



Ahead of Print

Thayssa Cristina da Silva Bello¹ 0000-0002-8648-9067

Ana Cristina Petry² 0000-0001-9039-2738

Rejane Côrrea Marques³ 0000-0001-6730-7769

^{1,2,3} Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade da Universidade Federal do Rio de Janeiro (NUPEM/UFRJ), Rio de Janeiro, Macaé, Brasil.

AUTOR CORRESPONDENTE: Thayssa Cristina da Silva Bello

E-mail: thayssa_bello@hotmail.com

Recebido em: 20/06/2025

Aceito em: 10/09/2025

Como citar este artigo: Bello TCS, Petry AC, Marques RC. Exposição à fumaça de incêndios florestais durante a gravidez e resultados perinatais: uma revisão integrativa. R Pesq Cuid Fundam (Online). [Internet]. 2025 [acesso em dia mês ano];17:e14062. Disponível em: <https://doi.org/10.9789/2175-5361.rpcfo.v17.14062>.

**EXPOSIÇÃO À FUMAÇA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS DURANTE A GRAVIDEZ E RESULTADOS
PERINATAIS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

**WILDFIRE SMOKE EXPOSURE DURING PREGNANCY AND PERINATAL OUTCOMES: AN
INTEGRATIVE REVIEW**

**EXPOSICIÓN AL HUMO DE INCENDIOS FORESTALES DURANTE EL EMBARAZO Y
RESULTADOS PERINATALES: UNA REVISIÓN INTEGRADORA**

RESUMO

Objetivo: identificar e analisar as evidências científicas publicadas sobre os efeitos da exposição à fumaça de incêndios florestais nos resultados perinatais. **Método:** revisão integrativa realizada entre novembro de 2023 e janeiro de 2024, com busca nas bases de dados *PUBMED*, *Web of Science*, *Scientific Electronic Library Online (Scielo)*, Biblioteca

Virtual de Saúde (BVS), com seleção de 16 estudos. **Resultados:** a exposição à fumaça de incêndios florestais mostrou-se associada a partos prematuros, baixo peso ao nascer e até mesmo morte fetal. **Conclusão:** os achados evidenciam a necessidade de estratégias públicas que minimizem os riscos à saúde materno-infantil em contextos de incêndios florestais.

DESCRIPTORES: Poluentes atmosféricos; Incêndios florestais; Gravidez; Exposição materna;

ABSTRACT

Objective: to identify and analyze the scientific evidence published on the effects of wildfire smoke exposure on perinatal outcomes. **Method:** integrative review conducted between November 2023 and January 2024, with searches in the PUBMED, Web of Science, Scientific Electronic Library Online (Scielo), and Virtual Health Library (VHL) databases, selecting 16 studies. **Results:** exposure to wildfire smoke was associated with preterm births, low birth weight, and even fetal death. **Conclusion:** findings highlight the need for public strategies to minimize maternal and infant health risks in wildfire scenarios.

DESCRIPTORS: Air pollutants; Wildfires; Pregnancy; Maternal exposure.

RESUMEN

Objetivo: identificar y analizar la evidencia científica publicada sobre los efectos de la exposición al humo de incendios forestales en los resultados perinatales. **Método:** revisión integradora realizada entre noviembre de 2023 y enero de 2024, con búsquedas en las bases de datos PUBMED, Web of Science, Scientific Electronic Library Online (Scielo) y Biblioteca Virtual en Salud (BVS), seleccionándose 16 estudios. **Resultados:** la exposición al humo de incendios forestales se asoció con nacimientos prematuros, bajo peso al nacer e incluso muerte fetal. **Conclusión:** los hallazgos evidencian la necesidad de estrategias públicas que reduzcan los riesgos para la salud materno-infantil en contextos de incendios.

DESCRIPTORES: Contaminantes atmosféricos; Incendios forestales; Embarazo; Exposición materna.

INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais têm aumentado de frequência, duração e intensidade globalmente, impulsionados por eventos climáticos extremos como aquecimento dos oceanos, estiagens e redução das precipitações.¹⁻² Nos últimos anos, diversas regiões têm experimentado temporadas intensas de incêndios florestais, como a costa oeste dos Estados Unidos da América³, o leste da Austrália⁴, Canadá⁵, e os biomas Pantanal e Amazônia no Brasil.⁶ A Amazônia brasileira tem registrado um aumento preocupante no número de incêndios florestais⁷⁻⁸ posicionando o Brasil entre os países mais.⁹ Cerca de 5% das emissões de poluentes atmosféricos por queimadas florestais têm origem no Brasil¹⁰, sendo a Amazônia Legal responsável pela maior parte.¹¹ Em 2022 foram detectados 115.033 focos de incêndios na Amazônia, representando um aumento de 29% em relação a 2019 e 11% em relação a 2020.¹²

No verão amazônico de 2024, os níveis de queimadas atingiram recordes, com 50.469 focos apenas em agosto (aumento de 242% em relação ao mesmo mês de 2023).¹² Nos primeiros doze dias de setembro de 2024 foram registrados 36.688 focos, ultrapassando todo o mês de setembro do ano anterior. A degradação ambiental e os impactos à saúde exigem respostas interdisciplinares em saúde, gestão e governança¹³. As emissões envolvem diferentes poluentes, com transporte influenciado pelo clima, tipo de combustível e características da paisagem.¹³ Independentemente de sua origem, os incêndios florestais causam devastação de ecossistemas, perdas de vida selvagem, prejuízos econômicos¹⁴ e danos à saúde humana.¹

A fumaça pode dispersar por longas distâncias, afetando populações distantes das áreas queimadas.¹⁵ O fumo de incêndios florestais resulta na incorporação de poluentes atmosféricos tóxicos resultantes do processo de combustão vegetal e solo, como material particulado (PM_{2,5} e PM₁₀), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO₂), dióxido de enxofre (SO₂), ozônio (O₃), compostos orgânicos voláteis e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs).^{1,16-17} Um estudo na Bacia Amazônica estimou que a prevenção de

incêndios em 2012 teria evitado cerca de 16.800 mortes prematuras e a perda de 641.000 anos de vida ajustados por incapacidade.¹⁸

Há forte associação entre a exposição a incêndios florestais e efeitos adversos à saúde respiratória e cardiovascular de adultos e crianças¹³, com aumento de morbidade e doenças como asma, bronquite, pneumonia e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC).¹⁹⁻²² Uma revisão sistemática identificou grupos populacionais que podem estar em maior risco²³, entre os mais vulneráveis estão os indivíduos com doenças respiratórias, adultos de meia-idade e idosos, crianças, gestantes e fetos.^{21,24-25} Durante a gestação, as queimadas podem causar distúrbios físicos, fisiológicos e psicológicos.²⁶

O PM_{2,5} pode agravar alterações fisiológicas maternas e, ao atravessar a barreira placentária, prejudicar o desenvolvimento fetal.²⁷⁻²⁹ Metais pesados e HPAs presentes na fumaça acumulam-se na placenta e no feto, com risco de déficits no desenvolvimento.¹⁷ As temperaturas elevadas também agravam mecanismos fisiopatológicos em gestantes, afetando microbioma, hormônios, imunidade e causando estresse psicológico.³⁰ Evidências destacam que a exposição ao PM_{2,5} aumenta o risco de parto prematuro e baixo peso ao nascer³¹⁻³², com estimativa de 2,7 e 3,4 milhões de partos prematuros atribuíveis a esse poluente em nível global.³³ As consequências incluem dificuldades respiratórias, problemas no neurodesenvolvimento e deficiências cardiometabólicas.³⁴

Esses achados justificam a necessidade de uma vigilância rigorosa e estratégias de prevenção à saúde perinatal em regiões vulneráveis. Apesar da relevância do tema, são necessários mais estudos que explorem os efeitos da exposição à fumaça de incêndios florestais na saúde das gestantes.

O objetivo do presente estudo é identificar e analisar as evidências científicas publicadas sobre os efeitos da exposição à fumaça de incêndios florestais nos resultados perinatais. Para isso, o presente estudo faz uso da revisão integrativa³⁵, ferramenta metodológica que inclui fontes empíricas e teóricas, amplamente utilizada na área da saúde.³⁶⁻³⁷

MÉTODOS

A revisão integrativa da literatura³⁵ foi utilizada para sistematizar as evidências científicas sobre os efeitos da exposição à fumaça de incêndios florestais nos resultados perinatais. Foi utilizado o protocolo Joanna Briggs Institute (JBI)³⁸, que estabelece cinco etapas necessárias para a revisão: identificação da questão de pesquisa, identificação dos estudos relevantes, seleção dos estudos, análise dos dados e agrupamento, síntese e apresentação dos dados.

Pesquisa bibliográfica

Pesquisas bibliográficas eletrônicas abrangentes foram conduzidas entre novembro de 2023 a janeiro de 2024 nas seguintes plataformas: *PUBMED*, *Web of Science*, *Scientific Electronic Library Online (Scielo)*, Biblioteca Virtual de Saúde (BVS), utilizando a combinação dos seguintes descritores e caracteres booleanos: “wildfire” OR “forest burning” OR “forest fires” OR “biomass fuels” AND *pregnan** OR *prenatal* OR *antenatal* OR *postnatal* OR *matern** OR *newborn* OR *infant* OR *mother*. Foram selecionados somente artigos completos, publicados entre os anos 2014 e 2023 em português, inglês ou espanhol. Esses artigos foram acessados pelo Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Periódicos CAPES).

Critérios de elegibilidade do estudo

O referencial PICO (*Patient/Population, Intervention, Comparison/Control, Outcome*)³⁹ foi utilizado para delinear a busca das evidências, utilizando como População, todas as gestantes [sem restrição quanto à idade, raça/etnia, comorbidades, duração da gestação, tipo de gravidez (única vs. múltipla)] que foram expostas à fumaça de incêndios florestais; como Intervenção, os poluentes atmosféricos gerados por incêndios florestais, plumas de fumaça etc., e/ou medidas de proximidade materna a áreas afetadas por incêndios florestais; como Comparação, os aumentos dos eventos adversos perinatais pela exposição à fumaça de incêndios florestais; e como Desfecho, as alterações no crescimento fetal [por exemplo, pequeno para a idade gestacional (PIG), grande para a idade

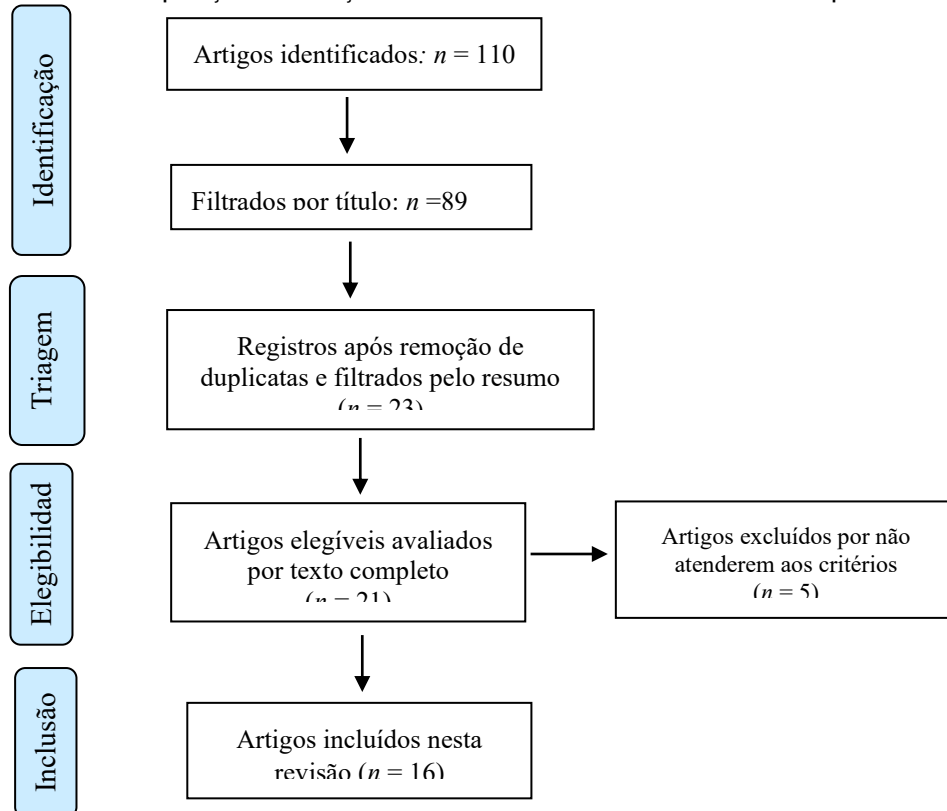
gestacional (GIG), peso ao nascer], duração da gestação (por exemplo, parto prematuro) e mortalidade.

Seleção de estudos

Foram incluídos todos os artigos que reportavam desfechos perinatais a partir da exposição à fumaça de incêndios florestais e excluídas publicações na forma de revisões de literatura, editoriais, ensaios e cartas ao editor. A seleção dos títulos e resumos retornados a partir das buscas bibliográficas foi realizada por duas autoras de forma independente, de acordo com critérios de inclusão pré-especificados. Essas examinaram o texto completo de estudos potencialmente relevantes para decidir sobre a elegibilidade do estudo.

A busca resultou em 110 artigos que, utilizando os critérios de inclusão acima detalhados, foram reduzidos a 21 artigos. Esses artigos foram lidos na íntegra para avaliar a elegibilidade, sendo cinco deles ainda descartados por não corresponderem ao objetivo desta revisão (Figura 1), finalizando a seleção com 16 artigos.

Figura 1 - Fluxograma ilustrando os procedimentos envolvidos na busca pelos artigos sobre os efeitos da exposição à fumaça de incêndios florestais nos resultados perinatais



Extração de dados

Os dados foram extraídos por uma autora e verificados de forma independente pela segunda autora. De cada um dos 16 artigos retidos os seguintes dados foram extraídos: população, país, desenho experimental, ano de publicação, objetivos, métodos de avaliação da exposição e da condição de saúde e os principais resultados.

RESULTADOS

Os resultados adversos da exposição à fumaça de incêndios florestais levantados na presente revisão integrativa da literatura podem ser caracterizados como complexos e heterogêneos (Tabela 1). Os estudos foram elaborados em países cultural e socioeconomicamente distintos nos continentes asiático (Tailândia, Índia, Paquistão, Bangladesh), americano (Estados Unidos da América, Brasil) e Oceania (Austrália), que concentram regiões reconhecidas como aquelas mais atingidas por incêndios florestais. Ressalta-se que a abrangência geográfica das pesquisas ainda é restrita e não reflete adequadamente a propagação dos incêndios florestais, evidenciando a necessidade de conduzir estudos em diferentes áreas. Em seus delineamentos, esses estudos incluíram abordagens de séries temporais, semiecológicos, caso-controle de auto comparação, auto pareado e pareado, coorte retrospectiva de base populacional, caso cruzado estratificado no tempo, sendo a abordagem de coorte retrospectiva a mais utilizada.

Tabela 1 - Resumo dos estudos abordando incêndios florestais e resultados perinatais, com a indicação daqueles que apresentam risco relativo para o efeito adverso mais frequente: a redução de peso ao nascimento

Autor/ Ano	País	População do Estudo	Objetivo	Desenho do Estudo	Métodos/ Instrumentos	Principais Resultados	Risco relativo
Fernández et al (2023) ⁴⁰	Estados Unidos da América	7.923 nascimentos	Medir a exposição materna ao PM _{2,5} específico de incêndios florestais durante a gravidez para entender como essa exposição afeta o crescimento fetal.	Coorte Retrospectiva	a) os dados socioeconômicos, da gestação e do RN foram extraídos Banco de Dados da UCSF; b) medições do Sistema de Qualidade do Ar da EPA dos EUA; c) os dados de nascimento foram vinculados às estimativas diárias de b) _{2,5} atribuíveis a incêndios florestais para cada CEP nos nove condados da área da baía de São Francisco.	A exposição à fumaça de incêndios florestais especialmente no 2º trimestre de gestação está associada ao aumento do risco de maior peso ao nascer.	
Jung et al (2023) ²⁹	Coréia do Sul	6.921 nascimentos	Investigar os efeitos da exposição pré-natal aos subprodutos gerados por incêndios florestais no peso ao nascer.	Coorte retrospectivo	a) os dados de peso ao nascer foram obtidos do banco de dados de registro de nascimento do KNSO; b) os dados foram comparados com os CEP que formaram a base geográfica do estudo e a semana de gravidez exposta/não exposta para os dias dos incêndios florestais	Redução do peso médio ao nascer com a exposição a incêndios florestais durante o 1º, 2º e 3º trimestre de gestação.	

Autor/ Ano	País	População do Estudo	Objetivo	Desenho do Estudo	Métodos/ Instrumentos	Principais Resultados	Risco relativo
Xue et al(2023) ⁴¹	Multicêntrico (54 países de média e baixa renda)	35.590 gravidezes	Avaliar a disparidade geográfica calculando o índice de Gini com base na distribuição de natimortos atribuíveis.	Caso-controle auto pareado	a) dados da gravidez obtidos das DHS entre 2000 e 2014; b) dados geocodificados de 54 países de baixa e média renda através de dispositivos de GPS; c) a exposição ambiental ao PM _{2,5} foi avaliada calibrando simulações do modelo de transporte químico	Aumento do risco de natimortos nas exposições ao PM _{2,5} provenientes do fogo.	
Zhang et al (2023) ⁴²	Austrália	330.884 nascimentos	Estimar o risco e a carga de nascimento prematuro/baixo peso ao nascer, associados à exposição materna a PM _{2,5} específicos florestais.	Coorte retrospectivo	a) dados de nascimentos do Perinatal Data Collection de 2015 a 2019: área de residência, dados da gestação atual e anteriores; c) PM _{2,5} diário específico para incêndios florestais foi estimado por um método de aprendizado de máquina combinando modelo de transporte químico 3-D (GEOS-Chem) e reanálise de dados meteorológicos.	A exposição ao PM _{2,5} foi associada a: a) risco aumentado de parto prematuro e maior risco de BPN. A janela gestacional mais suscetível foi o 2º trimestre para parto prematuro enquanto o 1º trimestre para BPN; b) parto prematuro e BPN em casos que a exposição ao ocorreu por toda a gestação; c) bebês do sexo masculino e mães com idade ≥ 40 anos, que vivenciaram extremos de temperatura ou viviam no interior, e concebidos durante	

Autor/ Ano	País	População do Estudo	Objetivo	Desenho do Estudo	Métodos/ Instrumentos	Principais Resultados	Risco relativo
Brew et al (2022) ⁴³	Austrália	60.054 gestantes	Avaliar o impacto da exposição a incêndios florestais e restrições pandêmicas nos resultados perinatais.	Coorte retrospectivo	a) dados perinatais registrados em sistemas eletrônicos de informação obstétrica durante a gravidez, o parto e o período pós-natal imediato. B) dados de monitoramento aéreo disponíveis publicamente, fornecidos pelo Departamento de Ciência Climática e Atmosférica	a primavera, apresentavam maiores riscos de BPN; d) mães com idade avançada apresentam maior risco de parto prematuro, enquanto as mais jovens foram mais propensas à RN com BPN; e) a hipertensão gestacional aumentou o risco de nascimento prematuro O maior risco de resultados adversos em gestações que apresentavam “duplo risco”, ou seja, exposição tanto a incêndios florestais como às restrições da COVID.	A chance de apresentar baixo peso ao nascer é oito vezes maior sob exposição ao PM _{2,5} (23,8ug/m ³) no 1º trimestre de gestação.

Autor/ Ano	País	População do Estudo	Objetivo	Desenho do Estudo	Métodos/ Instrumentos	Principais Resultados	Risco relativo
Heft-Neal et al(2022) ⁴⁴	Estados Unidos da América	3.002.014 nascimentos	Avaliar os efeitos dos incêndios florestais no parto prematuro, a importância do momento da exposição e identificar quais as mães que são mais vulneráveis a estes impactos.	Caso-controle	Os dados sobre os resultados do nascimento foram extraídos das certidões de nascimento dos CDPH-VR e combinados com estimativas baseadas em satélite dos limites das plumas de fumaça de incêndios florestais e estimativas em grade de alta resolução das concentrações superficiais de PM _{2,5} .	Associação positiva entre a exposição a fumaça de incêndios florestais e o risco de parto prematuro.	
Li et al (2022) ⁴⁵	Multicêntrico (54 países de média e baixa renda)	228.651 recém-nascidos filiados a 109.466 mães	Avaliar se a morte de menores de 5 anos estava relacionada à exposição gestacional a fumaça de incêndios florestais.	Caso-controle pareado	a) dados de crianças menores de 5 anos obtidos de DHS de 54 países de baixa e média renda; b) exposição a fumaça de incêndio no ambiente foi quantificado como a concentração superficial de PM _{2,5} atribuível a incêndios ambientais	A exposição ao PM foi associada a uma redução do peso ao nascer e aumento de mortalidade de menores de 5 anos. A exposição a PM _{2,5} foi associada a aumento de morte de menores de 5 anos.	

Autor/ Ano	País	População do Estudo	Objetivo	Desenho do Estudo	Métodos/ Instrumentos	Principais Resultados	Risco relativo
Park et al (2022) ⁴⁶	Estados Unidos da América	2.093.185 nascimentos	Determinar a associação entre a exposição a incêndios florestais antes e durante a gravidez e o risco de desenvolvimento de gastrosquise fetal.	Coorte retrospectivo	a) dados do The California OSHPD vinculado aos dados do Cal Fire b) as gestações complicadas por gastrosquise fetal foram identificadas pelo código CID-9, c) as gestações foram consideradas expostas ao incêndio florestal se o código postal da residência principal da mãe estivesse dentro de 15 milhas da borda mais próxima do incêndio florestal, d) a exposição foi estratificada por trimestre ou se exposta nos 30 dias anteriores à gravidez.	40% dos nascidos foram expostos a incêndios florestais na Califórnia. Os expostos no 1º trimestre de gestação apresentaram taxas mais altas de gastrosquise; aqueles com exposição a incêndios florestais antes da gravidez também apresentaram taxas mais altas de gastrosquise. As exposições no 2º e 3º trimestres de gestação não foram associadas à gastrosquise fetal.	
Requia et al (2022a) ⁴⁷	Brasil	190.911 registros de nascimentos prematuros	Estimar a associação entre nascimentos prematuros e períodos de incêndios florestais no Brasil	Caso cruzado estratificado no tempo	a) dados de nascimento antes das 37 semanas de gestação obtidos do Ministério da Saúde do Brasil; b) dados de incêndios florestais do INPE; c) informações sobre a poluição do ar ambiente acessados no SISAM; e d) as janelas de exposição foram definidas nos 3 trimestres de gestação	A exposição à fumaça de incêndios florestais durante a gravidez pode estar associada ao nascimento prematuro. O 1º e 3º trimestre foram tiveram maior associação com o parto prematuro no Sudeste. No Norte, exposição ao PM _{2,5}	A chance de apresentar baixo peso ao nascer é oito vezes maior sob exposição ao PM _{2,5} (21,45-25,67ug/m ³) no 1º trimestre de gestação.

Autor/ Ano	País	População do Estudo	Objetivo	Desenho do Estudo	Métodos/ Instrumentos	Principais Resultados	Risco relativo
						durante períodos de queimadas no 2º trimestre de gravidez foi associado ao aumento da probabilidade de parto prematuro.	
Requia et al (2022b) ⁴⁸	Brasil	1.602.471 nascimentos	Estimar a associação entre o peso ao nascer e a exposição à fumaça de incêndios florestais	Caso-controle	a) os dados de nascimento foram fornecidos pelo Ministério da Saúde do Brasil; b) os dados sobre incêndios florestais foram fornecidos pelo INPE; c) para cada trimestre foram estimadas soma dos registros de incêndios florestais.	O aumento de 100 registros de incêndios florestais foi associado a aumento da probabilidade de baixo peso ao nascer no Centro-Oeste e Sul, no 1º e 3º trimestres.	
Li et al (2021) ⁴⁹	Multicêntrico (54 países de média e baixa renda)	227.948 nascimentos	Explorar a associação entre o peso ao nascer e o PM _{2,5} proveniente do fogo em 54 países de baixa e média renda	Caso-controle pareado	a) os dados de peso ao nascer e variáveis individuais relevantes foram extraídos de IDS; b) mulheres entre 15 e 49 anos de cada agregado familiar selecionado, com pelo menos dois filhos e registros de peso ao nascer válidos foram incluídas; c) dados sobre PM _{2,5} foram obtidos por sensoriamento remoto.	A exposição ao PM _{2,5} proveniente do fogo foi significativamente associada à no peso ao nascer, aumento no risco de baixo peso ao nascer e muito baixo peso ao nascer.	

Autor/ Ano	País	População do Estudo	Objetivo	Desenho do Estudo	Métodos/ Instrumentos	Principais Resultados	Risco relativo
Mueller et al (2021) ⁵⁰	Tailândia	83.931 nascimentos	Quantificar as associações entre peso corporal e exposição a PM e queima de biomassa durante a gravidez.	Semiecológico	a) dados de nascimentos foram obtidos do Ministério da Saúde Pública; b) dados de qualidade do ar obtidos do Departamento de Controle de Poluição; c) dados de sensoriamento remoto por satélite do sensor VIIRS da NASA sobre o número diário de incêndios no país	A exposição ao PM ₁₀ e queima de biomassa durante a gestação foi associada à redução do peso ao nascer do RN.	
Xue et al (2021) ⁵¹	Índia, Paquistão e Bangladesh	24.876 mães	Examinar a associação de indicadores de exposição do fogo com perda da gravidez.	Caso-controle de auto comparação	a) registros sobre a história reprodutiva coletados de DHS; b) dados geográficos geocodificados; c) variáveis socioeconômicas e história reprodutiva coletadas através de questionário; d) dados de imagens de satélite, de emissões e concentrações de PM _{2,5} estimadas a partir de resultados de CTM.	O PM _{2,5} do fogo está mais fortemente ligado à perda de gravidez do que o PM _{2,5} não-incêndio, contribui para uma fração não negligenciável da perda de gravidez associada ao PM _{2,5} .	
Abdo et al (2019) ⁵²	Estados Unidos da América	535.895 nascimentos	Estimar associações entre resultados adversos da gravidez e fumaça (PM _{2,5}) de incêndios florestais	Coorte retrospectiva	a) dados extraídos do CVRR, de nascimentos únicos, com idade gestacional estimada entre 30 e 42 semanas; b) ano e mês do nascimento, escolaridade da mãe, informações sobre cuidados pré-natais, consumo de álcool e fumo durante a gravidez e renda extraídos da	A exposição à fumaça de incêndio PM _{2,5} durante toda a gestação e durante o 2º trimestre foi positivamente associada ao nascimento prematuro, enquanto a exposição durante o 1º trimestre foi	

Autor/ Ano	País	População do Estudo	Objetivo	Desenho do Estudo	Métodos/ Instrumentos	Principais Resultados	Risco relativo
O'Donnel, Behie (2015) ⁵³	Austrália	48.408 nascimentos	Examinar os efeitos da exposição materna aos incêndios florestais no peso ao nascer e na idade gestacional.	Estudo ecológico de serie temporal	certidão de nascimento; c) para PM _{2,5} de fumaça de incêndio florestal e PM _{2,5} de não fumaça foi utilizado um sistema de mapeamento de perigos baseado em imagens de satélite da NOAA Foram utilizados dados oficiais do governo Australiano para examinar a influência dos incêndios florestais sobre o peso dos bebês nascidos de mães residentes em regiões afetadas pelo fogo	associada à diminuição do peso ao nascer. Associação positiva significativa entre exposição e hipertensão gestacional. Estar em área afetada por incêndios florestais durante a gestação teve um efeito significativo no peso ao nascer dos fetos masculinos, principalmente nos fetos expostos nas fases posteriores da gestação.	
Cândido da Silva et al (2014) ⁵⁴	Brasil	6.147 nascimentos	Avaliar o efeito da exposição ao material particulado e ao monóxido de carbono de queima de biomassa na Amazônia e no cerrado em nascidos vivos a termo com baixo peso ao nascer	Coorte retrospectivo de base populacional	a) dados de nascimentos obtidos no SINASC-MS; b) série histórica de concentrações médias diárias de material particulado com diâmetro inferior a 2,5 (PM _{2,5}) e CO fornecido pelo CATT-BRAMS; c) A exposição materna foi estimada pela quantidade média de poluentes para cada trimestre e para todo o período de gestação.	A associação entre a exposição a PM _{2,5} e o risco de BPN foi significativo no 2º e 3º trimestre e para a exposição ao CO apenas no 2º trimestre.	

Fonte: elaborada pelos autores, 2025. Legenda: * recém-nascidos (RN); baixo peso ao nascer (BPN); material particulado (PM); University of California San Francisco (UCSF); Korean National Statistical Office (KNSO); Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Brasil (INPE); Colorado Vital Records Registry

(CVRR); Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modelling System (CATT-BRAMS); Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos - Ministério da Saúde do Brasil (SINASC-MS); Departamento de Planejamento, Indústria e Meio Ambiente (DPIE); Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS); Pesquisas Demográficas e de Saúde (DHS); modelagem de transporte químico (CTM); Inquéritos Demográficos e de Saúde (IDS); Sistema de Informações Ambientais integrado à Saúde Ambiental (SISAM); Office of Statewide Health Planning and Development Linked Birth File (OSHDPD); California Department of Forestry and Fire Protection (CAL FIRE); California Department of Public Health - Vital Records (CDPH-VR); Environmental Protection Agency (EPA); Estados Unidos da América (EUA); Código de Endereçamento Postal (CEP); Sistema de Posicionamento Global (GPS); Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados com a Saúde (CID); National Aeronautics and Space Administration (NASA); monóxido de carbono (CO).

Os efeitos adversos da exposição à fumaça de incêndios florestais durante a gestação e no período perinatal foram demonstrados na Tabela 1, porém sua comparação é dificultada pela variabilidade nas variáveis de interesse, e tratamento de ajuste nas variáveis preditoras.

Dentre os poluentes atmosféricos avaliados, o $PM_{2,5}$ foi o principal preditor utilizado nos estudos e foi associado ao risco aumentado de parto prematuro^{42,44,47,52}, morte fetal^{41,51} e maior risco de baixo peso ao nascer^{29,42-43,45,48-50,52-54}, entretanto alguns autores não encontraram evidências de que o tempo de exposição ao $PM_{2,5}$ aumente os riscos à saúde.^{29,42,46-48,52-54}

Portanto, os impactos relacionados à transposição da barreira hematoplacentária pela fumaça foram explorados em estudos, contribuindo para a identificação de janelas gestacionais mais vulneráveis aos efeitos dos incêndios florestais sobre os desfechos perinatais.^{29,42,46-48,52,54}

Entre os desfechos adversos mais frequentemente relatados, destaca-se o baixo peso ao nascer, mas apenas dois estudos informam o risco relativo desse desfecho e a concentração do $PM_{2,5}$ ^{43,47} (Tabela 1). A exposição ao $PM_{2,5}$ foi significativamente associada a uma redução no peso ao nascer, além de um aumento no risco de baixo peso ao nascer e muito baixo peso ao nascer.^{49,54}

No contexto brasileiro, foi observado uma associação entre o aumento do número de registros de incêndios florestais e a maior frequência de baixo peso ao nascer, sendo que as associações mais altas ocorreram no primeiro e terceiro trimestres gestacionais.⁴⁸ Outro estudo apontou o risco de baixo peso ao nascer é maior quando a exposição ao $PM_{2,5}$ ocorre no segundo e terceiro trimestre da gestação, enquanto para a exposição ao CO apenas no segundo trimestre.⁵⁴

Por outro lado, associações positivas entre a exposição ao $PM_{2,5}$ e um aumento do peso ao nascer para a idade gestacional também foram detectadas.^{40,53}

Estudos retrospectivos na América do Norte^{44,52} e Austrália⁴² encontraram associações positivas entre dias de exposição aos incêndios florestais e a ocorrência de nascimentos prematuros. Contudo, outro estudo encontrado sugere que a janela gestacional mais suscetível para a ocorrência de nascimentos pré-termos é quando a exposição ocorre no segundo trimestre gestacional.⁵²

Os resultados encontrados evidenciam que a exposição à fumaça de incêndios florestais, com destaque para o $PM_{2,5}$, representa um fator de risco relevante para diferentes desfechos adversos na saúde perinatal, especialmente baixo peso ao nascer e prematuridade.

DISCUSSÃO

A literatura revisada destaca que o $PM_{2,5}$ está amplamente relacionado à saúde perinatal, sendo seus efeitos adversos atribuídos à sua capacidade de penetrar profundamente nos pulmões e atingir outros órgãos através da corrente sanguínea.^{45,49,51} Diferentes estudos têm explorado e discutido os mecanismos biológicos que desencadeiam os efeitos adversos nas gestantes expostas aos poluentes atmosféricos.⁵⁵⁻⁵⁷ Além disso, a elevada capacidade de dispersão do $PM_{2,5}$ foi destacada como um fator relevante para a compreensão da sua dinâmica de exposição populacional a esse poluente.¹⁵

Corroborando com os achados nesta revisão integrativa, a exposição aguda por um período de três semanas durante a gestação está associada a baixo peso ao nascer.⁵⁸ Essa constatação está alinhada com os resultados obtidos por outra pesquisa, que aponta a exposição ao $PM_{2,5}$ ou O_3 estão associados a um maior risco de partos prematuros (79% dos estudos) e baixo peso ao nascer (86% dos estudos).²⁷

Na Coreia do Sul, verificaram que mesmo em um período curto de exposição aos incêndios florestais foram encontradas associações com o baixo peso ao nascer.²⁹ Evidenciando que períodos curtos de exposição aos incêndios florestais foram suficientes para impactar negativamente o peso ao nascer.

O baixo peso ao nascer, além de ser um importante indicador de saúde perinatal, representa um desafio global de saúde pública. A redução do risco de baixo peso ao nascer é uma das metas globais da Organização Mundial da Saúde para 2025 e contribui para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), considerando que os poluentes tóxicos ambientais são fatores de risco para sua ocorrência.⁴⁹

Entretanto, o aumento do peso ao nascer observado em um estudo desta revisão poderia estar correlacionado a uma resposta fisiológica ao estresse diante de situações extremas, como exposição aos incêndios florestais.⁴³ Esse mecanismo pode gerar alterações no metabolismo da glicose, incrementando os níveis séricos no feto e/ou ainda produzir uma resposta comportamental através da ingestão com superávit calórico, que pode influenciar no desenvolvimento fetal.⁵⁹

A relevância dos achados do aumento do risco de nascimentos pré-termos merece destaque, visto que esse desfecho configura a principal causa do óbito no primeiro ano de vida da criança.⁶⁰ Contudo, a redução do peso ao nascer foi identificada como um mediador da relação entre a exposição à fumaça de queimadas florestais e a mortalidade infantil em menores de cinco anos. Nos países subdesenvolvidos, a exposição gestacional aos poluentes atmosféricos pode aumentar a mortalidade durante a infância.⁴⁵

O Global Burden of Diseases Study (GBD) reforça essa preocupação ao apontar que a exposição durante a gestação ao $PM_{2,5}$ contribui entre 14% e 21% da perda de esperança de vida atribuível à exposição ao longo da vida.⁶¹ Os autores do referido estudo afirmam que uma gestação de aproximadamente 40 semanas é uma janela de tempo muito mais estreita em comparação com a exposição ao longo da vida; isto representa vulnerabilidade na fase pré-natal a todos os tipos de $PM_{2,5}$, incluindo aqueles produzidos por incêndios. Embora os principais resultados encontrados nesta revisão tenham sido relacionados ao baixo peso ao nascer e prematuridade quando a exposição ocorre durante a gestação, a exposição aos incêndios florestais foi associada ao aumento do risco de perda gestacional na Ásia e África^{51,62}, amplificando a disparidade geográfica na saúde materna.

Quando se examina a associação entre desfechos perinatais e a exposição à poluição gerada por incêndios florestais é importante ainda considerar outros fatores, como a queima doméstica de madeira, especialmente em fogões a lenhas, o que torna as mulheres desproporcionalmente expostas à poluição interna, o que afeta negativamente a saúde perinatal, incluindo o peso ao nascer.⁶³ Essa observação também revela como a desigualdade de gênero pode influenciar os riscos ambientais e seus impactos na saúde. Esses fatores podem representar limitações em estudos ecológicos, uma vez que a maioria dessas pesquisas não utiliza dados individualizados, o que pode comprometer a precisão das análises nos modelos estatísticos.

Outro ponto importante a considerar são os fatores socioeconômicos. Eles são essenciais na avaliação dos efeitos da exposição à poluição por incêndios florestais em gestantes, especialmente em países de renda média e baixa. Nesses contextos, as gestantes enfrentam desafios adicionais como a falta de recursos para proteção contra a poluição e a perda de horas de trabalho devido aos incêndios, o que agrava a pobreza, piora a nutrição e limita o acesso aos serviços de saúde.⁶⁴ Fatores socioeconômicos como o analfabetismo materno, o aumento da pobreza e o acesso restrito aos cuidados médicos estão intimamente ligados ao baixo peso ao nascer.⁶⁵ Além disso, fatores psicológicos como o estresse durante a gravidez podem levar a desfechos adversos na gestação.⁶⁶

Se reconhece que traumas vivenciados pelos pais podem ser transmitidos às futuras gerações por meio de interações biológicas, familiares e culturais complexas, contribuindo para um ciclo contínuo de vulnerabilidade.⁶⁷ O estresse elevado vivenciado na gestação possui uma correlação a complicações na gravidez, incluindo diabetes e hipertensão gestacional⁵⁹ e no recém-nascido o impacto negativo no baixo peso ao nascer.⁶⁸ Entender acerca dos traumas gerados na gravidez decorrentes de incêndios florestais podem trazer informações importantes no suporte a mulheres que sofrem e sofreram com este evento traumático.⁶⁹

Um dos principais achados do presente estudo é a variabilidade nos parâmetros de avaliação da exposição aos incêndios florestais, o que representa um desafio na interpretação dos resultados e suas implicações. Mas essa é, de fato, uma característica dos estudos envolvendo temas interdisciplinares sujeitos à técnica da revisão integrativa da literatura. Os resultados demonstram que o incremento na frequência de incêndios florestais em todo o mundo aumenta a vulnerabilidade da sociedade e aponta para a necessidade urgente de esforços na ampliação de programas de saúde pública. Considerando o compromisso global para a redução da morbimortalidade neonatal pelos ODS⁷⁰ e a abordagem integrada de saúde única⁷¹, a atenção direcionada à redução dos incêndios florestais e à minimização da exposição da população, especialmente para grupos vulneráveis, fortalece a necessidade de abordagens integradas para enfrentar tais desafios que afetam tanto a saúde humana quanto o meio ambiente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão integrativa permitiu identificar e sistematizar os principais achados científicos acerca da exposição à fumaça de incêndios florestais durante a gravidez e os desfechos perinatais associados. As evidências encontradas reforçam que essa exposição, especialmente ao PM_{2,5}, está associada a efeitos adversos como parto prematuro^{42,44,47,52}, baixo peso ao nascer^{29,42,43,45,48-50,52-54} e mortalidade fetal.^{41,51}

As janelas de exposição mais críticas identificadas nos estudos foram o segundo⁵⁴ e o terceiro trimestre da gestação^{48,54}, período em que os efeitos fisiopatológicos materno-fetais parecem ser mais pronunciados. Há também indícios de que os efeitos podem variar conforme fatores individuais como idade materna, presença de comorbidades e sexo do feto.⁴⁷

Apesar da consistência entre os resultados, persistem lacunas relevantes quanto à padronização dos indicadores utilizados, à definição precisa das janelas gestacionais e à representatividade geográfica dos estudos. Ademais, a maior parte dos estudos utiliza

dados secundários, sendo escassos os que empregam desenhos prospectivos ou avaliam mecanismos biológicos diretamente.

Dessa forma, recomenda-se a ampliação de estudos com recorte local e regional, sobretudo em países tropicais e de média e baixa renda como o Brasil, com alta incidência de queimadas e vulnerabilidades sociais acentuadas. A implementação de políticas públicas integradas que contemplem a prevenção dos incêndios florestais, a melhoria da qualidade do ar e a proteção de populações vulneráveis, especialmente gestantes, deve ser prioridade em agendas de saúde ambiental e reprodutiva.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradecimento ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. United Nations Environment Programme (UNEP). Spreading like wildfire: the rising threat of extraordinary landscape fires. [Internet]. 2022 [cited 2024 jan 25]. Available from: <https://www.unep.org/resources/report/spreading-wildfire-rising-threat-extraordinary-landscape-fires>.
2. Jones MW, Kelley DI, Burton CA, Di Giuseppe F, Barbosa MLF, Brambleby E, et al. State of Wildfires 2023-2024. Earth System Science Data. [Internet]. 2024 [cited 2025 feb 10];16(8). Available from: <https://doi.org/10.5194/essd-16-3601-2024>.
3. Yang A, Yang J, Yang D, Xu R, He Y, Aragon A, et al. Human Mobility to Parks Under the COVID-19 Pandemic and Wildfire Seasons in the Western and Central United States. GeoHealth. [Internet]. 2021 [cited 2025 feb 10];26(12). Available from: <https://doi.org/10.1029/2021GH000494>.
4. Borchers Arriagada N, Palmer AJ, Bowman DM, Morgan GG, Jalaludin BB, Johnston FH. Unprecedented Smoke-related Health Burden Associated with the 2019-20 Bushfires in

Eastern Australia. *Medical Journal of Australia*. [Internet]. 2020 [cited 2025 feb 10];12(6). Available from: <https://doi.org/10.5694/mja2.50545>.

5. Owens B. Why are the Canadian wildfires so bad this year? *Nature*. [Internet]. 2023 [cited 2024 jul 02];620(7971). Available from: <https://doi.org/10.1038/d41586-023-01902-4>.

6. Libonati R, DaCamara CC, Peres LF, Carvalho LAS de, Garcia LC. Rescue Brazil's burning Pantanal wetlands. *Nature*. [Internet]. 2020 [cited 2024 jul 02];1(588). Available from: <https://doi.org/10.1038/d41586-020-03464-1>.

7. Costa MAM, Amaral SS, Soares Neto TG, Cardoso AA, Santos JC, Souza ML, et al. Forest Fires in the Brazilian Amazon and their Effects on Particulate Matter Concentration, Size Distribution, and Chemical Composition. *Combustion Science and Technology*. [Internet]. 2022 [cited 2024 jul 02];2(13). Available from: <https://doi.org/10.1080/00102202.2021.2019229>.

8. de Oliveira G, Mataveli G, Stark SC, Jones MW, Carmenta R, Brunsell NA, et al. Increasing wildfires threaten progress on halting deforestation in Brazilian Amazonia. *Nature Ecology & Evolution*. [Internet]. 2023 [cited 2024 Oct 30];1(2). Available from: <https://doi.org/10.1038/s41559-023-02233-3>.

9. Wu Y, Li S, Xu R, Chen G, Yue X, Yu P, et al. Wildfire-related PM_{2.5} and health economic loss of mortality in Brazil. *Environment International*. 2023 [cited 2024 sep 15];174:107906. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107906>.

10. Reddington CL, Butt EW, Ridley DA, Artaxo P, Morgan WT, Coe H, et al. Air quality and human health improvements from reductions in deforestation-related fire in Brazil. *Nature Geoscience*. [Internet]. 2015 [cited 2024 sep 15];16(10). Available from: <https://doi.org/10.1038/ngeo2535>.

11. Montibeller B, Kmoch A, Virro H, Mander Ü, Uuema E. Increasing fragmentation of forest cover in Brazil's Legal Amazon from 2001 to 2017. *Scientific Reports*. [Internet].

2020 [cited 2024 sep 15];2(1). Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62591-x>.

12. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais [homepage na internet]. Monitoramento dos focos ativos por bioma. [acesso em 12 jun 2025]. Disponível em: <http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal>.

13. Cascio WE. Wildland fire smoke and human health. *Science of the Total Environment*. [Internet]. 2018 [cited 12 jun 2025];15(1). Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.086>.

14. Tomas WM, Berlinck CN, Chiaravalloti RM, Faggioni GP, Strüssmann C, Libonati R, et al. Distance sampling surveys reveal 17 million vertebrates directly killed by the 2020's wildfires in the Pantanal, Brazil. *Scientific Reports*. [Internet]. 2021 [cited 10 apr 2024];16(1). Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02844-5>.

15. Padula AM, Benmarhnia T. Wildfires in Pregnancy: Potential Threats to the Newborn. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*. [Internet]. 2021 [cited 10 apr 2024];24(1). Available from: <https://doi.org/10.1111/ppe.12838>.

16. World Health Organization (WHO). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2,5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. [Internet]. 2021. [cited 24 feb 2024]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>.

17. Thangavel P, Park D, Lee YC. Recent Insights into Particulate Matter (PM_{2,5})-Mediated Toxicity in Humans: An Overview. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. [Internet]. 2022 [cited 10 apr 2024];19(12). Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph19127511>.

18. Butt EW, Conibear L, Reddington CL, Darbyshire E, Morgan WT, Coe H, et al. Large air quality and human health impacts due to Amazon forest and vegetation fires. *Environmental Research Communications*. [Internet]. 2020 [cited 10 apr 2024];1(9):095001. Available from: <https://doi.org/10.1088/2515-7620/abb0db>.

19. Gao Y, Huang W, Yu P, Xu R, Yang Z, Gasevic D, et al. Long-term impacts of non-occupational wildfire exposure on human health: A systematic review. *Environmental Pollution*. [Internet]. 2023 [cited 10 apr 2024];320:121041. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121041>.
20. Elser H, Rowland ST, Marek MS, Kiang MV, Shea B, Do V, et al. Wildfire smoke exposure and emergency department visits for headache: A case-crossover analysis in California, 2006-2020. *Headache*. [Internet]. 2023 [cited 31 jan 2024];63(1). Available from: <https://doi.org/10.1111/head.14442>.
21. Reid CE, Brauer M, Johnston FH, Jerrett M, Balme JR, Elliott CT. Critical Review of Health Impacts of Wildfire Smoke Exposure. *Environmental Health Perspectives*. [Internet]. 2016a [cited 10 feb 2024];124(9). Available from: <https://doi.org/10.1289/ehp.1409277>.
22. Liu JC, Pereira G, Uhl SA, Bravo MA, Bell ML. A systematic review of the physical health impacts from non-occupational exposure to wildfire smoke. *Environmental Research*. [Internet]. 2015 [cited 10 feb 2024];136. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.10.015>.
23. Reid CE, Jerrett M, Tager IB, Petersen ML, Mann JK, Balme JR. Differential respiratory health effects from the 2008 northern California wildfires: A spatiotemporal approach. *Environmental Research*. [Internet]. 2016b [cited 10 feb 2024];150. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.06.012>.
24. Basilio E, Chen R, Fernandez AC, Padula AM, Robinson JF, Gaw SL. Wildfire Smoke Exposure during Pregnancy: A Review of Potential Mechanisms of Placental Toxicity, Impact on Obstetric Outcomes, and Strategies to Reduce Exposure. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. [Internet]. 2022 [cited 02 mar 2024];19(21):13727. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph192113727>.
25. Sklar R, Padula A. Housing: Fragile buffer to wildfire smoke in pregnancy. *Internacional Journal of Gynecology & Obstetrics*. [Internet]. 2022 [cited 2025 mar 4];160(2). Available from: <https://doi.org/10.1002/ijgo.14409>.

26. Heindel JJ, Skalla LA, Joubert BR, Dilworth CH, Gray KA. Review of developmental origins of health and disease publications in environmental epidemiology. *Reproductive Toxicology*. [Internet]. 2017 [cited 2025 mar 4];68. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2016.11.011>.
27. Bekkar B, Pacheco S, Basu R, DeNicola N. Association of Air Pollution and Heat Exposure With Preterm Birth, Low Birth Weight, and Stillbirth in the US. *JAMA Network Open*. [Internet]. 2020 [cited 2025 mar 4];3(6):e208243. Available from: <http://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.8243>.
28. Chen H, Oliver BG, Pant A, Olivera A, Poronnik P, Pollock CA, et al. Particulate Matter, an Intrauterine Toxin Affecting Foetal Development and Beyond. *Antioxidants*. [Internet]. 2021 [cited 2024 may 21];10(5). Available from: <https://doi.org/10.3390/antiox10050732>.
29. Jung EJ, Lim AY, Kim JH. Decreased birth weight after prenatal exposure during wildfires on the eastern coast of the Republic of Korea in 2000. *Epidemiology and Health*. [Internet]. 2022 [cited 2024 oct 30];45:e2023003-3. Available from: <https://doi.org/10.4178/epih.e2023003>.
30. Yüzen D, Graf I, Diemert A, Arck PC. Climate change and pregnancy complications: From hormones to the immune response. *Frontiers in Endocrinology*. [Internet]. 2023 [cited 2025 jan 15];14. Available from: <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1149284>.
31. Sun M, Wang Y, Fang K, Chen D, Liu J, Chen Y, et al. The correlation between PM_{2.5} exposure and hypertensive disorders in pregnancy: A Meta-analysis. *Science of The Total Environment*. [Internet]. 2020 [cited 2025 jan 15];703:134985-5. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.113422>.
32. Gong C, Wang J, Bai Z, Rich DQ, Zhang Y. Maternal exposure to ambient PM_{2.5} and term birth weight: A systematic review and meta-analysis of effect estimates. *Science of The Total Environment*. [Internet]. 2022 [cited 2024 oct 12];807:150744. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150744>.

33. Malley CS, Kuylensstierna JCI, Vallack HW, Henze DK, Blencowe H, Ashmore MR. Preterm birth associated with maternal fine particulate matter exposure: A global, regional and national assessment. *Environment international*. [Internet]. 2017 [cited 2024 oct 11];101. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.01.023>.
34. Institute of Medicine (US) Committee on Understanding Premature Birth and Assuring Healthy Outcomes. *Preterm Birth: Causes, Consequences, and Prevention*. [Internet]. Washington, DC: The National Academies Press; 2007 [acesso em 12 set 2024]. Available from: <https://doi.org/10.17226/11622>.
35. Whittemore R, Knafl K. The integrative review: updated methodology. *Journal of Advanced Nursing*. [Internet]. 2005 [cited 2023 oct 14];52(5). Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x>.
36. Stetler CB, Morsi D, Rucki S, Broughton S, Corrigan B, Fitzgerald J, et al. Utilization-focused integrative reviews in a nursing service. *Applied Nursing Research*. [Internet]. 1998 [cited 2023 oct 14];11(4). Available from: [https://doi.org/10.1016/s0897-1897\(98\)80329-7](https://doi.org/10.1016/s0897-1897(98)80329-7).
37. Souza MT de, Silva MD da, Carvalho R de. *Revisão integrativa: o que é e como fazer*. Einstein (São Paulo). [Internet]. 2010 [acesso em 14 out 2023];8(1). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1679-45082010RW1134>.
38. Aromataris E, Lockwood C, Porritt K, Pilla B, Jordan Z. *BI Manual for Evidence Synthesis - JBI Manual for Evidence Synthesis - JBI GLOBAL WIKI*. [Internet]. 2024 [cited 2025 jan 10]. Available from: <https://doi.org/10.46658/JBIMES-24-01>.
39. Nobre MRC, Bernardo WM, Jatene FB. A prática clínica baseada em evidências. Parte I: questões clínicas bem construídas. *Revista da Associação Médica Brasileira*. [Internet]. 2003 [acesso em 20 dez 2023];9(4). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0104-42302003000400039>.
40. Fernández ACG, Liu JC, Basilio E, Benmarhnia T, Roger J, Gaw SL, et al. Retrospective analysis of wildfire smoke exposure and birth weight outcomes in the San Francisco Bay

Area of California. *Environmental Research Health*. [Internet]. 2023 [cited 2024 apr 24];231(Pt1):116006. Available from: <https://doi.org/10.1088/2752-5309/acd5f5>.

41. Xue T, Li J, Tong M, Fan X, Li P, Wang R, et al. Stillbirths attributable to open fires and their geographic disparities in non-Western countries. *Environmental Pollution*. [Internet]. 2023 [cited 2024 apr 24];334:122170. Available from: <http://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122170>.

42. Zhang Y, Ye T, Yu P, Xu R, Chen G, Yu W, et al. Preterm birth and term low birth weight associated with wildfire-specific PM_{2.5}: A cohort study in New South Wales, Australia during 2016-2019. *Environment International*. [Internet]. 2023 [cited 2024 apr 24];174:107879-9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107879>.

43. Brew BK, Donnelly N, Henry A, Dahlen H, Jalaludin B, Chambers GM. Double jeopardy-pregnancy and birth during a catastrophic bushfire event followed by a pandemic lockdown, a natural experiment. *Environmental Research*. [Internet]. 2022 [cited 2024 apr 24];214:113752. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113752>.

44. Heft-Neal S, Driscoll A, Yang W, Shaw G, Burke M. Associations between wildfire smoke exposure during pregnancy and risk of preterm birth in California. *Environmental Research*. [Internet]. 2022 [cited 2024 apr 24];203:111872. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111872>.

45. Li J, Xue T, Tong M, Guan T, Liu H, Li P, et al. Gestational exposure to landscape fire increases under-5 child death via reducing birthweight: A risk assessment based on mediation analysis in low- and middle-income countries. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. [Internet]. 2022 [cited 2024 apr 24];240. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113673>.

46. Park BY, Boles I, Monavvari S, Patel S, Alvarez A, Phan M, et al. The association between wildfire exposure in pregnancy and foetal gastroschisis: A population-based cohort study. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*. [Internet]. 2021 [cited 2024 apr 24];36(1). Available from: <http://doi.org/10.1111/ppe.12823>.

47. Requia WJ, Papatheodorou S, Koutrakis P, Mukherjee R, Roig HL. Increased preterm birth following maternal wildfire smoke exposure in Brazil. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. [Internet]. 2022a [cited 2024 apr 24];240:113901. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2021.113901>.
48. Requia WJ, Amini H, Adams MD, Schwartz JD. Birth weight following pregnancy wildfire smoke exposure in more than 1.5 million newborns in Brazil: A nationwide case-control study. *The Lancet Regional Health - Americas*. [Internet]. 2022b [cited 2024 apr 24];11:100229. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.lana.2022.100229>.
49. Li J, Guan T, Guo Q, Geng G, Wang H, Guo F, et al. Exposure to landscape fire smoke reduced birthweight in low- and middle-income countries: findings from a siblings-matched case-control study. *eLife*. [Internet]. 2021 [cited 2024 apr 24];29(10). Available from: <https://doi.org/10.7554/eLife.69298>.
50. Mueller W, Tantrakarnapa K, Johnston HJ, Loh M, Steinle S, Vardoulakis S, et al. Exposure to ambient particulate matter and biomass burning during pregnancy: associations with birth weight in Thailand. *Journal of exposure science & environmental epidemiology*. [Internet]. 2021 [cited 2024 apr 24];31(4). Available from: <https://doi.org/10.1038/s41370-021-00295-8>.
51. Xue T, Geng G, Han Y, Wang H, Li J, Li H, et al. Open fire exposure increases the risk of pregnancy loss in South Asia. *Nature Communications*. [Internet]. 2021 [cited 2024 apr 24];12(1). Available from: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-23529-7>.
52. Abdo M, Ward I, O'Dell K, Ford B, Pierce J, Fischer E, et al. Impact of Wildfire Smoke on Adverse Pregnancy Outcomes in Colorado, 2007-2015. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. [Internet]. 2019 [cited 2024 apr 24];16(19). Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph16193720>.
53. O'Donnell MH, Behie AM. Effects of wildfire disaster exposure on male birth weight in an Australian population. *Evolution, Medicine, and Public Health*. [Internet]. 2015 [cited 2024 apr 24];(1). Available from: <https://doi.org/10.1093/emph/eov027>.

54. Cândido da Silva AM, Moi GP, Mattos IE, Hacon S de S. Low birth weight at term and the presence of fine particulate matter and carbon monoxide in the Brazilian Amazon: a population-based retrospective cohort study. *BMC Pregnancy and Childbirth*. [Internet]. 2014 [cited 2024 apr 24];14(1). Available from: <https://doi.org/10.1186/1471-2393-14-309>.
55. Iodice S, Hoxha M, Ferrari L, Carbone IF, Anceschi C, Miragoli M, et al. Particulate Air Pollution, Blood Mitochondrial DNA Copy Number, and Telomere Length in Mothers in the First Trimester of Pregnancy: Effects on Fetal Growth. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. [Internet]. 2018 [cited 2025 jan 25];5. Available from: <https://doi.org/10.1155/2018/5162905>.
56. Saenen ND, Plusquin M, Bijnsens E, Janssen BG, Gyselaers W, Cox B, et al. In Utero Fine Particle Air Pollution and Placental Expression of Genes in the Brain-Derived Neurotrophic Factor Signaling Pathway: An ENVIRONAGE Birth Cohort Study. *Environmental Health Perspectives*. [Internet]. 2015 [cited 2025 jan 25];123(8). Available from: <https://doi.org/10.1289/ehp.1408549>.
57. Kingsley SL, Eliot MN, Glazer K, Awad YA, Schwartz JD, Savitz DA, et al. Maternal ambient air pollution, preterm birth and markers of fetal growth in Rhode Island: results of a hospital-based linkage study. *Journal of Epidemiology and Community Health*. [Internet]. 2017 [cited 2025 jan 25];25. Available from: <https://doi.org/10.1136/jech-2017-208963>.
58. Holstius DM, Reid CE, Jesdale BM, Morello-Frosch R. Birth Weight following Pregnancy during the 2003 Southern California Wildfires. *Environmental Health Perspectives*. [Internet]. 2012 [cited 2025 feb 7];120(9). Available from: <https://doi.org/10.1289/ehp.1104515>.
59. Oni O, Harville E, Xiong X, Buekens P. Relationships Among Stress Coping Styles and Pregnancy Complications Among Women Exposed to Hurricane Katrina. *Journal of Obstetric, Gynecologic & Neonatal Nursing*. [Internet]. 2015 [cited 2024 sep 1];44(2). Available from: <https://doi.org/10.1111/1552-6909.12560>.

60. França EB, Lansky S, Rego MAS, Malta DC, França JS, Teixeira R, et al. Leading causes of child mortality in Brazil, in 1990 and 2015: estimates from the Global Burden of Disease study. *Revista Brasileira De Epidemiologia*. [Internet]. 2017 [cited 2024 nov 17];20(Suppl 01). Available from: <https://doi.org/10.1590/1980-54972017000500005>.
61. Murray CJL, Aravkin AY, Zheng P, Abbafati C, Abbas KM, Abbasi-Kangevari M, et al. Global Burden of 87 Risk Factors in 204 Countries and territories, 1990-2019: a Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*. [Internet]. 2020 [cited 2024 nov 30];396(10258). Available from: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30752-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30752-2).
62. Xue T, Zhu T, Geng G, Zhang Q. Association between pregnancy loss and ambient PM_{2.5} using survey data in Africa: a longitudinal case-control study, 1998-2016. *The Lancet Planetary Health*. [Internet]. 2019 [cited 2024 nov 30];3(5):e219-ee225. Available from: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(19\)30047-6](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(19)30047-6).
63. Gebremeskel Kanno G, Hussen Kabthymmer R. Association of low birthweight with indoor air pollution from biomass fuel in sub-Saharan Africa: A systemic review and meta-analysis. *Sustainable Environment*. [Internet]. 2021 [cited 2025 jan 13];7(1). Available from: <https://doi.org/10.1080/27658511.2021.1922185>.
64. Watts N, Amann M, Arnell N, Ayeb-Karlsson S, Belesova K, Boykoff M, et al. The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. *The Lancet*. [Internet]. 2019 [cited 2025 jan 13];16;394(10211). Available from: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32596-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32596-6).
65. Yee LM, Silver R, Haas DM, Parry S, Mercer BM, Wing DA, et al. Association of Health Literacy Among Nulliparous Individuals and Maternal and Neonatal Outcomes. *JAMA Network Open*. [Internet]. 2021 [cited 2025 jan 22];4(9):e2122576. Available from: <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.2257>.
66. McCall SJ, Tanya El Khoury, Ghattas H, Shady Elbassuoni, Mhd Hussein Murtada, Zeina Jamaluddine, et al. Maternal and infant outcomes of Syrian and Palestinian refugees,

Lebanese and migrant women giving birth in a tertiary public hospital in Lebanon: a secondary analysis of an obstetric database. *BMJ Journals*. [Internet] 2023 [cited 2025 jan 22];13(2):e064859-9. Available from: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-064859>.

67. Danieli Y, Norris FH, Engdahl B. Multigenerational legacies of trauma: Modeling the what and how of transmission. *American Journal of Orthopsychiatry*. [Internet]. 2016 [cited 2025 feb 6];86(6). Available from: <https://doi.org/10.1037/ort0000145>.

68. Dancause KN, Laplante DP, Oremus C, Fraser S, Brunet A, King S. Disaster-related prenatal maternal stress influences birth outcomes: Project Ice Storm. *Early Human Development*. [Internet]. 2011 [cited 2025 feb 6];87(12). Available from: <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2011.06.007>.

69. Pike A, Mikolas C, Tompkins K, Olson J, Olson DM, Brémault-Phillips S. New Life Through Disaster: A Thematic Analysis of Women's Experiences of Pregnancy and the 2016 Fort McMurray Wildfire. *Frontiers in Public Health*. [Internet]. 2022 [cited 2025 mar 30];13(10). Available from: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.725256>.

70. Organização das Nações Unidas (ONU). Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: As Nações Unidas no Brasil. [Internet]. 2022 [cited 2024 jan 05]. Available from: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>.

71. World Health Organization (WHO). One health initiative. [Internet]. 2024 [cited 2025 jan 11]. Available from: <https://www.who.int/teams/one-health-initiative>.