REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

EXPOSIÇÃO AO MATERIAL PARTICULADO E ALTERAÇÕES NO SONO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

EXPOSURE TO PARTICULATE MATTER AND SLEEP ALTERATIONS: A SYSTEMATIC REVIEW

EXPOSICIÓN AL MATERIAL PARTICULADO Y ALTERACIONES DEL SUEÑO: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Daniela Philippsen Goelzer
Mestre em Qualidade Ambiental, Universidade Feevale, Brasil
E-mail: goelzerdaniela@gmail.com

Camila Rafaela Lazaretti
Acadêmica de medicina, Universidade Feevale, Brasil
E-mail: camilalazaretti@gmail.com

Juliano Holderbaum
Mestrando em Qualidade Ambiental, Universidade Feevale, Brasil
E-mail: juliano@serraparquejaboticaba.com.br

Luciano Basso da Silva
Doutor em Genética e Biologia Molecular, Universidade Feevale, Brasil
E-mail: lucianosilva@feevale.br

Daiane Bolzan Berlese
Doutora em bioquímica toxicológica , Universidade Feevale, Brasil
E-mail: daianeb@feevale.br

Resumo

O sono é um processo fisiológico essencial para a manutenção da saúde metabólica, imunológica e neurocognitiva, em razão disto, o sono inadequado ou não reparador pode interferir no funcionamento físico, mental, social e emocional normal. Evidências epidemiológicas e experimentais acumuladas nas últimas décadas indicam que a exposição ao material particulado pode impactar negativamente o sono por múltiplas vias fisiopatológicas. Diante desse cenário, torna-se necessário integrar criticamente as evidências disponíveis, de modo a fornecer uma compreensão mais abrangente das interações entre poluição atmosférica e saúde do sono. Logo, o presente estudo tem como objetivo sintetizar e integrar as evidências epidemiológicas e experimentais mais recentes acerca dos efeitos da exposição ao material particulado sobre a qualidade, a duração e a arquitetura do sono, contribuindo para o avanço do conhecimento na interface entre poluição atmosférica, regulação do sono e saúde ambiental. Esta revisão sistemática

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

contemplou 21 estudos que investigaram os efeitos da exposição a poluentes atmosféricos, com ênfase no material particulado, sobre aspectos do sono e da regulação circadiana, considerando diferentes modelos biológicos, incluindo seres humanos e animais de experimentação. Os resultados obtidos sugerem associação consistente entre a exposição ao material particulado interfere diretamente no sono, causando alterações nos estágios do sono, no entanto, os achados disponíveis na literatura permanecem heterogêneos, refletindo diferenças nos delineamentos metodológicos, nas características das populações investigadas, nos métodos de mensuração do sono e nas estratégias de avaliação da exposição ambiental.
Palavras-chave: poluição atmosférica; material particulado; sono; saúde humana.

Abstract

Sleep is an essential physiological process for maintaining metabolic, immunological, and neurocognitive health, therefore, inadequate or non-restorative sleep may impair normal physical, mental, social, and emotional functioning. Epidemiological and experimental evidence accumulated over recent decades indicates that exposure to particulate matter may negatively impact sleep through multiple pathophysiological pathways. In this context, it is necessary to critically integrate the available evidence to provide a more comprehensive understanding of the interactions between air pollution and sleep health. Accordingly, the present study aims to synthesize and integrate the most recent epidemiological and experimental evidence regarding the effects of particulate matter exposure on sleep quality, duration, and architecture, thereby contributing to the advancement of knowledge at the interface between air pollution, sleep regulation, and environmental health. This systematic review included 21 studies that investigated the effects of exposure to air pollutants, with an emphasis on particulate matter, on sleep and circadian regulation, considering different biological models, including humans and experimental animals. The findings strongly indicate that exposure to particulate matter directly interferes with sleep, causing alterations in sleep stages; however, the available evidence in the literature remains heterogeneous, reflecting differences in methodological designs, population characteristics, sleep measurement methods, and environmental exposure assessment strategies.
Keywords: air pollution; particulate matter; sleep; human health.

Resumen

El sueño es un proceso fisiológico esencial para mantener la salud metabólica, inmunológica y neurocognitiva; por lo tanto, un sueño inadecuado o no reparador puede interferir con el funcionamiento físico, mental, social y emocional normal. La evidencia epidemiológica y experimental acumulada en las últimas décadas indica que la exposición a material particulado puede afectar negativamente el sueño a través de múltiples vías fisiopatológicas. Dado este escenario, se hace necesario integrar críticamente la evidencia disponible para proporcionar una comprensión más completa de las interacciones entre la contaminación del aire y la salud del sueño. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo sintetizar e integrar la evidencia epidemiológica y experimental más reciente sobre los efectos de la exposición a material particulado en la calidad, duración y arquitectura del sueño, contribuyendo al avance del conocimiento en la interfaz entre la contaminación del aire, la regulación del sueño y la salud ambiental. Esta revisión sistemática incluyó 21 estudios que investigaron los efectos de la exposición a contaminantes del aire, con énfasis en el material particulado, en aspectos del sueño y la regulación circadiana, considerando diferentes modelos biológicos, incluidos humanos y animales de experimentación. Los resultados obtenidos indican fuertemente que la exposición al material particulado interfiere directamente con el sueño, causando alteraciones en las etapas del sueño; Sin embargo, los hallazgos disponibles en la literatura siguen siendo heterogéneos, lo que refleja diferencias en los diseños metodológicos, las características de las poblaciones investigadas, los métodos de medición del sueño y las estrategias para evaluar la exposición ambiental.
Palabras clave: contaminación atmosférica; partículas em suspensión; sueño; salud humana.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

1. Introdução

O sono é um processo fisiológico essencial para a manutenção da saúde metabólica, imunológica e neurocognitiva, desempenhando papel fundamental na restauração neural, na consolidação da memória e na regulação de diversos sistemas do organismo (Basner, 2023; Yuan, 2024). Sua arquitetura é composta por dois estados fisiológicos distintos: o sono de movimento não rápido dos olhos (Non-Rapid Eye Movement – NREM) e o sono de movimento rápido dos olhos (Rapid Eye Movement – REM), que se alternam em ciclos ao longo da noite. Em condições fisiológicas, o sono NREM predomina na primeira metade do período de sono, enquanto o sono REM torna-se mais frequente e prolongado na segunda metade (Rasch; Born, 2013).

O sono NREM é subdividido nos estágios N1, N2 e N3. Os estágios N1 e N2 correspondem ao sono leve, sendo o N2 caracterizado pela presença de fusos do sono e complexos K no eletroencefalograma (EEG). O estágio N3, também denominado sono de ondas lentas (Slow-Wave Sleep – SWS), representa a fase mais profunda do sono e caracteriza-se pela predominância de ondas lentas de alta amplitude. Em contraste, o sono REM apresenta atividade cerebral rápida e de baixa amplitude, semelhante ao estado de vigília, associada a movimentos oculares rápidos e atonia muscular transitória (Rasch; Born, 2013).

Além da arquitetura, a duração e a qualidade do sono são parâmetros fundamentais para sua função restauradora. A duração corresponde ao tempo total de sono e é regulada por mecanismos homeostáticos, variando conforme a idade e as necessidades biológicas do indivíduo. Já a qualidade do sono está relacionada à preservação da arquitetura cíclica e à continuidade dos estágios do sono. Mesmo quando a duração total é mantida, a fragmentação do sono pode comprometer processos fisiológicos importantes, como a consolidação da memória, além de favorecer alterações cognitivas e emocionais (Rasch; Born, 2013).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

Segundo a Academia Americana de Medicina do Sono, os distúrbios do sono compreendem um grupo de condições que alteram os padrões fisiológicos do sono e comprometem seu caráter reparador, podendo afetar o funcionamento físico, mental, social e emocional dos indivíduos (American Academy of Sleep Medicine – AASM, 2014). Estima-se que esses distúrbios acometam aproximadamente um terço da população mundial, configurando-se como um importante problema de saúde pública (Basner, 2023).

Diversos fatores biológicos, psicológicos, comportamentais e ambientais podem interferir na duração e na qualidade do sono (AASM, 2014). Em especial, a exposição ao material particulado tem emergido como um estressor ambiental capaz de alterar a qualidade, a duração e a arquitetura do sono (WHO, 2023; Kim, 2024). Essas partículas, provenientes principalmente de emissões veiculares, atividades industriais e processos de combustão, apresentam composição química heterogênea e elevada capacidade de induzir estresse oxidativo, inflamação sistêmica, disfunção autonômica e alterações neuroendócrinas, mecanismos que podem contribuir para alterações na regulação do sono (Gao et al., 2022; Wang et al., 2021). Ainda, a poluição atmosférica pode ser classificada em outdoor (ambiente externo) e indoor (ambiente interno), de acordo com o local onde ocorre a exposição. A poluição outdoor resulta principalmente de emissões veiculares, atividades industriais, queimadas e processos de combustão, sendo responsável pela maior parte da carga de poluentes presente no ar ambiente. Já a poluição indoor refere-se aos contaminantes presentes em ambientes fechados, provenientes de fontes como combustão para cocção e aquecimento, fumaça de tabaco, materiais de construção, produtos de limpeza, móveis e sistemas de climatização. Embora apresentem fontes distintas, ambos os tipos de exposição estão associados a efeitos adversos sobre a saúde, especialmente nos sistemas respiratório, cardiovascular e nervoso (WHO, 2021; Basner, 2023).

Além do local de exposição, os efeitos da poluição atmosférica também podem ser classificados de acordo com o tempo de exposição. A exposição aguda corresponde ao contato com poluentes por curtos períodos, geralmente de horas a

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

dias, frequentemente associada a efeitos imediatos ou transitórios sobre a saúde (WHO, 2021). Em contrapartida, a exposição crônica refere-se ao contato contínuo ou repetido por meses ou anos, favorecendo o desenvolvimento e a progressão de doenças crônicas por meio de processos persistentes, como inflamação sistêmica, estresse oxidativo e disfunção endotelial. Evidências indicam que tanto a exposição aguda quanto a crônica podem exercer efeitos adversos sobre diferentes sistemas do organismo, embora a exposição prolongada esteja associada a maior impacto sobre a morbimortalidade (Gao et al., 2022). Um dos principais poluentes atomsféricos é o material particulado, compreendendo uma mistura complexa de partículas sólidas e líquidas suspensas no ar, classificadas principalmente de acordo com seu diâmetro aerodinâmico. As partículas inaláveis grossas (MP10) apresentam diâmetro igual ou inferior a 10 μm e depositam-se predominantemente nas vias aéreas superiores. As partículas finas (MP2.5) com diâmetro igual ou inferior a 2,5 μm, conseguem atingir os bronquíolos e os alvéolos pulmonares, favorecendo respostas inflamatórias locais e sistêmicas. Já as partículas ultrafinas (PUF), com diâmetro inferior a 0,1 μm (100 nm), apresentam elevada área superficial em relação à massa e maior capacidade de atravessar a barreira alvéolo-capilar, alcançando a circulação sistêmica e, potencialmente, diferentes órgãos, incluindo o sistema nervoso central. Em razão dessas características, partículas de menor tamanho tendem a apresentar maior potencial de toxicidade, uma vez que permanecem suspensas no ar por mais tempo, penetram mais profundamente no organismo e podem desencadear processos como estresse oxidativo, inflamação sistêmica e disfunção endotelial (WHO, 2021; Brook et al., 2010; Gao et al., 2022).

Evidências epidemiológicas e experimentais acumuladas nas últimas décadas indicam que a exposição ao material particulado pode impactar negativamente o sono por múltiplas vias fisiopatológicas (Gao et al., 2022). Diante desse cenário, torna-se necessário integrar criticamente as evidências disponíveis, de modo a fornecer uma compreensão mais abrangente das interações entre poluição atmosférica e saúde do sono.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

1.1 Objetivos Gerais

O presente estudo tem como objetivo sintetizar e integrar as evidências epidemiológicas e experimentais mais recentes acerca dos efeitos da exposição ao material particulado sobre a qualidade, a duração e a arquitetura do sono, contribuindo para o avanço do conhecimento na interface entre poluição atmosférica, regulação do sono e saúde ambiental.

2. Metodologia

A estratégia PECO foi utilizada para estruturar a questão de pesquisa desta revisão sistemática, definida da seguinte forma: P (População): seres humanos; E (Exposição): exposição ao material particulado (MP10, MP2,5 e partículas ultrafinas); C (Comparação): indivíduos não expostos ou expostos a menores concentrações de material particulado, ou modelos mantidos em condições basais; O (Outcome): alterações na qualidade, duração e arquitetura do sono.

A presente revisão não possui protocolo previamente registrado em plataformas específicas, não havendo número de registro a ser informado. Ainda, a realização de meta-análise não foi considerada apropriada em razão da heterogeneidade metodológica dos estudos incluídos, evidenciada pelas diferenças nas populações avaliadas, nos delineamentos dos estudos, nas características da exposição ao material particulado, nos métodos de mensuração da exposição e nos desfechos relacionados ao sono. Assim, os achados foram integrados por meio de síntese narrativa.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados PubMed, Scielo e Biblioteca Virtual em Saúde, abrangendo artigos científicos revisados por pares e publicados em periódicos indexados no período de 2021 a 2026. A delimitação deste recorte temporal fundamenta-se na necessidade de incluir apenas as evidências científicas mais recentes, assegurando a atualidade e a relevância da literatura analisada. Não foi realizada busca manual de referências, a seleção dos estudos foi baseada exclusivamente nos resultados obtidos por meio das estratégias de busca aplicadas nas bases de dados previamente definidas. As

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

buscas ocorreram de 10 de fevereiro a 01 de junho de 2026 e foram utilizados os seguintes descritores e combinações booleanas, previamente definidos: "air pollution AND particulate matter AND PM2.5 AND sleep quality AND sleep duration" (poluição atmosférica e material particulado e MP2.5 e sono). A seleção dos artigos foi conduzida em etapas sucessivas de leitura de título, resumo e texto completo, conforme os seguintes critérios: (1) foram incluídos artigos envolvendo exposição ao MP tanto em humanos como em modelos animais, em inglês. A inclusão de experimentos de laboratório teve como finalidade integrar evidências epidemiológicas e pré-clínicas, de modo a favorecer uma compreensão mais abrangente e translacional das interações entre a exposição a partículas atmosféricas e a qualidade e arquitetura do sono e os mecanismos fisiopatológicos subjacentes; (2) foram considerados elegíveis os estudos que abordaram a exposição ao MP em diferentes faixas de tamanho — partículas inaláveis (MP10), finas (MP2.5) e ultrafinas (UFPs) — provenientes predominantemente de fontes urbanas, veiculares e industriais; (3) foram incluídos apenas estudos que dispunham de grupos controle ou de comparação, como indivíduos não expostos, expostos a concentrações inferiores de MP ou modelos animais/moleculares mantidos em condições basais; (4) os delineamentos elegíveis englobaram estudos observacionais (coorte, caso-controle e transversais) e estudos experimentais conduzidos *in vivo* ou *in vitro*, desde que apresentassem desfechos relacionados à qualidade, duração ou estrutura do sono, ou ainda à expressão de marcadores biológicos relacionados à regulação circadiana; (5) excluíram-se pesquisas centradas exclusivamente em poluentes não particulados, como pesticidas, solventes orgânicos ou metais pesados isoladamente, exceto quando esses compostos estivessem adsorvidos a partículas atmosféricas sólidas, incluindo o material particulado, (6) foram igualmente excluídos artigos de revisão, relatos de caso, editoriais, comentários, cartas ao editor, estudos sem acesso ao texto completo e aqueles que não apresentavam dados relacionados aos desfechos de interesse previamente definidos.

Com o intuito de assegurar a transparência e reprodutibilidade do processo metodológico, a triagem e inclusão dos estudos foram organizadas

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

segundo o fluxograma PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). Esse instrumento permite descrever, de forma clara e sequencial, as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos artigos que compuseram a amostra final desta revisão. A Figura 1 apresenta o fluxograma que sintetiza esse processo.

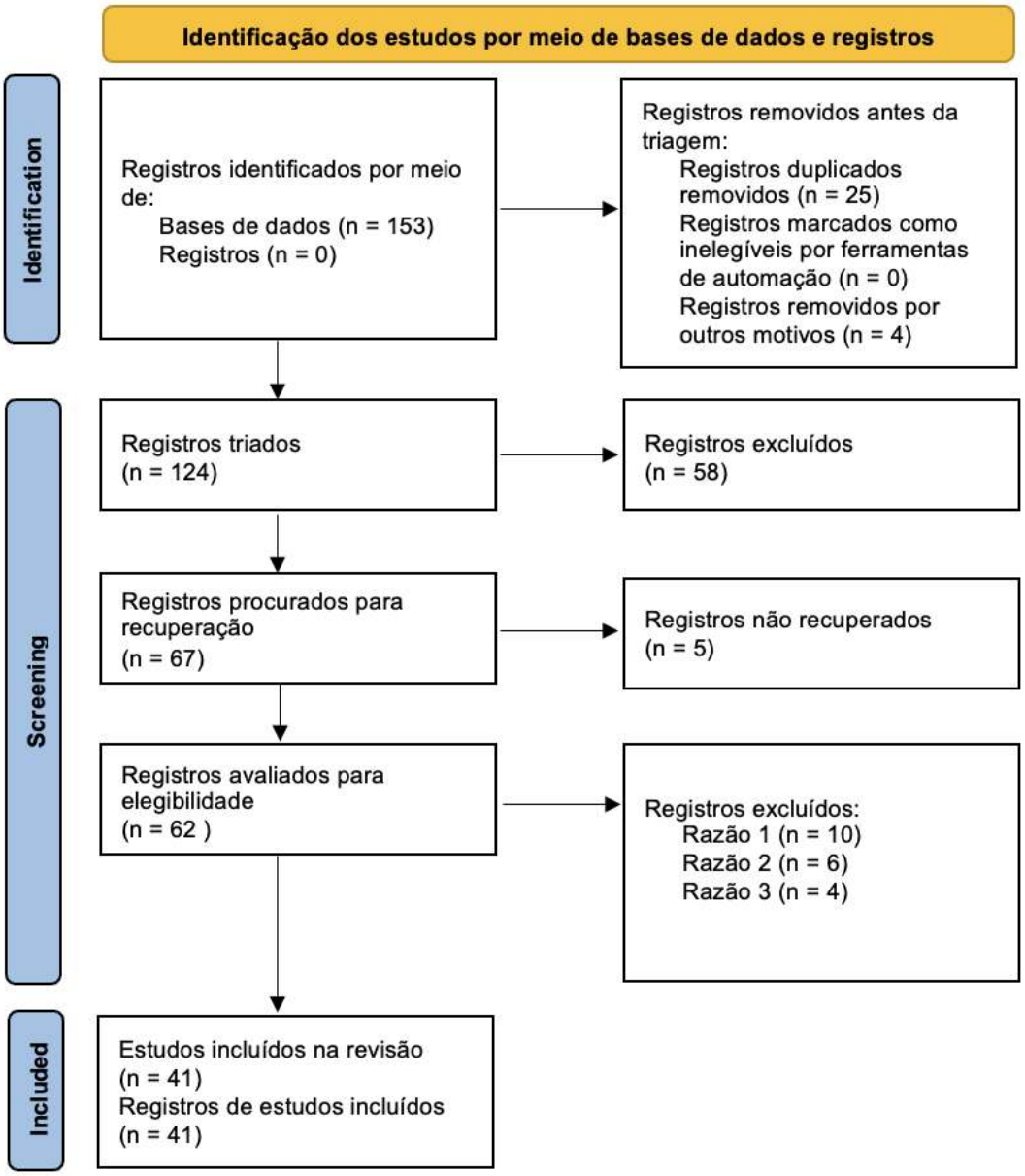


Figura 1. Etapas de seleção dos artigos incluídos na revisão bibliográfica de acordo com PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

Esta revisão sistemática contemplou 41 estudos que investigaram os efeitos da exposição a poluentes atmosféricos, com ênfase no material particulado (MP), sobre aspectos do sono e da regulação circadiana, considerando diferentes modelos biológicos, incluindo seres humanos e animais de experimentação.

3. Resultados e discussão

Tabela 1 apresenta a caracterização dos estudos incluídos nesta revisão, contemplando informações sobre país de realização, população estudada, exposição avaliada, desfechos relacionados ao sono e principais resultados.

Autor principal e ano	País	Objetivo principal	Exposição avaliada	Resultado principal
Agrawal et al. (2025)	Índia	Investigar a associação entre a exposição cumulativa à poluição atmosférica urbana e a duração do sono em adolescentes.	Poluição atmosférica e urbana exposição cumulativa.	Maior exposição associada à redução da duração do sono.
Banna et al. (2023)	Bangladesh	Investigar a associação entre fumaça passiva e distúrbios do sono.	Fumaça passiva do tabaco.	Fumaça passiva associada à pior qualidade do sono.
Basner et al. (2023)	Estados Unidos	Avaliar a associação entre ambiente do quarto e parâmetros do sono.	MP2,5, CO_2, temperatura, umidade e ruído.	Piores condições ambientais associadas à menor eficiência do sono.
Cai et al. (2023)	China	Investigar exposição precoce à poluição e distúrbios do sono.	MP2,5, MP10 e NO_2.	Maior exposição precoce aumentou o risco de distúrbios do sono.
Calderón-	México	Avaliar poluição,	Poluição	Poluição

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

Garcidueñas et al. (2023)		sono e risco de quedas.	atmosférica urbana.	associada a alterações do sono e maior risco de quedas.
Carandina et al. (2024)	Itália	Avaliar efeitos da poluição indoor.	Poluição indoor.	Poluição indoor associada a alterações autonômicas e inflamatórias.
Chen et al. (2023)	China	Desenvolver modelo para estimar MP2,5.	MP2,5.	Ferramenta útil para estudos epidemiológicos.
Duan et al. (2024)	China	Avaliar vegetação residencial e apneia.	MP2,5.	Vegetação reduziu risco; MP2,5 mediou parte do efeito.
Gao et al. (2022)	Reino Unido	Avaliar papel do sono entre poluição e envelhecimento.	MP2,5, MP10, NO_2.	Boa qualidade do sono atenuou efeitos da poluição.
He et al. (2021)	China	Avaliar exposição com depressão/ansiedade e sono.	Partículas ultrafinas	Exposição intensificou associação com pior qualidade do sono.
He et al. (2023)	Taiwan	Avaliar poluição e apneia leve.	Poluentes urbanos.	Poluição agravou apneia.
Huang et al. (2023)	China	Investigar poluição e desfechos do sono.	MP2,5, MP10 e NO_2.	Maior exposição associada a pior sono.
Ju et al. (2021)	Coreia do Sul	Percepção de poluição e sono.	Poluição percebida.	Maior percepção associada a pior sono.
Kendzerska et al. (2024)	Canadá	Poluição e adesão ao CPAP.	MP2,5, NO_2, O_3.	Poluição reduziu adesão.
Kim et al. (2024)	Coreia do Sul	Metais pesados e sono.	Metais no MP.	Maior exposição associada a pior

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

				sono.
Kim et al. (2025)	Coreia do Sul	Qualidade do ar indoor e risco de AOS.	Poluição indoor.	Pior ar indoor associado a maior risco.
Lamichhane et al. (2024)	Coreia do Sul	MP e vegetação em gestantes.	MP2,5.	MP piorou e vegetação protegeu.
Lamport et al. (2023)	Reino Unido	Purificação do ar e sono.	Purificador de ar.	Melhora discreta do sono.
Li et al. (2022)	China	Poluição de curto prazo e insônia.	Diversos poluentes.	Mais consultas por insônia.
Li et al. (2023)	China	Ozônio e insônia.	O_3.	Ozônio associado a insônia.
Lin et al. (2023)	China	Poluição, atividade física e insônia.	Poluentes atmosféricos.	Atividade física atenuou risco.
Liu et al. (2021b)	China	Revisar mecanismos.	Exposições ambientais.	Inflamação e alterações circadianas explicam efeitos.
Lo et al. (2022)	Taiwan	Sono como mediador do declínio cognitivo.	MP2,5.	Sono mediou parte do efeito.
Luo et al. (2024)	China	Combustível sólido e sofrimento psicológico.	Poluição indoor.	Sono mediou associação.
Miao et al. (2022)	China	Qualidade ambiental em dormitórios.	Qualidade do ar indoor.	Pior ambiente associado a pior percepção do sono.
Min et al. (2024)	China	MP2,5 e depressão.	MP2,5.	Maior depressão com maior exposição.
Okekunle et al. (2024)	Nigéria	Fumaça passiva e sono.	Fumaça passiva.	Pior qualidade do sono.
Pan et al.	China	MP2,5, cognição e	Componentes	Sono mediou

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

(2022)		sono.	do MP2,5.	associação.
Park et al. (2023)	Coreia do Sul	Poluição e privação crônica.	Poluentes atmosféricos.	Maior risco de privação.
Pengo et al. (2024)	Itália	MP2,5 e gravidade da AOS.	MP2,5.	Maior gravidade da AOS.
Rani et al. (2025)	Índia	Combustíveis sólidos e sono.	Poluição indoor.	Maior prevalência.
Saeed et al. (2024)	Paquistão	Filtração do ar e sono.	Filtros HEPA.	Melhora do sono.
Song et al. (2025)	Reino Unido	Poluição, sono e cérebro.	MP2.5 e MP10.	Alterações cerebrais associadas.
Tsai et al. (2022)	Taiwan	Poluição e insônia.	MP2,5 e MP10.	Maior prevalência.
Wang et al. (2025)	China	Curto prazo e distúrbios do sono.	MP 2,5 e MP10.	Exposição aguda aumentou risco.
Wang et al. (2024)	China	NO_2, atividade física e sono.	NO_2.	Atividade física atenuou efeito.
Wang et al. (2022)	China	Fumaça passiva e sono.	Fumaça passiva.	Pior qualidade do sono.
Xu et al. (2021)	China	Poluição, atividade física e insônia.	MP 2,5 e MP10.	Atividade física reduziu risco.
Yu et al. (2021)	China	Poluição e incidência de distúrbios do sono.	MP2,5 e MP10.	Maior incidência.
Zhong et al. (2022)	Estados Unidos	Influências ambientais no sono.	MP2,5, ruído e luz.	Pior sono.
Zhou et al. (2023)	China	Efeitos agudos e crônicos da poluição.	MP2,5 e MP10.	Pior eficiência e duração do sono.

Para as pesquisas com seres humanos, os achados desta revisão reforçam a associação consistente entre a exposição ao material particulado e a

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

deterioração da qualidade do sono, embora a magnitude e a natureza desses efeitos variem conforme as características populacionais, a intensidade da exposição e os métodos utilizados para avaliação dos desfechos. Estudos conduzidos em adultos residentes em áreas urbanas com elevados níveis de poluição demonstram que concentrações aumentadas de MP2.5 e MP10 estão associadas à redução da duração do sono, aumento da latência e maior fragmentação do ciclo sono–vigília (Wang et al., 2024). Em idosos, esses efeitos tendem a ser mais pronunciados, como evidenciado por Zhou et al. (2023), que observaram maior frequência de despertares e redução da eficiência do sono, sugerindo maior vulnerabilidade fisiológica desse grupo, em comparação com adultos.

Os achados disponíveis na literatura permanecem heterogêneos, refletindo diferenças nos delineamentos metodológicos, nas características das populações investigadas, nos métodos de mensuração do sono (objetivos e subjetivos) e nas estratégias de avaliação da exposição ambiental (Wang et al., 2022; Liu et al., 2023). Essa heterogeneidade contribui para a fragmentação das evidências e dificulta a comparação direta entre os estudos. Estudos baseados em polissonografia, um teste que registra simultaneamente diversos parâmetros fisiológicos durante o sono, como por exemplo eletromiografia, que registra os movimentos oculares, importantes para identificar o sono REM, evidenciam alterações objetivas na arquitetura do sono, incluindo redução do sono profundo e da fase REM (Agrawal et al., 2025). Por outro lado, estudos baseados em autorrelato, como aqueles que utilizam o Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI), um questionário auto-aplicável validado que avalia a qualidade do sono e distúrbios do sono durante o período de 1 mês anterior ao preenchimento, frequentemente descrevem associações mais intensas entre poluição e pior qualidade do sono, possivelmente por captarem percepções subjetivas relacionadas ao descanso e à fadiga (Li et al., 2022; Park et al., 2023). Em conjunto, esses achados indicam que diferentes abordagens metodológicas capturam dimensões complementares do impacto da poluição sobre o sono.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

Os estudos experimentais fornecem suporte mecanístico importante para a compreensão desses efeitos, visto que evidências demonstram que a exposição a partículas finas e ultrafinas pode induzir neuroinflamação, ativação microglial e alterações na expressão de genes relacionados ao ritmo circadiano, como Clock e Bmal1 (Gao et al., 2022). Esses mecanismos sugerem que o material particulado pode interferir diretamente na regulação central do sono, contribuindo para padrões mais fragmentados e instáveis.

A exposição à poluição ambiental, tanto percebida quanto mensurada, tem sido consistentemente associada à piora da qualidade do sono e a distúrbios relacionados. Estudos em larga escala demonstram que a percepção de poluição ambiental está associada a maior prevalência de sono de má qualidade na população geral (Ju et al., 2021), enquanto exposições específicas, como metais pesados presentes no material particulado, também se relacionam a pior qualidade do sono (Kim et al., 2024). Além disso, a qualidade do ar interno tem sido implicada no aumento do risco de apneia obstrutiva do sono, evidenciando o papel do ambiente domiciliar nos distúrbios respiratórios do sono (Kim et al., 2025). Em um outro estudo observacional, foi demonstrado que condições ambientais internas, incluindo parâmetros de qualidade do ambiente, influenciam significativamente a percepção e qualidade do sono, reforçando o impacto do ambiente na regulação do descanso (Miao et al., 2022). Ademais, em indivíduos já diagnosticados com apneia, fatores ambientais como poluição do ar e condições meteorológicas influenciam negativamente a adesão ao tratamento com Pressão Positiva Contínua nas Vias Aéreas (CPAP - continuous positive airway pressure), sugerindo impacto adicional sobre o manejo clínico da doença (Kendzerska et al., 2024). Neste mesmo viés, Zhong e colaboradores demonstraram que fatores ambientais, incluindo exposição à poluição do ar, foram associados a alterações na duração e qualidade do sono em adultos, demonstrando uma maior prevalência de distúrbios do sono (Zhong et al., 2022).

A exposição à poluição do ar está associada a reduções no volume de substância cinzenta em diferentes regiões cerebrais, especialmente aquelas relacionadas à cognição e regulação emocional, no qual a coexistência de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

exposição à poluição e sono inadequado esteve relacionada a maiores alterações neuroanatômicas, sugerindo interação entre fatores ambientais e comportamentais na integridade cerebral (Song et al., 2025). A exposição também é associada ao aumento da gravidade dos distúrbios respiratórios do sono, incluindo maior índice de apneia-hipopneia (IAH) (Pengo et al., 2024). Parâmetros ambientais no ambiente de dormitório, incluindo MP2.5, CO_2, temperatura, umidade e ruído, estiveram associados a alterações na duração e qualidade do sono. Níveis elevados desses fatores, especialmente poluentes e ruído, foram relacionados a piora na eficiência do sono e maior fragmentação, indicando que a qualidade do ambiente interno exerce influência direta sobre o padrão de sono (Basner et al., 2023).

Outras fontes de exposição também têm sido associadas à pior qualidade do sono, como, por exemplo, o uso de combustíveis sólidos, a poluição indoor e a exposição ao fumo passivo estão relacionados a alterações negativas no sono (Rani et al., 2025; Okekunle et al., 2024; Wang et al., 2022; Banna et al., 2023). Esses achados indicam que não apenas a poluição ambiental externa, mas também exposições domésticas contribuem para a deterioração do sono, especialmente em populações vulneráveis.

Diversos estudos adicionais corroboram a associação entre poluição atmosférica e distúrbios do sono em diferentes contextos. Nesse sentido, Tsai et al. (2022) identificaram associação significativa entre exposição à poluição e aumento da prevalência de insônia, enquanto Li et al. (2022) observaram aumento de atendimentos por insônia associado a elevações de curto prazo nos níveis de poluentes. De forma complementar, Lin et al. (2023) demonstraram que a exposição de longo prazo à poluição está associada ao aumento do risco de insônia, e Xu et al. (2021) evidenciaram que tanto a exposição crônica quanto fatores comportamentais influenciam essa relação. Também, a exposição prolongada à poluição atmosférica esteve associada ao aumento da incidência de distúrbios do sono em adultos, com evidência de relação dose-resposta para poluentes como MP2.5. Os resultados indicam que a poluição do ar atua como fator

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

de risco independente para o desenvolvimento de alterações do sono ao longo do tempo (Yu et al., 2021).

Além disso, pesquisas indicam que a poluição do ar também está associada à piora de distúrbios respiratórios do sono, como a apneia obstrutiva do sono. Nesse contexto, He et al. (2023) demonstraram que a exposição a NO_2 MP2.5 está relacionada ao agravamento da apneia, enquanto Wang et al. (2025) observaram redução da duração do sono e aumento de distúrbios em jovens adultos expostos a poluentes, reforçando que os efeitos da poluição se estendem a diferentes dimensões do sono. Ainda, exposição à poluição atmosférica está associada ao aumento do risco de insônia em adultos, sendo o MP2.5 um dos principais poluentes implicados, com efeitos independentes de fatores sociodemográficos e comportamentais (Tsai et al., 2022).

A exposição à poluição atmosférica, especialmente em fases precoces da vida, tem sido associada ao desenvolvimento de distúrbios do sono em crianças, indicando efeitos de longo prazo na regulação do sono (Cai et al., 2023). Em populações urbanas jovens, a exposição crônica à poluição também se relaciona a alterações no comportamento do sono e distúrbios do movimento durante o sono, além de maior risco de quedas, sugerindo comprometimento neurológico e motor (Calderón-Gardcidueñas et al., 2023).

Evidências indicam que a poluição do ar interno tem sido relacionada a alterações no controle autonômico cardiovascular durante o sono e a um perfil inflamatório desfavorável, evidenciando impactos sistêmicos durante o período de repouso (Carandina et al., 2024). impactar negativamente o sono por múltiplas vias fisiopatológicas (Gao et al., 2022), incluindo neuroinflamação, ativação microglial, desregulação de genes do ritmo circadiano, alterações na secreção de melatonina e comprometimento da função respiratória noturna (Gao et al., 2022; Kim et al., 2020).

De forma geral, as evidências indicam que tanto exposições agudas quanto crônicas à poluição atmosférica estão associadas a alterações negativas no sono. Esses efeitos incluem piora da qualidade subjetiva, redução da duração do

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

sono e aumento da ocorrência de distúrbios, sendo observados em diferentes populações e contextos (Chen et al., 2023; Huang et al., 2023)

A exposição a fatores ambientais adversos tem sido consistentemente associada a desfechos negativos na saúde neurológica e mental, sendo o sono um importante mediador nesse processo. Evidências indicam que a poluição do ar está relacionada ao declínio cognitivo, mediado tanto por alterações na estrutura cerebral quanto por disrupções no ciclo do sono (Lo et al., 2022). De forma semelhante, a qualidade do sono também exerce papel mediador entre exposições ambientais e desfechos psicológicos, como observado em populações expostas à poluição doméstica, nas quais a pior qualidade do sono esteve associada à maior sofrimento psicológico (Luo et al., 2024).

Além dos efeitos diretos, a literatura demonstra que a poluição atmosférica interage com outros fatores, potencializando seus impactos. Estudos de coorte evidenciam que a exposição ao material particulado está associada ao aumento do risco de distúrbios do sono, sendo esse efeito modulado por fatores como atividade física e ambiente (Liu et al., 2023; Lamichhane et al., 2024). Ademais, a qualidade do sono tem sido apontada como mediadora entre a exposição à poluição e desfechos como comprometimento cognitivo, sintomas depressivos e ansiedade (He et al., 2021; Min et al., 2024). Nesse contexto, evidencia-se que a exposição a partículas finas está associada a prejuízos cognitivos, sendo esse efeito parcialmente mediado pela piora do sono (Pan et al., 2022).

Adicionalmente, a literatura aponta que intervenções ambientais podem exercer efeitos protetores, onde o aumento da cobertura vegetal e a purificação do ar estão associados à melhora da qualidade do sono e redução da exposição a poluentes (Duan et al., 2024; Lamport et al., 2023). Tais achados sugerem que estratégias ambientais podem mitigar, ao menos parcialmente, os efeitos adversos da poluição. A exposição de longo prazo ao material particulado esteve associada ao aumento de sintomas depressivos em crianças e adolescentes, sendo esse efeito atenuado por níveis adequados de sono e atividade física. Os resultados sugerem que o sono exerce um papel modulador/protetor frente aos efeitos

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

adversos da poluição sobre a saúde mental (Yuan et al., 2024). Ainda em adolescentes, a exposição cumulativa à poluição do ar esteve associada à redução da duração do sono, indicando efeito negativo da poluição sobre o padrão de sono (Agrawal et al., 2025).

Por fim, os mecanismos envolvidos incluem inflamação sistêmica, estresse oxidativo, disfunção do sistema nervoso central e desregulação dos ritmos circadianos (Li et al., 2023). Esses processos reforçam a plausibilidade biológica da associação observada. Além disso, intervenções como o uso de filtros HEPA têm demonstrado potencial para reduzir marcadores inflamatórios e melhorar a qualidade do sono, evidenciando que medidas individuais e políticas públicas podem desempenhar papel relevante na mitigação desses efeitos (Saeed et al., 2024).

3. Considerações Finais

Os achados indicam uma associação consistente entre a exposição ao material particulado e alterações na qualidade, duração e arquitetura do sono. Embora os estudos incluídos apresentem heterogeneidade quanto aos delineamentos metodológicos, às populações investigadas e às estratégias de avaliação da exposição e dos desfechos, o conjunto das evidências aponta para uma relação consistente entre a poluição atmosférica e prejuízos ao sono. Essa associação é sustentada por mecanismos biologicamente plausíveis, incluindo inflamação sistêmica, estresse oxidativo, disfunção do sistema nervoso central e desregulação dos ritmos circadianos, descritos em estudos epidemiológicos e experimentais (Gao et al., 2022; Li et al., 2023). Dessa forma, os resultados reforçam a importância da redução da exposição ao material particulado e da realização de estudos longitudinais com metodologias padronizadas para melhor elucidar essa associação e seus mecanismos subjacentes.

Referências

AGRAWAL, R.; SHARMA, P.; GUPTA, R.; SINGH, A.; KUMAR, S.; VERMA, N.; JAIN, V. Cumulative exposure to air pollution and adolescent sleep duration:

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

evidence from urban environmental health studies. Environmental Research, v. 240, p. 117852, 2025. DOI: 10.1016/j.envres.2025.117852.

AMERICAN ACADEMY OF SLEEP MEDICINE. International classification of sleep disorders. 3. ed. Darien: American Academy of Sleep Medicine, 2014.

BANNA, M. H. A.; ALI, L.; ARA, I.; SULTANA, S.; KHAN, M. S. I.; HASAN, M. M. Exposure to secondhand smoke and sleep disturbance among adults: a cross-sectional study. Environmental Health and Preventive Medicine, v. 28, n. 1, p. 1–9, 2023. DOI: 10.1265/ehpm.22-00241.

BASNER, M.; SMITH, M.; JONES, C.; ECKER, A.; HOWARD, K.; SCHNELLER, V.; CORDOZA, M.; LUTU, M.; CHAVAR, S.; STAHN, A.; DINGES, D.; SHOU, H.; MITCHELL, J.; BHATNAGAR, A.; SMITH, T.; SMITH, A.; STOPFORTH, C.; YEAGER, R.; KEITH, R. Associations of bedroom PM2.5, CO2, temperature, humidity, and noise with sleep: an observational actigraphy study. Sleep Health, v. 9, p. 415–424, 2023. DOI: 10.1016/j.sleh.2023.03.004.

CAI, J.; SHEN, Y.; ZHAO, Y.; MENG, X.; NIU, Y.; CHEN, R.; QUAN, G.; LI, H.; GROEGER, J.; DU, W.; HUA, J.; KAN, H. Early-life exposure to ambient air pollution and sleep disturbances in children: a longitudinal cohort study. Environmental International, v. 181, p. 108037, 2023. DOI: 10.1016/j.envint.2023.108037.

CALDERÓN-GARCIDUEÑAS, L.; KULESZA, R.; GREENOUGH, G.; ROJAS, E.; FICACHI, P.; RICO, A.; VAZQUEZ, J. O.; AGUILAR, R.; SANCHEZ, S.; ACEVES, N.; FLORES, A. P.; MANSOUR, Y.; JARDON, R.; RIOS, R.; KOSEOGLU, E.; STOMMEL, E. W.; MUKHERJEE, P. Fall risk, sleep behavior, and sleep-related movement disorders in young urbanites exposed to air pollution. Journal of Alzheimer's Disease, v. 91, n. 2, p. 847-862, 2023. DOI: 10.3233/JAD-220850.

CAO, B.; CHEN, Y.; MCINTYRE, R. S. Comprehensive review of the current literature on impact of ambient air pollution and sleep quality. Sleep Medicine, v. 79, p. 211-219, 2021. DOI: 10.1016/j.sleep.2020.04.009.

CARANDINA, A.; FANTI, G.; CARMINATI, A.; BARONI, M.; SALAFIA, G.; AROSIO, B.; MACCHI, C.; RUSCICA, M.; VICENZI, M.; CARUGO, S.; BORGHI, F.; SPINAZZE, A.; CAVALLO, D. M.; TOBALDINI, E.; MONTANO, N.; BONZINI,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

M. Indoor air pollution impacts cardiovascular autonomic control during sleep and the inflammatory profile. Science of the Total Environment, v. 910, p. 169874, 2024. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.169874.

CHEN, G.; LI, S.; KNIBBS, L. D.; HENLEY, J.; ADDY, C. L.; et al. A machine learning method to estimate PM2.5 concentrations across China: implications for sleep health studies. Environmental Pollution, v. 316, p. 120427, 2023. DOI: 10.1016/j.envpol.2022.120427.

DUAN, X.; ZHAO, W.; YANG, B.; LAO, L.; MEI, Y.; WU, C.; LIAO, Y.; WANG, Y.; FENG, Z.; CHEN, W.; GE, E.; DENG, H.; LIU, X. et al. Association of residential greenness with obstructive sleep apnea among Chinese old adults and the mediation role of PM2.5 and leisure-time physical activity. Science of the Total Environment, v. 915, p. 170120, 2024. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.170120.

GAO, X.; HUANG, N.; GUO, X.; HUANG, T. Role of sleep quality in the acceleration of biological aging and its potential for preventive interaction on air pollution insults: findings from the UK Biobank cohort. Environmental Research, v. 213, p. 113–126, 2022. DOI: 10.1016/j.envres.2022.113126.

HE, Y.; LIU, X.; LUO, Z.; WANG, Y.; FAN, K.; TU, R.; WU, X.; CHEN, G.; HOU, J.; MAO, Z.; HUO, W.; LI, S.; GUO, Y.; WANG, C. Long-term exposure to ambient PM1 strengthened the association of depression/anxiety symptoms with poor sleep quality: The Henan Rural Cohort Study. Environmental International, v. 156, p. 106637, 2021. DOI: 10.1016/j.envint.2021.106637.

HE, Y.; LIU, W.T.; LIN, S.Y.; LI, Z.; QIU, H.; YIM, S. H.; CHUANG, H.; HO, K. F. Air pollution exacerbates mild obstructive sleep apnea by disrupting nocturnal changes in lower-limb body composition: a cross-sectional study conducted in urban northern Taiwan. Environmental Science and Pollution Research, v. 30, n. 30, p. 76530–76541, 2023. DOI: 10.1007/s11356-023-27689-1.

HUANG, T.; ZHANG, Y.; LIU, Y.; LI, Z.; WANG, J. Association between air pollution exposure and sleep outcomes: evidence from a large population-based study. Environmental Research, v. 216, p. 114589, 2023. DOI: 10.1016/j.envres.2022.114589.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

JU, Y. J.; LEE, J. E.; CHOI, D.; HAN, K.; LEE, S. Y. Association between perceived environmental pollution and poor sleep quality: results from nationwide general population sample of 162,797 people. Sleep Medicine, v. 80, p. 236-243, 2021. DOI: 10.1016/j.sleep.2021.01.043.

KENDZERSKA, T.; SZYSZKOWICZ, M.; SAYMEH, M.; MALLICK, R.; CARLSTEN, C.; AYAS, N. T.; LARATTA, C. R.; ORACH, J.; DALES, R. Air pollution, weather and positive airway pressure treatment adherence in adults with sleep apnea: a retrospective community-based repeated-measures longitudinal study. Sleep Medicine, v. 117, p. 100–110, 2024. DOI: 10.1016/j.sleep.2024.06.004.

KIM, B. K.; KIM, C.; CHO, J. Association between exposure to heavy metals in atmospheric particulate matter and sleep quality: a nationwide data linkage study. Environmental Pollution, v. 328, p. 121539, 2024. DOI: 10.1016/j.envpol.2024.121539.

KIM, S.; GURMU, B. L.; KIM, M.; SONG, C.; LEE, M.; LIM, C. C.; RULE, A. M.; YANG, K. I. Effect of indoor air quality on potential risk of obstructive sleep apnea: results from Korea National Health and Nutrition Examination Survey. BMC Public Health, v. 25, n. 1, p. 1306, 2025. DOI: 10.1186/s12889-025-22127-2.

LAMICHHANE, D. K.; HA, E.; HONG, Y.; LEE, D.; PARK, M.; SONG, S.; KIM, S.; KIM, W. J.; BAE, J.; KIM, H. Ambient particulate matter and surrounding greenness in relation to sleep quality among pregnant women: A nationwide cohort study. Science of The Total Environment, 2024. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e26742

LAMPORT, D. J.; BREESE, E.; GIÃO, M. S.; CHANDRA, S.; ORCHARD, F. Can air purification improve sleep quality? A 2-week randomised-controlled crossover pilot study in healthy adults. Journal of Sleep Research, v. 32, n. 3, p. e13782, 2023. DOI: 10.1111/jsr.13782.

LI, D.; JI, A.; LIN, Z.; LIU, J.; TAN, C.; HUANG, X.; XIAO, H.; TANG, E.; LIU, X.; YAO, C.; LI, Y.; ZHOU, L.; CAI, T. Short-term ambient air pollution exposure and adult primary insomnia outpatient visits in Chongqing, China: a time-series

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

analysis. Sleep and Breathing, v. 27, p. 155–164, 2022. DOI: 10.1007/s11325-022-02698-1.

LI, D.; YANG, L.; WANG, N.; HU, Y.; ZHOU, Y.; DU, N.; LI, N.; LIU, X.; YAO, C.; WU, N.; XIANG, Y.; LI, Y.; JI, A.; ZHOU, L.; CAI, T. Unexpected association between ambient ozone and adult insomnia outpatient visits: a large-scale hospital-based study. Chemosphere, v. 327, p. 138484, 2023. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2023.138484.

LIN, Y.; GAO, Y.; SUN, X.; WANG, J.; YE, S.; WU, I. X. Y.; XIAO, F. Long-term exposure to ambient air pollutants and their interaction with physical activity on insomnia: a prospective cohort study. Environmental Research, v. 224, p. 115495, 2023. DOI: 10.1016/j.envres.2023.115495.

LIU, J.; GHASTINE, L.; UM, P.; ROVIT, E.; WU, T. Environmental exposures and sleep outcomes: a review of evidence, potential mechanisms, and implications. Environmental Research, v. 196, p. 110406, 2021. DOI: 10.1016/j.envres.2020.110406.

LO, C. C.; LIU, W.; LU, Y. H.; WU, D.; WU, C.; CHEN, T. C.; FANG, Y.; LO, Y. C.; CHEN, Y.; KANG, L.; TSAI, C.; LEE, Y. L.; CHUANG, K.; HO, K.; CHANG, T.; CHUANG, H. C. Air pollution associated with cognitive decline by the mediating effects of sleep cycle disruption and changes in brain structure in adults. Environmental Pollution, v. 302, p. 119132, 2022. DOI: 10.1016/j.envpol.2022.119132.

LUO, J.; ZHAO, D.; GAO, T.; WANG, X.; WANG, X.; CHAI, S.; LI, J.; ZHOU, C. The mediating effect of sleep quality on solid cooking fuel use and psychological distress among rural older adults: evidence from Shandong, China. BMC Geriatrics, v. 24, n. 1, p. 750, 2024. DOI: 10.1186/s12877-024-05327-0.

MIAO, D.; CAO, X.; ZUO, W. Associations of indoor environmental quality parameters with students' perceptions in undergraduate dormitories: a field study in Beijing during a transition season. International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 19, n. 24, p. 16997, 2022. DOI: 10.3390/ijerph192416997.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

MIN, Y.; WEI, X.; YANG, C.; DUAN, Z.; YANG, J.; JU, K.; PENG, X. Associations and attributable burdens in late-life exposure to PM2.5 and its major components and depressive symptoms in middle-aged and older adults: a nationwide cohort study. Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 280, p. 116531, 2024. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2024.116531.

OKEKUNLE, A. P.; ASOWATA, O. J.; DANLADI, D. K.; OGUNJUYIGBE, A. S.; AKPA, O. M. Association of second-hand smoking with sleep quality among adults in Ibadan, Nigeria: a cross-sectional evaluation of data from the COMBAT-CVDs study. International Archives of Occupational and Environmental Health, v. 97, n. 3, p. 279-289, 2024. DOI: 10.1007/s00420-023-02042-y.

PAN, R.; ZHANG, Y.; XU, Z.; YI, W.; ZHAO, F.; SONG, J.; SUN, Q.; DU, P.; FANG, J.; CHENG, J.; LIU, Y.; CHEN, C.; LU, Y.; LI, T.; SU, H.; SHI, S. Exposure to fine particulate matter constituents and cognitive function performance, potential mediation by sleep quality: a multicenter study among Chinese adults aged 40-89 years. Environment International, v. 170, p. 107566, 2022. DOI: 10.1016/j.envint.2022.107566.

PARK, J; KANG, C.; MIN, J.; KIM, E.; SONG, I.; JANG, H.; KWON, D.; OH, J.; MOON, J.; KIM, H.; LEE, W. Association of long-term exposure to air pollution with chronic sleep deprivation in South Korea: a community-level longitudinal study, 2008–2018. Environmental Research, v. 216, p. 114384, 2023. DOI: 10.1016/j.envres.2023.114384.

PENGO, M. F.; IODICE, S.; PARATI, G.; MERIGGI, P.; BOLLATI, V.; LOMBARDI, C. Fine particulate matter and sleep-disordered breathing severity in a large Italian cohort. Sleep Medicine, v. 120, p. 109–118, 2024. DOI: 10.1016/j.sleep.2023.109118.

RANI, R.; SELVAMANI, Y.; AROKIASAMY, P. Association between household air pollution due to solid fuel use and sleep problem among older adults in India. Journal of Biosocial Science, v. 57, n. 1, p. 41-56, 2025. DOI: 10.1017/S0021932024000403.

SAEED, K. M.; BILAL, M.; BASHIR, M. F.; KOMAL, B.; TAN, D. Effect of indoor air filtration on sleep quality and systemic inflammation: a randomized controlled trial

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

using HEPA filters. Science of the Total Environment, v. 906, p. 167846, 2024. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.167846.

SONG, T.; QIU, X.; WU, J.; XU, H.; ZHANG, J.; GUO, B.; ZHAO, Z. Associations of ambient air pollution exposure and sleep pattern with brain structures: a prospective study in the UK Biobank. Environmental Research, v. 239, p. 117484, 2025. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2025.118517.

SUN, S.; CAO, W.; GE, Y.; RAN, J.; SUN, F.; ZENG, Q.; GUO, Y. Ambient air pollution and sleep quality: a systematic review and meta-analysis. Science of the Total Environment, v. 806, p. 150523, 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.150523.

TSAI, L. J.; YUAN, T. H.; SHIE, R.; CHIANG, C. H.; CHAN, C. Association between ambient air pollution exposure and insomnia among adults in Taipei City. Scientific Reports, v. 12, n. 1, p. 19064, 2022. DOI: 10.1038/s41598-022-21964-0.

WANG, C; SU, K.; HU, L.; DAI, X.; FANG, X.; YANG, C.; ZHANG, R.; LIU, J.; ZHOU, J.; XU, C.; GAN, G.; CHEN, L.; XU, X.; LI, Z.; XIANG, J. The impact of short-term exposure to criteria air pollutants on sleep disturbance among young adults: a nationwide analysis in 261 Chinese cities. Science of The Total Environment, v. 906, p. 167456, 2025. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.167456.

WANG, H.; LI, J.; LIU, Q.; ZHANG, Y.; WANG, Y.; LI, H.; SUN, L.; HU, B.; ZHANG, D.; LIANG, C.; LEI, J.; WANG, P.; SHENG, J.; TAO, F.; CHEN, G.; YANG, L. Physical activity attenuates the association of long-term exposure to nitrogen dioxide with sleep quality and its dimensions in Chinese rural older adults. Journal of Affective Disorders, v. 349, p. 187-196, 2024. DOI: 10.1016/j.jad.2024.01.036.

WANG, L.; HEIZHATI, M.; LI, M.; WANG, Z.; YANG, Z.; ADUBEREYIMU, R.; YANG, W.; YAO, L.; LI, N. Secondhand smoke is associated with poor sleep quality in self-reported never-smokers of Northwest China: a cross-sectional study. Sleep and Breathing, v. 26, n. 3, p. 1417-1426, 2022. DOI: 10.1007/s11325-021-02505-x.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/05/2026 - **Accepted:** 24/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/sf8t4567
Pages: 1-25

XU, J.; ZHOU, J.; LUO, P.; MAO, D.; XU, W.; NIMA, Q.; CUI, C.; YANG, S.; AO, L.; WU, J.; WEI, J.; CHEN, G.; LI, S.; GUO, Y.; LIU, Z.; ZHAO, Z. Associations of long-term exposure to ambient air pollution and physical activity with insomnia in Chinese adults. Science of the Total Environment, v. 792, p. 148197, 2021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.148197.

YU, Z.; WEI, F.; WU, M.; LIN, H.; SHUI, L.; JIN, M.; WANG, J.; TANG, M.; CHEN, K. Association of long-term exposure to ambient air pollution with the incidence of sleep disorders: a cohort study in China. Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 211, p. 111956, 2021. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2021.111956.

ZHAO, B.; JOHNSTON, F. H.; SALIM, A.; KIM, H.; GUO, Y.; LI, S. Ambient air pollution and sleep disturbances: a systematic review and meta-analysis. Environmental Research, v. 240, p. 117847, 2024. DOI: 10.1016/j.envres.2023.117847.

ZHONG, C.; LONGCORE, T.; BENBOW, J.; CHUNG, N. T.; CHAU, K.; WANG, S. S.; LACEY, J. V.; FRANKLIN, M. Environmental influences on sleep in the California Teachers Study cohort. American Journal of Epidemiology, v. 191, n. 9, p. 1532-1539, 2022. DOI: 10.1093/aje/kwab246.

ZHOU, P.; MA, Y.; LIU, Y.; ZHANG, Y.; WANG, S.; ZHANG, X.; LI, H.; WANG, L.; LIU, S.; CHEN, R. The long-term and short-term effects of ambient air pollution on sleep: a population-based study using wearable devices. BMC Medicine, v. 21, n. 1, p. 1–13, 2023. DOI: 10.1186/s12916-023-02773-7.