

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DOENÇA DE PARKINSON: UMA ANÁLISE DA ASSOCIAÇÃO ENTRE FATORES AMBIENTAIS E PROGRESSÃO CLÍNICA

DOI: <https://doi.org/10.31692/2764-3433.v6i1.319>

¹PALOMA PAULA FERREIRA SOTÉ

Discente de Fisioterapia, Universidade Federal de Pernambuco, lucas.neri@ufpe.br

²HELOISA ALBUQUERQUE FERREIRA

Discente de Fonoaudiologia, Universidade Federal de Pernambuco

³ENELIC FERNANDA DOS SANTOS BARBOSA

Discente de Fonoaudiologia, Universidade Federal de Pernambuco

⁴GABRIELA NASCIMENTO OLIVEIRA MOREIRA

Discente de Fonoaudiologia, Universidade Federal de Pernambuco

⁵YURI CRISTIAN DE LIMA

Discente de Fisioterapia, Universidade Federal de Pernambuco

⁶BEATRIZ CARDOSO CAMPOS DE ASSUNÇÃO

Nutricionista, Mestranda em Bioquímica e Fisiologia, Universidade Federal de Pernambuco

⁷ISVÂNIA MARIA SERAFIM DA SILVA LOPES

Biomédica, Doutora em Tecnologias Energéticas Nucleares, Docente do Departamento de Biofísica e Radiobiologia, Universidade Federal de Pernambuco

RESUMO

A Doença de Parkinson (DP) é uma patologia neurodegenerativa crônica e progressiva que acomete principalmente indivíduos idosos, sendo caracterizada pela perda gradual dos neurônios dopaminérgicos da substância negra. Essa degeneração leva ao surgimento de sintomas motores, como tremor de repouso, rigidez muscular, bradicinesia e instabilidade postural, além de manifestações não motoras, como distúrbios do sono, alterações cognitivas e depressão. Embora a etiologia da doença ainda não seja completamente elucidada, reconhece-se que ela possui caráter multifatorial, envolvendo a interação entre predisposição genética e fatores ambientais. Nos últimos anos, tem crescido o interesse científico em compreender como as mudanças climáticas e a poluição atmosférica podem contribuir para a progressão da Doença de Parkinson. O aquecimento global e o aumento da concentração de poluentes no ar, especialmente o material particulado fino (PM_{2,5}), representam ameaças significativas à saúde pública e vêm sendo associados a diversos desfechos neurológicos adversos. O PM_{2,5} é capaz de penetrar profundamente nas vias respiratórias, ultrapassar a barreira hematoencefálica e induzir respostas inflamatórias e oxidativas no sistema nervoso central, o que pode acelerar a degeneração neuronal. Além da poluição, o aumento das temperaturas ambientais tem sido apontado como um fator de risco adicional. O estresse térmico pode intensificar processos inflamatórios e oxidativos, desregular o metabolismo energético cerebral e comprometer a eficácia de medicamentos utilizados no tratamento da DP, como a levodopa. Em regiões urbanas com altos índices de poluição e temperaturas elevadas, observa-se um agravamento dos sintomas motores e uma piora na qualidade de vida dos pacientes. Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo investigar a associação entre poluição do ar, aquecimento global e estresse oxidativo na progressão clínica da Doença de Parkinson. Busca-se compreender de que forma fatores ambientais contribuem para a piora dos sintomas e para a evolução da doença, a fim de promover uma reflexão sobre a importância da saúde ambiental na prevenção e manejo de condições neurológicas. O estudo foi desenvolvido por meio de uma revisão integrativa da literatura, conduzida nas bases PubMed, Scopus, Web of Science e Scielo, utilizando descritores relacionados à “Doença de Parkinson”, “mudanças climáticas”, “poluição do ar” e “estresse oxidativo”. Foram incluídos artigos publicados entre 2014 e 2024, em português e inglês, que apresentavam relação direta entre fatores ambientais e alterações fisiopatológicas ou clínicas da DP. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 12 estudos foram selecionados para análise e síntese dos resultados. Os principais achados apontam que a exposição prolongada ao PM_{2,5} está associada ao aumento do risco de desenvolvimento e progressão da Doença de Parkinson, principalmente em populações urbanas e industrializadas. Esses poluentes induzem inflamação sistêmica, ativação microglial e aumento da produção de espécies reativas de oxigênio, mecanismos intimamente relacionados à morte neuronal. Da mesma forma, o aumento das temperaturas ambientais mostrou-se um fator agravante, intensificando sintomas motores e interferindo na resposta terapêutica. A análise dos estudos também evidencia que indivíduos idosos, com doenças cardiovasculares e metabólicas associadas, apresentam maior vulnerabilidade aos efeitos combinados da poluição e do calor. Esses achados reforçam a necessidade de políticas públicas voltadas à mitigação da poluição atmosférica, ao controle do aquecimento global e à criação de estratégias adaptativas para populações mais suscetíveis. Em conclusão, a literatura sugere que há uma relação significativa entre fatores ambientais e a progressão da Doença de Parkinson. O entendimento desses mecanismos é essencial para a formulação de estratégias preventivas e terapêuticas mais eficazes, considerando o impacto das mudanças climáticas sobre a saúde neurológica. Assim, este estudo contribui para ampliar a discussão sobre a interface entre meio ambiente e doenças neurodegenerativas, destacando a urgência de ações integradas em saúde pública, sustentabilidade e qualidade de vida.

Palavras-Chave: Aquecimento global; estresse oxidativo; Parkinson.

INTRODUÇÃO

A Doença de Parkinson (DP) é uma enfermidade neurológica degenerativa, progressiva e multifacetada, caracterizada pela deterioração gradual dos neurônios dopaminérgicos da substância negra *pars compacta*, estrutura fundamental para o controle dos movimentos voluntários e da coordenação motora. A depleção dessa dopamina no corpo estriado leva ao aparecimento dos sintomas motores clássicos da doença, como tremor de repouso, rigidez muscular, bradicinesia e instabilidade postural. No entanto, a DP não se limita às manifestações motoras, podendo incluir também sintomas não motores, como distúrbios do sono, alterações cognitivas, depressão e disfunções autonômicas, o que reforça seu caráter sistêmico e complexo (Krzyzanowski *et al.*, 2024).

Sua etiologia é multifatorial, resultando de uma intrincada interação entre fatores ambientais, predisposição genética e elementos ainda não completamente elucidados. Essa interação determina fenótipos distintos e subtipos clínicos variados, que refletem não apenas diferenças sintomatológicas, mas também particularidades fisiopatológicas e prognósticas. Um dos subtipos mais reconhecidos é a Doença de Parkinson Rígido-cinética, que apresenta uma evolução mais acelerada dos sintomas, sendo a bradicinesia, lentidão dos movimentos e, a rigidez muscular, os achados predominantes e mais incapacitantes (Krzyzanowski *et al.*, 2024).

Por outro lado, no subtipo Tremor-predominante, os sintomas motores se manifestam principalmente como tremor de repouso associado à bradicinesia, mas com menor comprometimento da rigidez e da instabilidade postural. Essa forma costuma apresentar progressão mais lenta e melhor resposta terapêutica. É importante ressaltar que a DP afeta predominantemente indivíduos idosos, com maior incidência a partir dos 70 anos de idade, atingindo cerca de 2% dessa população. Com o envelhecimento populacional em escala global, estima-se que o número de pessoas afetadas triplique nas próximas duas décadas, configurando um dos maiores desafios de saúde pública no campo das doenças neurodegenerativas (Krzyzanowski *et al.*, 2024).

As doenças neurológicas degenerativas, incluindo a DP, compartilham mecanismos celulares e moleculares comuns, como o estresse oxidativo, a disfunção mitocondrial, a inflamação crônica, a excitotoxicidade e a apoptose neuronal. Esses processos, quando persistentes, desencadeiam uma cascata de eventos bioquímicos que culminam na morte neuronal progressiva e irreversível. Em condições fisiológicas, o cérebro dispõe de sistemas antioxidantes capazes de neutralizar o excesso de espécies reativas de oxigênio (EROs). No entanto, quando ocorre um desequilíbrio entre a produção dessas espécies e a capacidade antioxidante, instala-se o estresse oxidativo, promovendo dano às membranas celulares,

proteínas e DNA mitocondrial (Zammit *et al.*, 2020).

Dentro desse contexto, o estresse térmico é um fator ambiental relevante, uma vez que a exposição a temperaturas elevadas pode aumentar a geração de radicais livres, reduzir a eficiência dos mecanismos de defesa antioxidante e comprometer a homeostase neuronal. Estudos apontam que, quando a temperatura corporal ultrapassa 40°C, há agravamento da excitotoxicidade, necrose e apoptose, exacerbando o processo neurodegenerativo (Zammit *et al.*, 2020). Esse fenômeno tem ganhado destaque nas últimas décadas devido ao aumento das temperaturas globais e à intensificação das ondas de calor (Zammit *et al.*, 2020).

Nos últimos anos, houve um aumento do aquecimento global, que os anos de 2016 e 2020 figuraram entre os mais quentes já registrados desde 1979, considerando o período pré-industrial como referência, a média global de temperatura aumentou cerca de 1,3°C em 2020, com um ritmo de elevação estimado em 0,2°C por década. Esse cenário é consequência direta das emissões de gases de efeito estufa e das mudanças climáticas associadas à urbanização acelerada e ao desmatamento, o que afeta diretamente a saúde humana, esses fenômenos estão relacionados ao aumento de doenças cardiovasculares, respiratórias e neurológicas, já que as ondas de calor mais longas e intensas podem descompensar condições clínicas preexistentes e, em casos extremos, levar à morte (Bongioanni *et al.*, 2021).

A partir dessa perspectiva, o impacto das alterações climáticas sobre a saúde neurológica emerge como um tema de grande relevância científica e social. O aumento das temperaturas ambientais, combinado a fatores como a poluição atmosférica e a urbanização desordenada, cria um ambiente hostil para a saúde cerebral. Estudos recentes evidenciam que indivíduos expostos continuamente ao calor intenso em áreas densamente urbanizadas apresentam maior risco de agravamento de sintomas neurológicos, especialmente aqueles com doenças neurodegenerativas. Esse fenômeno é intensificado nas chamadas “ilhas de calor urbano”, onde o acúmulo de concreto, a escassez de áreas verdes e a baixa circulação de ar aumentam a retenção térmica (Bongioanni *et al.*, 2021).

Embora o calor extremo não seja considerado um fator etiológico direto para o surgimento da Doença de Parkinson, ele desempenha papel importante na aceleração da progressão da doença e no aumento da mortalidade entre indivíduos afetados. Esse conceito é abordado pelo neuro-urbanismo, um campo interdisciplinar emergente que busca compreender como os fatores ambientais urbanos, como ruído, poluição, densidade populacional e calor, interferem na estrutura e na função cerebral, afetando o comportamento, o humor e a vulnerabilidade a doenças neurológicas (Tewari; Tewari; Niyogi, 2023).

Além do calor, a poluição do ar representa outro elemento crítico na fisiopatologia das

doenças neurodegenerativas. As substâncias tóxicas ambientais, como pesticidas e solventes orgânicos, a exemplo do triclorotileno, são apontadas como importantes agentes na crescente incidência de doenças cerebrais. O diferencial da Doença de Parkinson em relação a outras patologias neurodegenerativas é que ela vem sendo cada vez mais reconhecida como potencialmente prevenível, justamente por estar fortemente associada à exposição a agentes poluentes modificáveis (Dorsey; Bloem, 2024).

Os poluentes atmosféricos contribuem para o processo neurodegenerativo por meio de diversos mecanismos, incluindo inflamação cerebral crônica, ativação da microglia, disfunção mitocondrial e estresse oxidativo. Estudos experimentais com modelos animais reforçam essas evidências: a exposição prolongada a partículas poluentes foi associada ao aumento da agregação de alfa-sinucleína no mesencéfalo e à perda de neurônios dopaminérgicos na substância negra, alterações consideradas marcas patológicas clássicas da Doença de Parkinson (Liu *et al.*, 2016; Krzyzanowski *et al.*, 2024).

Além disso, há indícios de que as diferenças entre os subtipos clínicos da doença, acinético-rígido e tremor-predominante, possam estar relacionadas à composição e às subfrações do material particulado fino (PM_{2,5}), cujas partículas, com diâmetro aerodinâmico inferior a 2,5 micrômetros, possuem elevada capacidade de penetração no sistema respiratório e de translocação para o sistema nervoso central. Essa característica torna o PM_{2,5} um agente de grande preocupação ambiental e médica, pois ele induz processos inflamatórios e oxidativos diretamente ligados à degeneração neuronal (Liu *et al.*, 2016; Krzyzanowski *et al.*, 2024).

O estresse oxidativo, portanto, é um ponto central de intersecção entre as mudanças ambientais e a fisiopatologia da Doença de Parkinson. Tanto a exposição prolongada a temperaturas elevadas quanto a inalação de partículas poluentes desencadeiam mecanismos bioquímicos que culminam na produção exacerbada de radicais livres, excitotoxicidade e inflamação cerebral. Esses processos são fundamentais para a progressão da neurodegeneração e têm sido confirmados por múltiplas linhas de pesquisa (Buizza; Carratore; Bongioanni, 2022; Franco *et al.*, 2023).

Diante disso, as doenças neurológicas e os desafios impostos pelas mudanças climáticas assumem relevância crescente, não apenas no campo biomédico, mas também nas políticas públicas de saúde e planejamento urbano. O presente estudo, portanto, busca compreender de maneira aprofundada a associação entre fatores climáticos e a Doença de Parkinson, destacando os aspectos ambientais como potenciais precursores ou aceleradores da neurodegeneração.

As doenças neurológicas, especialmente as neurodegenerativas, são consideradas o segundo grupo de condições mais afetado pelo aumento global das temperaturas. Essa

vulnerabilidade pode estar associada tanto a componentes genéticos quanto a mecanismos de abiotrofia, isto é, à degeneração celular resultante da exposição crônica ao calor e ao estresse ambiental. Um exemplo emblemático da gravidade desses fenômenos foi registrado na Europa, em 2003, quando uma onda de calor extremo resultou em aproximadamente 20.000 mortes, ilustrando como o ambiente pode interferir de forma dramática na fisiologia humana e, potencialmente, na saúde neurológica (Bongioanni *et al.*, 2021).

O impacto das condições ambientais sobre a Doença de Parkinson (DP) também pode ser analisado sob a perspectiva da interação entre vulnerabilidade biológica e contexto urbano. Indivíduos idosos, especialmente aqueles com comorbidades, apresentam menor capacidade de adaptação a estressores ambientais, como calor intenso e poluição atmosférica, o que potencializa a progressão dos sintomas motores e não motores da doença (Bongioanni *et al.*, 2021; Hunt *et al.*, 2024). A urbanização acelerada e a densidade populacional aumentam a exposição a poluentes, incluindo partículas finas (PM_{2,5}) e gases como NO₂, cuja penetração no sistema nervoso central desencadeia inflamação crônica, estresse oxidativo e disfunção mitocondrial, fatores centrais para a degeneração neuronal (Liu *et al.*, 2016; Krzyzanowski *et al.*, 2024).

Paralelamente, ondas de calor mais frequentes elevam a geração de radicais livres e comprometem mecanismos antioxidantes cerebrais, intensificando a excitotoxicidade e a morte neuronal, particularmente em regiões urbanas caracterizadas por “ilhas de calor” (Zammit *et al.*, 2020; Tewari; Tewari; Niyogi, 2023). Pesquisas recentes também sugerem que a interação entre fatores ambientais e características individuais, como sexo, predisposição genética e histórico de exposição a toxinas, pode explicar diferenças na progressão clínica da DP e na resposta terapêutica, evidenciando a complexidade multifatorial da doença (Krzyzanowski *et al.*, 2024; Dorsey; Bloem, 2024). Assim, compreender a DP a partir de uma perspectiva integrada, combinando fatores biológicos, ambientais e sociais, é crucial para o desenvolvimento de estratégias preventivas, políticas públicas de mitigação da poluição e planejamento urbano voltado à saúde neurológica, promovendo redução da carga de sintomas, retardamento da progressão da doença e maior qualidade de vida para os pacientes (Bongioanni *et al.*, 2021; Franco *et al.*, 2023). A dimensão social da Doença de Parkinson é particularmente relevante quando se considera a distribuição desigual da exposição a fatores ambientais. Comunidades de menor renda e bairros urbanos densamente povoados enfrentam maior contato com poluentes atmosféricos, como PM_{2,5} e NO₂, além de estresse térmico intenso devido à ausência de áreas verdes e à formação de ilhas de calor urbano (Tewari; Tewari; Niyogi, 2023; Bongioanni *et al.*, 2021). Esses determinantes sociais amplificam a vulnerabilidade de

indivíduos já predispostos à DP, principalmente idosos e mulheres, que acumulam ao longo da vida exposições ambientais e sofrem mais com limitações no acesso a serviços de saúde de qualidade (Nicole *et al.*, 2024). Além disso, a progressão da doença impacta diretamente a participação social e econômica desses indivíduos, reduzindo sua capacidade de trabalho, interação comunitária e independência funcional, o que pode agravar situações de exclusão e dependência familiar ou institucional. A disparidade social também influencia o diagnóstico precoce, o acompanhamento clínico e a adesão a terapias farmacológicas e não farmacológicas, criando um ciclo de vulnerabilidade que interconecta fatores ambientais, biológicos e socioeconômicos (Hunt *et al.*, 2024; Dorsey; Bloem, 2024). Nesse contexto, políticas públicas voltadas à redução de poluição, ao planejamento urbano inclusivo, à ampliação de espaços verdes e ao fortalecimento do acesso à saúde tornam-se ferramentas essenciais para mitigar os impactos sociais e clínicos da DP, promovendo equidade, prevenção e melhoria da qualidade de vida de populações mais afetadas. A compreensão da doença sob uma perspectiva social evidencia que a Doença de Parkinson não é apenas um problema clínico, mas também um desafio de justiça social, exigindo estratégias integradas que articulem saúde, urbanismo e proteção ambiental como componentes centrais de intervenção (Franco *et al.*, 2023; Bongioanni *et al.*, 2021). A dimensão social da Doença de Parkinson é particularmente relevante quando se considera a distribuição desigual da exposição a fatores ambientais. Comunidades de menor renda e bairros urbanos densamente povoados enfrentam maior contato com poluentes atmosféricos, como PM_{2,5} e NO₂, além de estresse térmico intenso devido à ausência de áreas verdes e à formação de ilhas de calor urbano (Tewari; Tewari; Niyogi, 2023; Bongioanni *et al.*, 2021). Esses determinantes sociais amplificam a vulnerabilidade de indivíduos já predispostos à DP, principalmente idosos e mulheres, que acumulam ao longo da vida exposições ambientais e sofrem mais com limitações no acesso a serviços de saúde de qualidade (Nicole *et al.*, 2024). Além disso, a progressão da doença impacta diretamente a participação social e econômica desses indivíduos, reduzindo sua capacidade de trabalho, interação comunitária e independência funcional, o que pode agravar situações de exclusão e dependência familiar ou institucional. A disparidade social também influencia o diagnóstico precoce, o acompanhamento clínico e a adesão a terapias farmacológicas e não farmacológicas, criando um ciclo de vulnerabilidade que interconecta fatores ambientais, biológicos e socioeconômicos (Hunt *et al.*, 2024; Dorsey; Bloem, 2024). Nesse contexto, políticas públicas voltadas à redução de poluição, ao planejamento urbano inclusivo, à ampliação de espaços verdes e ao fortalecimento do acesso à saúde tornam-se ferramentas essenciais para mitigar os impactos sociais e clínicos da DP, promovendo equidade, prevenção e melhoria da qualidade de vida de populações mais afetadas.

A compreensão da doença sob uma perspectiva social evidencia que a Doença de Parkinson não é apenas um problema clínico, mas também um desafio de justiça social, exigindo estratégias integradas que articulem saúde, urbanismo e proteção ambiental como componentes centrais de intervenção (Franco *et al.*, 2023; Bongioanni *et al.*, 2021).

A dimensão social da Doença de Parkinson é particularmente relevante quando se considera a distribuição desigual da exposição a fatores ambientais. Comunidades de menor renda e bairros urbanos densamente povoados enfrentam maior contato com poluentes atmosféricos, como PM_{2,5} e NO₂, além de estresse térmico intenso devido à ausência de áreas verdes e à formação de ilhas de calor urbano (Tewari; Tewari; Niyogi, 2023; Bongioanni *et al.*, 2021). Esses determinantes sociais amplificam a vulnerabilidade de indivíduos já predispostos à DP, principalmente idosos e mulheres, que acumulam ao longo da vida exposições ambientais e sofrem mais com limitações no acesso a serviços de saúde de qualidade (Nicole *et al.*, 2024).

Além disso, a progressão da doença impacta diretamente a participação social e econômica desses indivíduos, reduzindo sua capacidade de trabalho, interação comunitária e independência funcional, o que pode agravar situações de exclusão e dependência familiar ou institucional. A disparidade social também influencia o diagnóstico precoce, o acompanhamento clínico e a adesão a terapias farmacológicas e não farmacológicas, criando um ciclo de vulnerabilidade que interconecta fatores ambientais, biológicos e socioeconômicos (Hunt *et al.*, 2024; Dorsey; Bloem, 2024). Nesse contexto, políticas públicas voltadas à redução de poluição, ao planejamento urbano inclusivo, à ampliação de espaços verdes e ao fortalecimento do acesso à saúde tornam-se ferramentas essenciais para mitigar os impactos sociais e clínicos da DP, promovendo equidade, prevenção e melhoria da qualidade de vida de populações mais afetadas. A compreensão da doença sob uma perspectiva social evidencia que a Doença de Parkinson não é apenas um problema clínico, mas também um desafio de justiça social, exigindo estratégias integradas que articulem saúde, urbanismo e proteção ambiental como componentes centrais de intervenção (Franco *et al.*, 2023; Bongioanni *et al.*, 2021).

METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, uma metodologia que permite a síntese de resultados de estudos já publicados sobre um determinado tema, com o objetivo de compreender de forma ampla o conhecimento produzido e identificar lacunas existentes na literatura científica. O foco central deste trabalho é a relação entre fatores ambientais e doenças neurodegenerativas, mais especificamente a Doença de Parkinson (DP), abordando interfaces entre Clima, Neurologia e Saúde Pública. A pesquisa foi norteada pela

seguinte pergunta condutora: “Qual é a associação entre a poluição do ar, o aumento da temperatura global e o estresse oxidativo causado por esses fatores na progressão clínica da Doença de Parkinson em adultos diagnosticados com a enfermidade?”. Essa indagação surge da crescente preocupação com os efeitos das mudanças climáticas e da degradação ambiental sobre a saúde humana, especialmente no que se refere ao impacto de poluentes atmosféricos e do aquecimento global sobre o sistema nervoso central.

A busca pelos artigos científicos foi conduzida de forma sistemática e organizada nas principais bases de dados internacionais, incluindo PubMed, Scopus, Web of Science e SciELO. Para garantir a precisão dos resultados, foram utilizados descritores controlados obtidos a partir dos vocabulários DeCS (Descritores em Ciências da Saúde) e MeSH (*Medical Subject Headings*), que asseguram a padronização dos termos empregados. Os descritores selecionados foram: “*Neurodegenerative Diseases*”, “*Climate Change*”, “*Exposure*” e “*Environmental*”, combinados por meio dos operadores booleanos “AND” e “MESH”. Assim, as estratégias de busca são elaboradas de modo a abranger diferentes variações terminológicas e contextuais do tema. Na base PubMed, por exemplo, utiliza-se a seguinte expressão: (“*Parkinson Disease*”[Mesh] OR Parkinson[Title/Abstract]) AND (“*Air Pollution*”[Mesh] OR “*air pollution*”[Title/Abstract])) NOT (“*review*”[Publication Type] OR “*review*”[Title]). Já na Scopus, a estratégia de busca adota a forma (“Parkinson's disease” OR “Doença de Parkinson”) AND (“*global warming*” OR “aquecimento global” OR “*climate change*” OR “mudanças climáticas”). Na Web of Science, a consulta foi estruturada como (Parkinson OR “Parkinson's disease”) AND (“*climate change*” OR “*global warming*”) AND (“*environmental exposure*” OR “*air pollution*”). Por fim, na base SciELO, a busca seguiu a expressão (“Doença de Parkinson” OR “Parkinson's disease” OR “Parkinson”) AND (“mudança climática” OR “aquecimento global” OR “poluição do ar” OR “exposição ambiental” OR “alterações ambientais”).

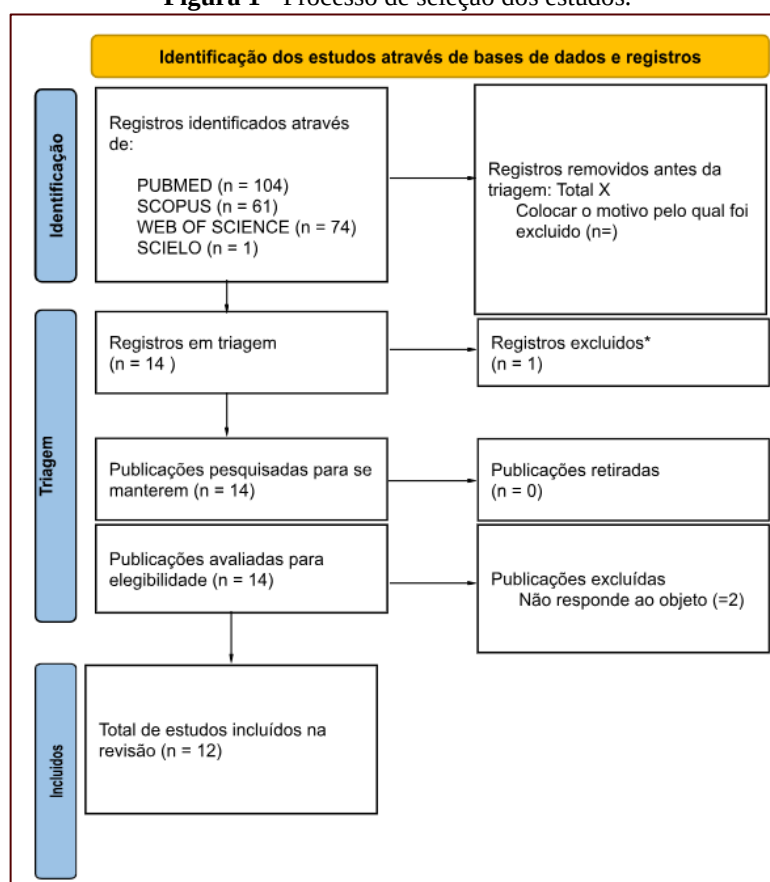
Os critérios de inclusão definidos para a amostra contempla artigos publicados nos últimos dez anos, compreendendo o período de 2014 a 2024, com recorte temporal justificado pela necessidade de reunir evidências atualizadas e metodologicamente consistentes sobre a temática, estudos que investigam a progressão da Doença de Parkinson em associação a fatores ambientais como poluição atmosférica, mudanças na temperatura global e processos de estresse oxidativo, textos disponíveis em língua inglesa ou portuguesa, o que amplia o acesso às publicações relevantes tanto de contextos internacionais quanto nacionais.

Foram excluídos artigos que não apresentavam relação direta com o objetivo central do estudo ou não se encaixavam com os demais critérios de inclusão dessa pesquisa. O processo de coleta de dados, realizado entre janeiro e setembro de 2025, de forma minuciosa e

padronizada, resultando na identificação inicial de 15 artigos que se encaixam nos critérios estabelecidos. Durante a busca na base SciELO, contudo, não são obtidos resultados que atendam aos parâmetros de inclusão, o que reforça a escassez de estudos nacionais sobre a relação entre fatores climáticos e a Doença de Parkinson. Após a coleta, é realizada uma análise rigorosa da qualidade metodológica dos estudos, seguindo um processo de triagem em três etapas sucessivas: leitura dos títulos (15 artigos), leitura dos resumos (12 artigos) e leitura integral dos textos (12 artigos). Três publicações são excluídas por não apresentarem aderência ao tema principal da revisão, restando 12 estudos que compõem a amostra final.

Esses 12 artigos selecionados passaram por uma análise detalhada, buscando identificar os principais achados sobre como as mudanças ambientais, em especial a poluição atmosférica e o aumento da temperatura global, podem contribuir para processos neurodegenerativos, agravar sintomas motores e não motores, e acelerar a progressão clínica da Doença de Parkinson. O exame das evidências disponíveis permite discutir o papel do estresse oxidativo como mecanismo fisiopatológico central nesse contexto, considerando que a exposição prolongada a poluentes pode gerar danos celulares, inflamação crônica e disfunção mitocondrial, fatores amplamente reconhecidos na literatura como contribuintes para a degeneração neuronal. Dessa forma, o presente trabalho pretende oferecer uma síntese crítica sobre o estado atual do conhecimento, além de destacar a importância de políticas ambientais e estratégias preventivas voltadas à redução dos impactos das mudanças climáticas sobre a saúde neurológica da população.

Figura 1 - Processo de seleção dos estudos.



Fonte: Autoral (2026).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O impacto das mudanças climáticas é desproporcionalmente maior em populações urbanas, especialmente em comunidades carentes, com jovens e idosos sendo mais vulneráveis a problemas de saúde relacionados ao estresse térmico. Moradores urbanos em ambientes heterogêneos e carentes enfrentam maior exposição ao calor, aumentando a suscetibilidade a condições patológicas como doenças neurodegenerativas. Nesse sentido, os estudos mostram que a exposição prolongada a altos níveis de material particulado fino (PM_{2,5}) eleva o risco de distúrbios neurológicos, como Parkinson, e que reduzir a poluição urbana pode ajudar a diminuir a carga dessas doenças na população. Vale ressaltar que a concentração de poluentes urbanos, incluindo o PM_{2,5}, é influenciada por fatores meteorológicos locais, afetando diretamente a exposição da população. Assim, a interação entre mudanças climáticas, poluição do ar, urbanização e crescimento populacional aumenta o estresse térmico e seus impactos na saúde, especialmente entre populações vulneráveis em áreas urbanas (Tewari; Tewari; Niyogi, 2023).

Além disso, os fatores mencionados anteriormente, como idade avançada e vulnerabilidade ambiental, reforçam a associação entre PM_{2,5} e doenças neurodegenerativas.

Nesse contexto, a idade avançada representa um fator de maior vulnerabilidade, já que está associada à fragilidade da barreira hematoencefálica e à redução das defesas antioxidantes. Essa condição é ainda mais agravada em indivíduos que vivem em áreas urbanizadas e carentes, onde a concentração de poluentes é mais elevada e o acesso a áreas verdes é limitado, aumentando a exposição ao PM_{2,5}. Outro aspecto importante é a associação mais evidente entre mulheres e doenças neurodegenerativas, o que pode ser explicado pela maior expectativa de vida feminina, resultando em maior tempo de exposição e acúmulo dessas partículas. No caso específico da Doença de Parkinson, a literatura indica que a exposição ao PM_{2,5} esteve relacionada a um aumento de 10% no risco em longo prazo e de 1% em curto prazo, achado particularmente destacado em estudos realizados com coortes femininas (Xie *et al.*, 2025).

Corroborando essa perspectiva, um estudo realizado nos EUA e na Dinamarca analisou 1.600 casos de Doença de Parkinson e 1.778 controles, com uma janela de exposição de 10 a 15 anos. A poluição do tráfego foi estimada com modelos distintos: nos EUA, o CALINE4, que calcula poluentes locais em um raio de 1,5 km do endereço dos participantes; e na Dinamarca, o DEHM, que combina tráfego local com níveis de fundo urbano e regional. Nesse estudo, as variantes genéticas foram analisadas pelo PD-PRS (*Polygenic Risk Score*), que indica que quanto maior o *score*, maior a probabilidade de desenvolver Parkinson, enquanto a exposição ambiental foi avaliada pelo TRAP (*Traffic-Related Air Pollution*). Os resultados mostraram que PEG ($p = 0,02$) e PASIDA ($p = 0,03$) não apresentaram correlação significativa entre PRS e TRAP, sugerindo que fatores genéticos e ambientais atuam de forma independente (Kwon *et al.*, 2025).

Complementando essa linha de evidência, em um estudo de coorte com mulheres estadunidenses (2003–2018), 163 pacientes foram diagnosticadas com Parkinson. Foram aplicados três modelos analíticos que consideraram dados demográficos, estilo de vida e fatores contextuais. Os poluentes analisados foram dióxido de nitrogênio (NO₂) e PM_{2,5}, ambos acima das diretrizes da OMS. O NO₂ apresentou associação positiva dose-resposta com risco de DP, mais evidente em áreas de maior privação socioeconômica e ligeiramente mais forte entre mulheres não brancas. Já o PM_{2,5} não apresentou relação geral com DP, mostrando efeito positivo apenas entre residentes do Centro-Oeste. Esses achados reforçam a importância de fatores ambientais modificáveis e suas interações com características demográficas e socioeconômicas (Nicole *et al.*, 2024).

Em escala global, países do *cluster* HT-HW (*High Temperature – High Warming*), que em 2020 reuniram cerca de 912 milhões de habitantes (12% da população mundial), apresentaram correlação de 25–26% entre aquecimento climático e aumento nos índices de DP,

indicando efeito relevante do clima sobre a doença. Em contraste, outros *clusters* climáticos mostraram correlação mínima (<1%). Na mesma direção, um estudo em Lisboa (2012–2015), com 3.508 admissões hospitalares por DP, reforçou o papel ambiental ao evidenciar que o PM_{2,5} aumentou consistentemente o risco de internações, sobretudo em idosos ≥ 75 anos, enquanto o PM₁₀ não apresentou efeito significativo, sem diferenças relevantes entre os sexos (Buizza; Carratore; Bongioanni, 2022; Franco *et al.*, 2023).

De modo geral, os resultados desses estudos apontam que fatores ambientais e genéticos influenciam o risco de Parkinson e outras doenças neurodegenerativas. Enquanto o estresse térmico e a poluição urbana, especialmente PM_{2,5}, ampliam o risco em populações vulneráveis, a predisposição genética parece atuar de forma independente. Além disso, há variações de acordo com sexo, idade, local de residência e nível socioeconômico, o que reforça a complexidade multifatorial da doença. Por fim, é importante destacar a questão da sensibilidade ao calor em pessoas com Parkinson, que afeta tanto sintomas motores quanto não motores. Em um estudo transversal com 247 participantes, 78,9% relataram aumento da sensibilidade térmica, com piora de fadiga, tremores, rigidez, distúrbios do sono e suor excessivo. Essa condição foi mais prevalente em climas quentes, como na Austrália, e comprometeu atividades da vida diária, vida social e eficácia da medicação. Esses achados reforçam a necessidade de estratégias preventivas e políticas públicas voltadas à proteção de indivíduos vulneráveis (Hunt *et al.*, 2024).

O impacto das mudanças climáticas é desproporcionalmente maior em populações urbanas, especialmente em comunidades carentes, com jovens e idosos sendo mais vulneráveis a problemas de saúde relacionados ao estresse térmico. Moradores urbanos em ambientes heterogêneos e carentes enfrentam maior exposição ao calor, aumentando a suscetibilidade a condições patológicas como, doenças neurodegenerativas. Estudos mostram que a exposição prolongada a altos níveis de material particulado fino (PM_{2,5}) eleva o risco de distúrbios neurológicos, como Parkinson, e que reduzir a poluição urbana pode ajudar a diminuir a carga dessas doenças na população. A concentração de poluentes urbanos, incluindo o PM_{2,5}, é influenciada por fatores meteorológicos locais, afetando a exposição da população. Assim, a interação entre mudanças climáticas, poluição do ar, urbanização e crescimento populacional aumenta o estresse térmico e seus impactos na saúde, especialmente entre populações vulneráveis em áreas urbanas (Tewari; Tewari; Niyogi, 2023).

Os fatores mencionados anteriormente, como idade avançada e vulnerabilidade ambiental, reforçam a associação entre PM_{2,5} (material particulado com diâmetro aerodinâmico de 2,5 micrômetros) e doenças neurodegenerativas. Nesse contexto, a idade

avançada representa um fator de maior vulnerabilidade, já que está associada à fragilidade da barreira hematoencefálica e à redução das defesas antioxidantes. Essa condição é agravada em indivíduos que vivem em áreas urbanizadas e carentes, onde a concentração de poluentes é mais elevada e o acesso a áreas verdes é limitado, aumentando assim a exposição ao material particulado fino (PM_{2,5}). Além disso, observou-se uma relação diferente entre os gêneros e doenças neurodegenerativas, o que pode ser explicado pela maior expectativa de vida feminina, resultando em maior tempo de exposição e acúmulo dessas partículas. No caso da Doença de Parkinson, a exposição ao PM_{2,5} esteve relacionada a um aumento de 10% no risco em longo prazo e de 1% em curto prazo, achado particularmente em coortes femininas (Xie *et al.*, 2025).

Estudo realizado nos EUA e na Dinamarca, participaram 634 indivíduos nos EUA e 966 na Dinamarca, totalizando 1.600 casos de Doença de Parkinson e 1.778 controles, com uma janela de exposição de 10 a 15 anos. A estimativa da poluição do tráfego foi realizada com modelos distintos: nos EUA, foi usado o CALINE4, que calcula poluentes locais em um raio de 1,5 km do endereço dos participantes, enquanto na Dinamarca foi utilizado o DEHM, que combina tráfego local com níveis de fundo urbano e regional em escala maior e com combinações mais complexas (Kwon *et al.*, 2025).

As variantes genéticas foram analisadas pelo PD-PRS (*Polygenic Risk Score*), que indica que quanto maior o *score*, maior a probabilidade de desenvolver Parkinson, e a exposição ambiental foi avaliada pelo TRAP (*Traffic-Related Air Pollution*), relacionando poluição do tráfego ao risco genético da doença. Os resultados mostraram que PEG (*Parkinson's Environment and Genes*) ($p = 0,02$) e PASIDA (*Parkinson Disease in Denmark*) ($p = 0,03$) não apresentaram correlação significativa entre PRS e TRAP, indicando que fatores genéticos e ambientais são independentes. Portanto, ter alto PRS não implica viver em áreas poluídas, e morar em regiões com maior TRAP não altera a carga genética individual (Kwon *et al.*, 2025).

Em um estudo de coorte com mulheres estadunidenses, 163 pacientes foram diagnosticadas com Doença de Parkinson, considerando exposições de 2003 a 2018 e mudanças de residência. Foram realizados três modelos analíticos: dados demográficos (idade, raça/etnia autorrelatada, educação), estilo de vida (índice de massa corporal, tabagismo, atividade física) e outros fatores contextuais (região censitária, tipo de área residencial) (Nicole, 2024).

Os poluentes estudados foram dióxido de nitrogênio (NO₂) e partículas finas em suspensão (PM_{2,5}), ambos acima das diretrizes da OMS para qualidade do ar. O NO₂ apresentou associação positiva dose-resposta com risco de DP, sendo mais evidente em áreas de maior privação socioeconômica e ligeiramente mais forte entre mulheres não brancas. Já o PM_{2,5} não apresentou relação geral com DP, mostrando efeito positivo apenas entre residentes

do Centro-Oeste. Esses resultados destacam a importância de fatores ambientais modificáveis e suas interações com características demográficas e socioeconômicas (Nicole, 2024).

O estudo destacou particularmente países do *cluster* HT-HW (*High Temperature – High Warming*), que em 2020 reuniram cerca de 912 milhões de habitantes, aproximadamente 12% da população mundial. Esses países apresentaram uma correlação de 25–26% entre aquecimento climático e aumento nos índices de DP, indicando um efeito relevante do clima sobre a doença. A população global foi utilizada para estimar tendências de prevalência, mortalidade e DALYs, enquanto os habitantes do *cluster* HT-HW constituíram a subpopulação de interesse devido à forte associação observada. Outros *clusters* climáticos (LT-LW, HT-LW, LT-HW) mostraram correlação mínima (<1%) e não apresentaram efeito relevante sobre a DP. O estudo evidencia que o aquecimento climático intenso pode amplificar o impacto da DP em populações específicas, especialmente em regiões mais quentes e vulneráveis (Buizza; Carratore; Bongioanni, 2022).

O estudo em Lisboa, conduzido entre 2012 e 2015, analisou 3508 admissões hospitalares de emergência para Doença de Parkinson (DP), com predominância de pacientes com 75 anos ou mais. Das admissões, 64,7% de DA e 51,4% de DP foram em mulheres, a maioria dos dias do período estudado apresentou níveis de PM10 e PM2,5 dentro dos limites legais, embora os padrões sazonais mostrassem concentrações mais altas no inverno. A análise revelou que o PM2,5 aumentou consistentemente o risco de admissões, enquanto o PM10 não apresentou efeito significativo. Para DP os efeitos foram evidentes e a idade modificou significativamente o efeito para DP, especialmente em indivíduos com 75 anos ou mais, sem diferenças estatísticas relevantes por sexo (Franco *et al.*, 2023).

As mudanças climáticas e a poluição do ar exercem impactos significativos e desproporcionais sobre a saúde de populações urbanas, especialmente em comunidades carentes. O estresse térmico gerado pelo aquecimento global e pelas ilhas de calor urbano, somado à exposição prolongada a poluentes atmosféricos, como PM2,5 e NO₂, constitui um fator de risco elevado para o desenvolvimento e a progressão de doenças neurodegenerativas, notadamente a Doença de Parkinson (DP). Grupos específicos, como idosos e mulheres, apresentam maior vulnerabilidade devido à fragilidade biológica, maior expectativa de vida e acúmulo de exposições ambientais ao longo do tempo. A combinação desses fatores com condições socioeconômicas desfavoráveis, densidade urbana elevada e limitado acesso a áreas verdes amplia ainda mais os efeitos adversos sobre a saúde neurológica, configurando um ciclo de risco contínuo e complexo (Tewari; Tewari; Niyogi, 2023; Xie *et al.*, 2025).

Estudos realizados nos Estados Unidos e na Dinamarca evidenciam que fatores

genéticos, avaliados pelo PD-PRS, e exposições ambientais, mensuradas pelo TRAP, atuam de forma independente na DP, demonstrando que a predisposição genética não modifica o efeito da poluição e vice-versa (Kwon *et al.*, 2025). Esses achados destacam a relevância de intervenções ambientais, especialmente em áreas urbanas densamente poluídas, como medida preventiva de grande impacto. Pesquisas com mulheres estadunidenses mostraram ainda que a associação entre poluição e DP é modulada por fatores socioeconômicos e demográficos, indicando que políticas públicas devem considerar desigualdades sociais e vulnerabilidades específicas para garantir a efetividade das estratégias preventivas (Nicole *et al.*, 2024).

Em escala global, verifica-se que regiões com altas temperaturas e forte aquecimento, como os países do *cluster* HT-HW, apresentam correlação de 25–26% entre aumento da temperatura e prevalência de DP, enquanto outras regiões climáticas apresentam correlação mínima (<1%), o que reforça a relevância do fator ambiental no surgimento e progressão da doença (Buizza; Carratore; Bongioanni, 2022). Estudos realizados em Lisboa corroboram esse panorama, evidenciando que o PM_{2,5} aumenta consistentemente o risco de hospitalizações por DP em idosos ≥ 75 anos, enquanto o PM₁₀ não apresentou efeito relevante (Franco *et al.*, 2023).

A sensibilidade ao calor em pessoas com DP constitui outro aspecto crítico, afetando sintomas motores e não motores, como tremores, rigidez, fadiga, distúrbios do sono e suor excessivo, o que prejudica as atividades da vida diária, o trabalho, a vida social e a eficácia da medicação (Hunt *et al.*, 2024). Essa vulnerabilidade evidencia a necessidade de estratégias preventivas e políticas públicas direcionadas, incluindo monitoramento ambiental, redução da poluição, planejamento urbano inclusivo, ampliação de áreas verdes e diagnóstico precoce da doença.

A integração de medidas ambientais, sociais e médicas mostra-se essencial para reduzir os impactos das mudanças climáticas e da poluição sobre a DP. Estratégias multidisciplinares que combinem redução da exposição a poluentes, adaptação urbana, promoção da saúde e proteção de grupos vulneráveis podem minimizar riscos, fortalecer a resiliência populacional e garantir melhor qualidade de vida, prevenindo complicações e progressão da doença. Essa articulação de ações representa um elemento-chave no enfrentamento dos desafios contemporâneos da saúde urbana e neurológica (Bongioanni *et al.*, 2021; Krzyzanowski *et al.*, 2024).

A poluição do ar atua de maneira independente dos fatores genéticos, evidenciando a importância de políticas ambientais para mitigação da DP. Modelos de risco poligênico, como o PD-PRS, indicam que a predisposição genética aumenta a probabilidade de desenvolvimento da doença, mas que a exposição ambiental, especialmente à poluição urbana e ao tráfego

veicular, potencializa significativamente os efeitos degenerativos, afetando tanto a incidência quanto a progressão clínica da DP (Kwon *et al.*, 2025). Coortes realizadas nos Estados Unidos e na Dinamarca reforçam essa independência, mostrando que altos níveis de TRAP não se correlacionam diretamente com o PD-PRS, indicando que o risco ambiental e o genético atuam de forma paralela, mas complementar, na etiologia da doença (Kwon *et al.*, 2025).

A sensibilidade ao calor surge como um fator ambiental crítico que influencia diretamente a funcionalidade de indivíduos com DP. Pacientes expostos a climas quentes, especialmente em regiões urbanas densamente ocupadas, apresentam piora de sintomas motores e não motores, incluindo fadiga, distúrbios do sono, alterações autonômicas e redução da eficácia da medicação dopaminérgica (Hunt *et al.*, 2024). Estudos mostram que aproximadamente 78,9% dos pacientes relataram aumento da sensibilidade térmica, o que compromete atividades da vida diária, participação social e desempenho ocupacional. Este fenômeno torna-se ainda mais relevante considerando a tendência global de aquecimento, que projeta aumento de eventos extremos de calor, particularmente em áreas urbanas, reforçando a necessidade de estratégias preventivas e políticas públicas voltadas à adaptação climática (Bongioanni *et al.*, 2021; Hunt *et al.*, 2024).

A poluição atmosférica, incluindo PM_{2,5} e NO₂, é outro fator ambiental que contribui para o agravamento da DP. Essas partículas finas apresentam alta capacidade de penetração no sistema respiratório e translocação para o sistema nervoso central, onde desencadeiam inflamação microglial, disfunção mitocondrial e estresse oxidativo. Evidências indicam que a exposição a PM_{2,5} aumenta o risco de desenvolvimento da doença em cerca de 10% a longo prazo, com efeitos mais pronunciados em populações vulneráveis e em mulheres, refletindo a maior expectativa de vida feminina e o acúmulo de exposições ambientais ao longo do tempo (Xie *et al.*, 2025; Nicole, 2024). Esses dados reforçam a importância de políticas de redução da poluição urbana como estratégia de prevenção de doenças neurodegenerativas.

A interação entre mudanças climáticas, poluição urbana e urbanização desordenada cria um cenário de vulnerabilidade intensificada, particularmente em comunidades carentes e populações densamente povoadas. O conceito de ilhas de calor urbano, associado à maior concentração de poluentes e à menor circulação de ar, potencializa a exposição crônica a fatores nocivos, aumentando o risco de exacerbação de sintomas motores e não motores da DP (Tewari; Tewari; Niyogi, 2023). Essa associação evidencia que o ambiente urbano contemporâneo influencia diretamente o surgimento e a progressão clínica da doença.

Estudos globais demonstram que regiões com alta temperatura e rápido aquecimento (HT-HW) apresentam correlação significativa entre aumento da temperatura e índices de DP,

com impactos mais pronunciados em populações idosas e vulneráveis. Em 2020, cerca de 912 milhões de pessoas viviam em áreas HT-HW, correspondendo a 12% da população mundial, e registraram correlação de 25–26% entre aquecimento climático e prevalência de DP, enquanto outros *clusters* climáticos apresentaram correlação mínima (<1%) (Buizza; Carratore; Bongioanni, 2022). Esses dados indicam que o clima exerce papel modulador na progressão da doença e reforçam a necessidade de abordagem multidimensional para sua prevenção e manejo.

Além dos fatores ambientais, o estresse oxidativo e a inflamação cerebral crônica constituem mecanismos fisiopatológicos centrais que conectam predisposição genética, poluição atmosférica e estresse térmico à neurodegeneração. Estudos experimentais demonstram que a exposição prolongada a PM_{2,5} aumenta a agregação de alfa-sinucleína no mesencéfalo e promove perda de neurônios dopaminérgicos na substância negra, fenômenos fundamentais para a patologia da DP (Liu *et al.*, 2016; Krzyzanowski *et al.*, 2024). Esses mecanismos sugerem que intervenções voltadas à redução da exposição a poluentes e à modulação do estresse oxidativo podem retardar a progressão da doença e melhorar a qualidade de vida dos pacientes.

A análise dos dados epidemiológicos, incluindo estudos em Lisboa e em coortes femininas nos Estados Unidos, reforça a complexidade multifatorial da DP e a interação entre fatores ambientais, genéticos e sociodemográficos. Em Lisboa, o PM_{2,5} esteve associado ao aumento consistente das admissões hospitalares por DP em idosos ≥ 75 anos, enquanto o PM₁₀ não apresentou efeito significativo, evidenciando a importância do tamanho das partículas e da vulnerabilidade etária na progressão clínica (Franco *et al.*, 2023). Nos EUA, o NO₂ apresentou associação positiva dose-resposta com risco de DP, sendo mais evidente em áreas de maior privação socioeconômica e ligeiramente mais forte entre mulheres não brancas, destacando o papel de fatores ambientais modificáveis em contextos socioeconômicos desfavoráveis (Nicole, 2024).

Esses achados evidenciam que a DP é uma doença multifatorial, na qual fatores genéticos e ambientais atuam de forma independente, porém complementar, na determinação do risco e na progressão clínica. O conhecimento sobre sensibilidade ao calor, exposição a poluentes e vulnerabilidade populacional fornece subsídios importantes para estratégias preventivas, planejamento urbano, políticas públicas de saúde e intervenção clínica direcionadas a indivíduos em risco ou já diagnosticados com DP (Hunt *et al.*, 2024; Tewari; Tewari; Niyogi, 2023).

Os resultados indicam que fatores ambientais e genéticos influenciam o risco de Doença de Parkinson (DP). Estresse térmico e poluição urbana, especialmente PM_{2,5}, aumentam o risco

em idosos e populações vulneráveis. Estudos nos EUA e Dinamarca mostraram independência entre predisposição genética (PD-PRS) e exposição ao tráfego (TRAP). Nos EUA, NO₂ se associou à DP em áreas de maior privação socioeconômica, enquanto PM_{2,5} afetou principalmente o Centro-Oeste. Entre 1990 e 2016, os casos globais de DP cresceram de 2,5 para mais de 6 milhões, com correlação entre aquecimento climático e DP em países quentes. Em Lisboa, PM_{2,5} aumentou admissões hospitalares por DP em idosos ≥ 75 anos. A sensibilidade ao calor é comum na DP, afetando sintomas motores e não motores; 78,9% dos 247 participantes relataram piora de fadiga, tremores, rigidez, equilíbrio, sono e suor. Diagnóstico precoce, maior IMC, gravidade dos sintomas, sexo feminino e climas quentes aumentaram a sensibilidade, prejudicando atividades diárias, trabalho e vida social. Medicação foi menos eficaz em 63% dos casos, reforçando a necessidade de estratégias preventivas e políticas públicas para proteger indivíduos vulneráveis. (Hunt *et al.*, 2024).

CONCLUSÕES

A presente revisão integrativa evidencia que a Doença de Parkinson (DP) é uma condição neurológica multifatorial, na qual fatores ambientais exercem influência significativa sobre o desenvolvimento e a progressão clínica. A exposição a poluentes atmosféricos, como o material particulado fino (PM_{2,5}) e o dióxido de nitrogênio (NO₂), está fortemente associada à degeneração dopaminérgica e à intensificação dos sintomas motores e não motores. Além disso, o aumento das temperaturas globais e o estresse térmico urbano agravam manifestações clínicas, especialmente em idosos, mulheres e pessoas que vivem em regiões com infraestrutura precária.

Os estudos analisados reforçam que as mudanças climáticas atuam como um importante determinante social e ambiental da saúde neurológica. O calor excessivo, aliado à poluição e à falta de áreas verdes, contribui para o aumento da vulnerabilidade biológica e funcional de indivíduos com DP. Pacientes expostos a altas temperaturas relatam piora de tremores, fadiga, distúrbios do sono e disfunções autonômicas, o que evidencia a necessidade de adaptação climática no cuidado clínico.

Observou-se também que fatores genéticos e ambientais interagem de forma independente, mas complementar. Mesmo em indivíduos com predisposição genética elevada (alto *score* PD-PRS), a redução da exposição à poluição e ao calor extremo pode atenuar o risco e retardar a progressão da doença. Assim, políticas de mitigação ambiental representam estratégias preventivas eficazes e universais.

Portanto, a DP deve ser abordada de forma interdisciplinar, integrando ações nas áreas

de saúde pública, meio ambiente e planejamento urbano. Estratégias como o controle das emissões de poluentes, o incentivo ao transporte sustentável e a ampliação de espaços verdes são fundamentais para reduzir o impacto ambiental sobre o cérebro humano e promover resiliência populacional diante das mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

BONGIOANNI, P. et al. Effects of Global Warming on Patients with Dementia, Motor Neuron or Parkinson's Diseases: A Comparison among Cortical and Subcortical Disorders. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 20, p. 13429, 18 out. 2022.

BUIZZA, R.; CARRATORE, R. D.; BONGIOANNI, P. Evidence of climate change impact on Parkinson disease. **The Journal of Climate Change and Health**, p. 100130, mar. 2022.

DORSEY, E. R.; BLOEM, B. R. Parkinson's Disease Is Predominantly an Environmental Disease. **Journal of Parkinson's Disease**, v. Preprint, n. Preprint, p. 1-15, 1 jan. 2024.

FRANCO, P. et al. Short-term exposure to particulate matter and effects on emergency hospital admissions for Alzheimer's disease and Parkinson's disease: an ecological study from an aged European metropolis. **Air Quality, Atmosphere & Health**, v. 16, n. 8, p. 1619-1631, 28 abr. 2023.

HUNT, A. P. et al. Evidence of heat sensitivity in people with Parkinson's disease. **International Journal of Biometeorology**, 11 abr. 2024.

KRZYŻANOWSKI, B. et al. Air Pollution and Parkinson Disease in a Population-Based Study. **JAMA Network Open**, v. 7, n. 9, p. e2433602-e2433602, 3 set. 2024.

KWON, D. et al. Interaction Between Traffic-Related Air Pollution and Parkinson Disease Polygenic Risk Score. **JAMA Network Open**, v. 8, n. 3, p. e250854, 17 mar. 2025.

LIU, R. et al. Ambient Air Pollution Exposures and Risk of Parkinson Disease. **Environmental Health Perspectives**, v. 124, n. 11, p. 1759-1765, nov. 2016.

NICOLE, W. Trafficking in Disease: More Evidence for Air Pollution-Parkinson's Association. **Environmental Health Perspectives**, v. 132, n. 3, mar. 2024.

TEWARI, K.; TEWARI, M.; NIYOGI, D. Need for considering urban climate change factors on stroke, neurodegenerative diseases, and mood disorders studies. **Computational Urban Science**, v. 3, n. 1, 30 jan. 2023.

XIE, C. et al. Ambient Air Pollution and Parkinson's Disease and Alzheimer's Disease: An Updated Meta-Analysis. **Toxics**, v. 13, n. 2, p. 139-139, 15 fev. 2025.

ZAMMIT, C. et al. Neurological disorders vis-à-vis climate change. **Early Human Development**, p. 105217, out. 2020.

Submetido em: 13/07/2026
Aceito em: 31/07/2026
Publicado em: 31/08/2026
Avaliado pelo sistema *double blind* review