poverty, health and satellite-derived vegetation indices: their inter-spatial relationship in West Africa. *International health* 7(2), 99-106. doi: 10.1093/inthealth/ihv005.
- Sewe, M.O., Ahlm, C., Rocklöv, J., 2016. Remotely sensed environmental conditions and malaria mortality in three malaria endemic regions in western Kenya. *PloS one*, 11(4), e0154204. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154204>.
- Sharma, R., Kumar, S., Setia, R., Pateriya, B., 2023. Impact of Green Cover on Urban Heat Island: A Comparative Assessment of Two Major Cities of North-West India. *Lecture Notes in Electrical Engineering* 970, pp. 131-142. doi: 10.1007/978-981-19-7698-8_15.
- Silva, L.V., Dos Santos-Silva, J.C., Rhoden, S.A., de Souza, A.L.F., 2022. Mapeamento de produções científicas (1997–2021) sobre bioaerossóis associados a estações de tratamento de esgoto. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 27(5), pp. 909-917. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220210276>.
- Siya, A., Kalule, B.J., Ssentongo, B., Lukwa, A.T., Egeru, A., 2020. Malaria patterns across altitudinal zones of Mount Elgon following intensified control and prevention programs in Uganda. *BMC Infectious Diseases* 20, 1-16. doi: 10.1186/s12879-020-05158-5.
- Soga, M., Evans, M.J., Tsuchiya, K., Fukano, Y., 2021. A room with a green view: the importance of nearby nature for mental health during the COVID-19 pandemic. *Ecological Applications* 31(2), e2248. <https://doi.org/10.1002/eap.2248>.
- Son, J.Y., Lane, K.J., Lee, J.T., Bell, M.L., 2016. Urban vegetation and heat-related mortality in Seoul, Korea. *Environmental research* 151, 728-733. doi: 10.1016/j.envres.2016.09.001.
- Souza, T.A.F.D., Silva, L.J.R.D., Nascimento, G.D.S., 2023. Amazonian deforestation and its influence on soil biotic factors and abiotic properties. *Pedobiologia* 97-98, 150865. doi: 10.1016/j.pedobi.2023.150865.
- Stamford, J.D., Viallet-Chabrand, S., Cameron, I., Lawson, T., 2023. Development of an accurate low cost NDVI imaging system for assessing plant health. *Plant Methods* 30, 19. doi: 10.1186/s13007-023-00981-8.
- Su, J.G., Dadvand, P., Nieuwenhuijsen, M.J., Bartoll, X., Jerrett, M., 2019. Associations of green space metrics with health and behavior outcomes at different buffer sizes and remote sensing sensor resolutions. *Environment international* 126, 162-170.
- Sun, L., Ward, M.P., Li, R., Xia, C., Lynn, H., Hu, Y., Xiong, C., Zhang, Z., 2018. Global spatial risk pattern of highly pathogenic avian influenza H5N1 virus in wild birds: A knowledge-fusion based approach. *Preventive veterinary medicine* 152, 32-39. doi: 10.1016/j.prevetmed.2018.02.008.

- Sun, S., Sarkar, C., Kumari, S., James, P., Cao, W., Lee, R.S.Y., Webster, C., 2020. Air pollution associated respiratory mortality risk alleviated by residential greenness in the Chinese Elderly Health Service Cohort. *Environmental research* 183, 109139. doi: 10.1016/j.envres.2020.109139.
- Tagliari, M.M., Bogoni, J.A., Blanco, G.D., Cruz, A.P., Peroni, N., 2023. Disrupting a socio-ecological system: could traditional ecological knowledge be the key to preserving the Araucaria Forest in Brazil under climate change? *Climatic Change* 176, 2. <https://doi.org/10.1007/s10584-022-03477-x>.
- Tello-Cifuentes, L., Díaz-Paz, J.P., 2021. Análisis de la contaminación ambiental usando técnicas de teledetección y análisis de componentes principales. *Tecnológicas* 24(50), 22-41. <https://doi.org/10.22430/22565337.1710>.
- Tian, L., 2018. Relationship between environmental factors and the spatial distribution of *Spermophilus dauricus* during 2000–2015 in China. *International journal of biometeorology* 62(10), 1781-1789. doi: 10.1007/s00484-018-1580-9.
- Tilt, J.H., Unfried, T.M., Roca, B., 2007. Using objective and subjective measures of neighborhood greenness and accessible destinations for understanding walking trips and BMI in Seattle, Washington. *American Journal of Health Promotion* 21, 371-379. doi: 10.4278/0890-1171-21.4s.371.
- Tischer, C., Gascon, M., Fernández-Somoano, A., Tardón, A., Materola, A.L., Ibarluzea, J., Ferrero, A., Estarlich, M., Cirach, M., Vrijheid, M., Fuertes, E., Dalmau-Bueno, A., Nieuwenhuijsen, M.J., Antó, J.M., Sunyer, J., Dadvand, P., 2017. Urban green and grey space in relation to respiratory health in children. *European Respiratory Journal* 49(6), 1502112.
- Tourre, Y.M., Jarlan, L., Lacaux, J.P., Rotela, C.H., Lafaye, M., 2008. Spatio-temporal variability of NDVI–precipitation over southernmost South America: possible linkages between climate signals and epidemics. *Environmental Research Letters* 3(4), 044008. doi: 10.1088/1748-9326/3/4/044008.
- Tricco, A.C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K., Colquhoun, H., Kastner, M., Levac, D., Ng, C., Sharpe, J.P., Wilson, K., Kenny, M., Warren, R., Wilson, C., Stelfox, H.T., Straus, S. E., 2016. A scoping review on the conduct and reporting of scoping reviews. *BMC medical research methodology* 16, 1-10. doi: 10.1186/s12874-016-0116-4.
- Tricco, A.C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K.K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M.D.J., Horsley, T., Weeks, L., Hempel, S., Akl, E.A., Chang, C., McGowan, J., Stewart, L., Hartling, L., Aldcroft, A., Wilson, M.G., Garritty, C., Lewin, S., Godfrey, C.M., Macdonald, M.T., Langlois, E.V., Soares-Weiser, K., Moriarty, J., Clifford, T., Tunçalp, Ö. Straus, S.E., 2018. PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. *Annals of internal medicine* 169(7), 467-473.
- Triebner, K., Markevych, I., Hustad, S., Benediktsdóttir, B., Forsberg, B., Franklin, K. A., Gullón Blanco, J.A., Holm, M., Jaquemin, B., Jarvis, D., Jögi, R., Leynaert, B., Lindberg, E., Martínez-Moratalla, J., Muniozguen Agirre, N., Pin, I., Sánchez-Ramos, J.L., Heinrich, J., Gómez Real, F., Dadvand, P., 2019. Residential surrounding greenspace and age at menopause: A 20-year European study (ECRHS). *Environment international* 132, 105088. doi: 10.1016/j.envint.2019.105088.
- Tsai, H.J., Li, C.Y., Pan, W.C., Yao, T.C., Su, H.J., Wu, C.D., Chern, Y.R., Spengler, J.D., 2021. The effect of surrounding greenness on type 2 diabetes mellitus: a nationwide population-based cohort in Taiwan. *International journal of environmental research and public health* 18(1), 267. doi: 10.3390/ijerph18010267.
- Van Eck, N.J., Waltman, L., 2019. Manual for VOSviewer version 1.6. 10. Leiden.
- Vienneau, D., de Hoogh, K., Faeh, D., Kaufmann, M., Wunderli, J.M., Rösli, M., SNC Study Group., 2017. More than clean air and tranquillity: residential green is independently associated with decreasing mortality. *Environment international* 108, 176-184. doi: 10.1016/j.envint.2017.08.012.
- Villeneuve, P.J., Ysseldyk, R.L., Root, A., Ambrose, S., DiMuzio, J., Kumar, N., Shehata, M., Xi, M., Seed, E., Li, X., Shooshtari, M., Rainham, D., 2018. Comparing the normalized difference vegetation index with the Google street view measure of vegetation to assess associations between greenness, walkability, recreational physical activity, and health in Ottawa, Canada. *International journal of environmental research and public health* 15(8), 1719. doi: 10.3390/ijerph15081719.
- Wang, H., Li, J., Gao, M., Chan, T.C., Gao, Z., Zhang, M., Li, Y., Gu, Y., Chen, A., Yang, Y., Ho, H.C., 2020. Spatiotemporal variability in long-term population exposure to PM_{2.5} and lung cancer mortality attributable to PM_{2.5} across the Yangtze River Delta (YRD) region

- over 2010–2016: A multistage approach. *Chemosphere* 257, 127153. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127153>
- Weber, K.A., Yang, W., Lyons, E., Stevenson, D.K., Padula, A.M., Shaw, G.M., 2021. Greenspace, air pollution, neighborhood factors, and preeclampsia in a population-based case-control study in California. *International journal of environmental research and public health* 18(10), 5127. doi: 10.3390/ijerph18105127.
- Wei, D., Li, S., Liu, X., Zhang, L., Liu, P., Fan, K., Nie, L., Wang, L., Liu, X., Hou, J., Huo, W., Yu, S., Li, L., Jing, T., Li, X., Li, W., Guo, Y., Wang, C., Mao, Z., 2021. Long-term exposure to particulate matter and residential greenness in relation to androgen and progesterone levels among rural Chinese adults. *Environment International* 153, 106483. doi: 10.1016/j.envint.2021.106483.
- Wilker, E.H., Wu, C.D., McNeely, E., Mostofsky, E., Spengler, J., Wellenius, G.A., Mittleman, M.A., 2014. Green space and mortality following ischemic stroke. *Environmental research* 133, 42-48. doi: 10.1016/j.envres.2014.05.005.
- Wrangle, M., Kulinkina, A.V., Liss, A., Koch, M., Cruz, M.S., Biritwum, N.K., Ofosu, A., Gute, D.M., Kosinski, K.C., Naumova, E.N., 2019. The use of remotely sensed environmental parameters for spatial and temporal schistosomiasis prediction across climate zones in Ghana. *Environmental monitoring and assessment* 191(2), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7411-6>.
- Xiao, X., Wang, R., Knibbs, L.D., Jalaludin, B., Heinrich, J., Markevych, I., Gao, M., Xu, S.L., Wu, Q.Z., Zeng, X.W., Chen, G.B., Hu, L.W., Yang, B.Y., Yu, Y., Dong, G.H., 2021. Street view greenness is associated with lower risk of obesity in adults: Findings from the 33 Chinese community health study. *Environmental Research* 200, 111434. doi: 10.1016/j.envres.2021.111434.
- Xiao, Y., Miao, S., Zhang, Y., Chen, H., Wenjie, W.U., 2021. Exploring the health effects of neighborhood greenness on Lilong residents in Shanghai. *Urban Forestry & Urban Greening* 66, 127383. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127383>.
- Xie, Y., Xiang, H., Di, N., Mao, Z., Hou, J., Liu, X., Huo, W., Yang, B., Dong, G., Wang, C., Chen, G., Guo, Y., Li, S., 2020. Association between residential greenness and sleep quality in Chinese rural population. *Environment International* 145, 106100. doi: 10.1016/j.envint.2020.106100.
- Xu, L.Y., Yin, H., Xie, X.D., 2014. Health risk assessment of inhalable particulate matter in Beijing based on the thermal environment. *International journal of environmental research and public health* 11(12), 12368-12388. doi: 10.3390/ijerph111212368.
- Xue, J., Su, B., 2017. Significant remote sensing vegetation indices: A review of developments and applications. *Journal of sensors*, 2017, 1-17. doi: 10.1155/2017/1353691.
- Yan, L., Fang, L.Q., Huang, H.G., Zhang, L.Q., Feng, D., Zhao, W.J., Zhang, W.Y., Li, X.W., Cao, W.C., 2007. Landscape elements and Hantaan virus-related hemorrhagic fever with renal syndrome, People's Republic of China. *Emerging infectious diseases* 13(9), 1301. doi: 10.3201/eid1309.061481.
- Yañez-Arenas, C., Rioja-Nieto, R., Martín, G.A., Dzul-Manzanilla, F., Chiappa-Carrara, X., Buenfil-Ávila, A., Manrique-Saide, P., Correa-Morales, F., Díaz-Quinónez, J.A., Pérez-Rentería, C., Ordoñez-Álvarez, J., Vazquez-Prokopec, G., Huerta, H., 2018. Characterizing environmental suitability of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Mexico based on regional and global niche models. *Journal of medical entomology* 55, 69-77.
- Yang, B.Y., Markevych, I., Bloom, M.S., Heinrich, J., Guo, Y., Morawska, L., Dharmage, S.C., Knibbs, L.D., Jalaludin, B., Jalava, P., Zeng, X.W., Hu, L.W., Liu, K.K., Dong, G.H., 2019. Community greenness, blood pressure, and hypertension in urban dwellers: The 33 Communities Chinese Health Study. *Environment international* 126, 727-734. doi: 10.1016/j.envint.2019.02.068.
- Yang, L., Guo, F., Wang, N., Liu, S., Zhang, X., Li, H., Li, Q., Xue, T., Xiao, Q., Li, X., Liu, H., Tong, M., Li, P., Ren, A., Ji, J., 2021. Urban greenness and survival in lung cancer patients: A registry-based cohort study in Beijing. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 228, 113042. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113042>.
- Yang, Y., Lu, Y., Yang, L., Gou, Z., Zhang, X., 2020. Urban greenery, active school transport, and body weight among Hong Kong children. *Travel behaviour and society* 20, 104-113. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2020.03.001>
- Ye, T., Yu, P., Wen, Bo., Yang, Zhengyu., Huang, W., Guo, Y., Abramson, M.J., Li, S., 2022. Greenspace and health outcomes in children and adolescents: A systematic review.

- Environmental Pollution 314, 120193. doi: 10.1016/j.envpol.2022.120193.
- Yu, H., Zhou, Y., Wang, R., Qian, Z., Knibbs, L.D., Jalaludin, B., Schootman, M., McMillin, S.E., Howard, S.W., Lin, L.Z., Zhou, P., Hu, L.W., Liu, R.Q., Yang, B.Y., Chen, G., Zeng, X.W., Feng, W., Xiang, M., Dong, G.H., 2021. Associations between trees and grass presence with childhood asthma prevalence using deep learning image segmentation and a novel green view index. *Environmental Pollution* 286, 117582.
- Yu, J., Xiao, H., Yang, W., Dellicour, S., Kraemer, M.U., Liu, Y., Cai, J., Huang, Z.X.Y., Zhang, Y., Feng, Y., Huang, W., Zhang, H., Gilbert, M., Tian, H., 2020. The impact of anthropogenic and environmental factors on human rabies cases in China. *Transboundary and emerging diseases* 67(6), 2544-2553. doi: 10.1111/tbed.13600.
- Yuan, Y., Huang, F., Lin, F., Zhu, P., Zhu, P., 2021. Green space exposure on mortality and cardiovascular outcomes in older adults: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Aging Clinical and Experimental Research* 33(7), 1783-1797. doi: 10.1007/s40520-020-01710-0.
- Yuan, Y., Huang, F., Lin, F., Zhu, P., Zhu, P., 2021. Green space exposure on mortality and cardiovascular outcomes in older adults: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Aging Clinical and Experimental Research* 33(7), 1783-1797. doi: 10.1007/s40520-020-01710-0.
- Zhu, A., Zeng, Y., Ji, J.S., 2020. Residential greenness alters serum 25 (OH) D concentrations: a longitudinal cohort of Chinese older adults. *Journal of the American Medical Directors Association* 21(12), 1968-1972. doi: 10.1016/j.jamda.2020.04.026.
- Zijlema, W.L., Stasinska, A., Blake, D., Dirgawati, M., Flicker, L., Yeap, B.B., Golledge, J., Hankey, G.J., Nieuwenhuijsen, M., Heyworth, J., 2019. The longitudinal association between natural outdoor environments and mortality in 9218 older men from Perth, Western Australia. *Environment international* 125, 430-436. doi: 10.1016/j.envint.2019.01.075.