



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

LÍVIA FEITOSA DE OLIVEIRA

Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica relacionada a eventos climáticos de ondas de calor na Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno.

Brasília, julho de 2025

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica relacionada a eventos climáticos de ondas de calor na Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno.

LÍVIA FEITOSA DE OLIVEIRA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília como requisito para a obtenção do título de bacharel em Geografia.

Orientadora: Dra. Helen da Costa Gurgel

Co-Orientação: Amarílis Bezerra

Brasília, julho de 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

OLIVEIRA, LÍVIA FEITOSA

Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica relacionada a eventos climáticos de ondas de calor na Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno. - UnB . // 55 páginas.

Trabalho de conclusão de curso – Departamento de Geografia, Instituto de Ciências Humanas - Universidade de Brasília – UnB, 2025.

1. Ondas de Calor – 2. Morbimortalidade – 3. Doenças respiratórias – 4. Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica - 5. Geografia da saúde.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

LÍVIA FEITOSA DE OLIVEIRA

Julho de 2025

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica relacionada a eventos climáticos de ondas de calor na Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno.

LÍVIA FEITOSA DE OLIVEIRA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília como requisito para a obtenção do título de bacharel em Geografia

Aprovado por:

Helen da Costa Gurgel, Doutora (GEA-UNB)
(Orientadora)

(Bruno Lofrano Porto)

(Rafael de Castro Catão)

Brasília-DF, XX de julho de 2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Laboratório de Geografia Ambiente e Saúde por todas as portas que me abriu, por todas as oportunidades que me deu, e principalmente por todas as amizades que vou levar para a vida! Em especial ao Hendessone e o Bruno, por todas as ajudas e conselhos, vocês foram além de colegas de pesquisa, mas principalmente amigos.

À Amarilis e a Eucilene por todos os ensinamentos e por todo o auxílio, sem vocês essa pesquisa não seria possível. E a todos os demais integrantes desse laboratório, por toda a sua disponibilidade, e companhia, sou muito grata pela oportunidade de trabalhar com pessoas tão comprometidas.

Agradeço principalmente a minha orientadora, professora Helen Gurgel, por todos os ensinamentos e apoio, e que me ajudaram a construir não só esse trabalho, mas também a formar a pesquisadora que sou hoje.

À minha mãe, que sempre foi motivo de inspiração, força, e motivação, você sempre vai ser minha casa! Agradeço também a minha família, que sempre me deram todo o apoio. E ao Arthur, meu companheiro de vida, obrigada por tanto!

Agradeço imensamente aos meus amigos, tanto os que conheci ao longo da fase acadêmica, mas também aos que vieram antes, e seguem comigo me dando força para continuar, e comemorando as minhas conquistas, muitas vezes, mais do que eu.

E por fim, a todo mundo que passou pela minha vida e deixou um pouquinho de si, todos os momentos e ensinamentos foram fundamentais.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Hipóteses.....	13
1.2 Objetivos.....	13
2. ESTADO DA ARTE.....	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1 Área de Estudo.....	18
3.2 Dados e análise de Mortalidade por Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica.....	20
3.3 Dados e análises de Ondas de calor	22
3.4 Análise exploratória da relação ondas de calor e DPOC	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Incidência de Mortalidade por Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica.....	24
4.2 Comportamento das Ondas de Calor.....	35
4.3 Caracterização Temporal das Ondas de Calor e da Mortalidade por Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica	41
5. CONCLUSÃO	45
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Localização da Área de Estudo.....	19
Figura 2 - Gráfico de Óbitos por Gênero	25
Figura 3 - Gráfico de Óbitos por Idade e Gênero	26
Figura 4 - Gráfico de Óbitos por Escolaridade.....	27
Figura 5 - Gráfico da Taxa de Mortalidade por DPOC - 2014-2023.....	29
Figura 6 - Gráfico da Frequência Absoluta Mensal de Óbitos por DPOC	31
Figura 7 - Gráfico dos Óbitos Mensais	31
Figura 8 - Mapa de Série Temporal das Taxas por Município da RIDE DF.....	32
Figura 9 - Gráfico de Mapa de Calor dos Dias de Ondas de Calor da RIDE DF	36
Figura 10 - Gráfico da Frequência das Ondas de Calor por Mês	37
Figura 11 - Intensidade das OC ao Longo da Série Temporal	38
Figura 12 - Gráfico de Temperatura Mínimas, Médias e Máximas	39
Figura 13 - Gráfico da Média Mínima das Umidades nos dias de OC.....	40
Figura 14 - Mosaico Comparativo Anual das Temperaturas Médias e dos Dias de Óbitos.....	42
Figura 15 - Mosaico Quadrimestral Comparativo dos Dias da Temperatura Média e dos Óbitos Diários	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estrutura da Pesquisa.....	14
Tabela 2 - Número de OC por Intensidade.....	37
Tabela 3 - Caracterização das Ondas de Calor	40
Tabela 4 - Teste de Mann - Whitney	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CID-10 revisão)	Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde (10ª
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
EHF	Excess Heat Factor
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
MS	Ministério da Saúde
OC	Ondas de Calor
OMS	Organização Mundial da Saúde
RIDE DF	Região Integrada de Desenvolvimento
SIM	Sistema de Informação sobre Mortalidade
SUS	Sistema Único de Saúde

RESUMO

Segundo a literatura científica, as doenças respiratórias estão entre as mais afetadas por temperaturas extremas. A Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) configura-se como uma das enfermidades respiratórias mais graves e letais em âmbito global. Paralelamente, observa-se um aumento progressivo na frequência, duração e intensidade das ondas de calor em diversas regiões do planeta, no Brasil, o Distrito Federal tem sido um dos mais impactados por esse tipo de evento extremo. Diante desse contexto, este estudo teve como objetivo analisar a incidência das ondas de calor e a mortalidade por DPOC na Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE-DF), no período de 2014 a 2023, buscando investigar possíveis relações entre esses dois fenômenos. Para isso, foi realizada uma análise quantitativa descritiva, considerando os dados diários de temperatura, intensidade das ondas de calor e registros de óbitos por DPOC. O estudo baseia-se na identificação de dias de ondas de calor definidos e identificados com base no índice de excesso de calor – EHF (Excess Heat Factor). Os dados de mortalidade por causas de DPOC foram coletados no SIM (Sistema de Informações sobre mortalidade). Para fazer a análise da relação entre as variáveis de OC e DPOC foram produzidos gráficos anuais baseados na temperatura média com o limiar do EHF e o número de óbitos, além também do teste estatístico de Mann-Whitney. Também foi utilizado o teste de Moran Global e Moran Local para observar se existiram autocorrelações espaciais. Os resultados indicaram que os óbitos por DPOC ocorreram predominantemente em indivíduos do sexo masculino, com idade superior a 80 anos e baixa escolaridade. As ondas de calor concentraram-se principalmente nos meses de setembro e outubro, característicos da estação seca e do início da primavera. Os achados apontam que não houve aumentos significativos da mortalidade durante e após os dias de ondas de calor na RIDE DF, além disso, a análise estatística não evidenciou uma relação estatística significativa entre os dias de ondas de calor e os óbitos por DPOC, com defasagens de 0, 3, 5 e 7 dias. Os achados apontam para a necessidade de aprofundar estudos sobre os efeitos das mudanças climáticas na saúde respiratória, para melhor evidenciar quais são os tipos de doenças respiratórias que são mais afetadas pelo calor, em especial na região central do Brasil.

Palavras-chave: Ondas de Calor, Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica, RIDE DF, Mudanças Climáticas, Excess Heat Factor

ABSTRACT

According to the scientific literature, respiratory diseases are among the most affected by extreme temperatures. Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) stands out as one of the most severe and lethal respiratory illnesses globally. At the same time, there has been a progressive increase in the frequency, duration, and intensity of heatwaves in various regions around the world. In Brazil, the Federal District has been one of the areas most impacted by this type of extreme event. In this context, the present study aimed to analyze the incidence of heatwaves and COPD mortality in the Integrated Development Region of the Federal District and Surroundings (RIDE-DF), from 2014 to 2023, seeking to investigate possible relationships between these two phenomena. For this purpose, a descriptive quantitative analysis was conducted, considering daily data on temperature, heatwave intensity, and records of deaths from COPD. The study is based on the identification of heatwave days, defined and identified using the Excess Heat Factor (EHF) index. Mortality data due to COPD were obtained from the SIM (Mortality Information System). To analyze the relationship between heatwaves and COPD, annual graphs were produced based on average temperature, the EHF threshold, and the number of deaths. Additionally, the Mann-Whitney statistical test was applied. Global and Local Moran's I tests were also used to observe potential spatial autocorrelations. The results indicated that deaths from COPD predominantly occurred among males, individuals over 80 years of age, and those with low levels of education. Heatwaves were mainly concentrated in the months of September and October, characteristic of the dry season and the beginning of spring. The findings indicate that there were no significant increases in mortality during or after heatwave days in the RIDE-DF. Furthermore, statistical analysis did not reveal a significant relationship between heatwave days and COPD deaths, with lag times of 0, 3, 5, and 7 days. These findings highlight the need to further investigate the effects of climate change on respiratory health, in order to better understand which types of respiratory diseases are most affected by heat, especially in the central region of Brazil.

Key words: Heat Waves, Chronic Obstructive Pulmonary Disease, RIDE DF, Climate Change, Excess Heat Factor

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm provocado alterações significativas nos padrões meteorológicos globais, com destaque para o aumento da frequência, duração e intensidade das ondas de calor. Esses eventos extremos impactam diversos setores, especialmente a saúde pública, afetando, de forma mais acentuada, populações vulneráveis como idosos, crianças, pessoas em situação de pobreza e pacientes com doenças crônicas (IPCC, 2021; McGregor et al., 2015).

As ondas de calor não possuem uma definição única e universalmente aceita, sendo consideradas um conceito plural e fortemente dependente do método utilizado e do contexto climático local. Diversos estudos adotam critérios distintos para sua caracterização, variando conforme o número de dias, o limiar de temperatura e a comparação com normas históricas (PERKINS; ALEXANDER, 2013; STEFANON; D'ANDREA; DROBINSKI, 2012). Um dos índices amplamente utilizados em pesquisas recentes é o *Excess Heat Factor* (EHF), que combina a anomalia térmica de curto prazo com o histórico de calor da localidade para identificar eventos de calor extremo com potencial de impacto à saúde. Já o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) define ondas de calor como eventos em que as temperaturas máximas permanecem 5°C acima da média climatológica por um período mínimo de três a cinco dias consecutivos, considerando os registros históricos da região (INMET, 2023).

Segundo o Ministério da Saúde (2024), pessoas com doenças cardíacas e respiratórias são particularmente suscetíveis aos efeitos das ondas de calor, uma vez que o esforço adicional do organismo para manter a homeostase térmica pode sobrecarregar o sistema cardiovascular e respiratório. Nesse contexto, destaca-se a Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), enfermidade progressiva caracterizada pela obstrução do fluxo aéreo e por resposta inflamatória exacerbada à exposição a partículas tóxicas ou gases, sendo uma das principais causas de morbimortalidade respiratória no mundo (FIOCRUZ, 2022).

A literatura científica tem apontado que há uma associação entre o aumento da temperatura ambiente e a elevação nas internações e óbitos por doenças respiratórias, incluindo a DPOC, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas, afetadas também pelo fenômeno das ilhas de calor (Goue et al., 2012; Souza, 2020). Estudos indicam que a exposição prolongada ao calor extremo pode agravar processos inflamatórios pulmonares, aumentar a concentração de poluentes atmosféricos e comprometer a função respiratória, intensificando

sintomas e aumentando a letalidade em pacientes com doenças pré-existentes (Ribas et al., 2017; McCormack et al., 2017).

A DPOC foi, em 2019, a quarta principal causa de morte no Brasil, de acordo com dados do Global Burden of Disease (GBD, 2019). Além disso, a prevalência da DPOC nas Américas é a mais elevada entre todas as regiões da Organização Mundial da Saúde (OMS). No entanto, a literatura ainda apresenta divergências quanto ao tipo de temperatura mais crítica para a mortalidade por DPOC. Estudos realizados na China, em Portugal e nos Estados Unidos revelam efeitos distintos entre o frio e o calor, no qual em algumas regiões o frio é mais letal e em outros é o calor, a intensidade e a duração também influenciam (Chen et al., 2018; Silveira et al., 2019; Braga et al., 2002).

Apesar do crescente número de estudos internacionais sobre os impactos das ondas de calor na saúde respiratória, observa-se uma lacuna de investigações que tratem dessa relação no Brasil e na América Latina, especialmente em escalas regionais e locais. No Brasil, as regiões são impactadas de diferentes formas e têm enfrentado episódios cada vez mais frequentes de calor extremo, conforme evidenciado por estudos recentes (Nobre et al., 2019; Geirinhas et al., 2017), o que torna necessário a realização de estudos que permitam entender as repercussões desses eventos na mortalidade da população. Diante disso, o presente trabalho busca contribuir com a produção científica nacional por meio da investigação dos impactos das ondas de calor na mortalidade por DPOC na região metropolitana do Distrito Federal e Entorno - RIDE/DF, de forma a entender como esse fenômeno ocorre em climas tropicais e em escala regional.

1.1 Hipóteses

1. As ondas de calor aumentaram a mortalidade por Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) na região integrada de desenvolvimento do Distrito Federal.
2. Populações vulneráveis como idosos apresentam maior vulnerabilidade a mortalidade por Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), especialmente em contextos de eventos climáticos extremos.

1.2 Objetivos

Investigar o perfil epidemiológico da mortalidade por DPOC e sua possível associação com a ocorrência de ondas de calor na Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE/DF), no período de 2014 a 2023.

Como objetivos específicos têm-se:

1. Analisar a distribuição temporal e espacial da mortalidade por DPOC na RIDE/DF, identificando padrões sazonais e territoriais que evidenciem desigualdades na ocorrência dos óbitos;
2. Caracterizar os óbitos por DPOC segundo variáveis sociodemográficas da DPOC, como a faixa-etária, gênero, escolaridade, com o intuito de identificar os grupos mais vulneráveis;
3. Descrever o comportamento temporal das ondas de calor e da mortalidade por DPOC na RIDE/DF, identificando padrões de ocorrência, sazonalidade e variações ao longo dos anos;
4. Investigar estatisticamente a associação entre a ocorrência de ondas de calor e a variação no número de óbitos por DPOC, a fim de identificar possíveis correlações entre eventos extremos de calor e aumento da mortalidade.

A partir desse exposto, se apresenta a tabela contendo um resumo de como a pesquisa foi estruturada.

Tabela 1 - Estrutura da Pesquisa

Perguntas de Pesquisa	Objetivos Específicos	Atividades	Proposta Metodológica	Resultado Esperado
Como a mortalidade por DPOC variou ao longo da série temporal de 2014 a 2023 na RIDE/DF, considerando as variáveis de gênero, idade, escolaridade e nos municípios da RIDE/DF?	1. Analisar a distribuição temporal e espacial da mortalidade por DPOC na RIDE/DF, identificando padrões sazonais e territoriais que evidenciem desigualdades na ocorrência dos óbitos; 2. Caracterizar os óbitos por DPOC segundo variáveis sociodemográficas da DPOC, como a faixa-etária, gênero, escolaridade, com o intuito de identificar os grupos mais vulneráveis;	Coleta de dados do banco SIM; Filtragem por CID-10 da DPOC; Elaboração de gráficos de elementos sociodemográficos (sexo, idade, escolaridade);	Análise espacial e temporal dos dados de mortalidade para a RIDE/DF; Análise das variáveis sociodemográficas.	Identificação de padrões temporais e diferenciais populacionais na mortalidade por DPOC ao longo da série temporal de 2014 a 2023 na RIDE/DF;
Existiu aumento na taxa de mortalidade por DPOC nos períodos de ondas de calor na RIDE DF?	1. Descrever o comportamento temporal das ondas de calor e da mortalidade por DPOC na RIDE/DF, identificando padrões de ocorrência, sazonalidade e variações ao longo dos anos;	Coleta de dados do banco SIM sobre mortalidade por DPOC Download dos dados de mortalidade para RIDE DF e filtragem para os CID-10 de DPOC;	Cruzamento entre séries de mortalidade e dados climatológicos; Aplicação de testes estatísticos para avaliar associação entre as variáveis.	Verificar se há associação estatisticamente significativa entre ondas de calor e óbitos por DPOC em diferentes lags na RIDE/DF

	2. Investigar estatisticamente a associação entre a ocorrência de ondas de calor e a variação no número de óbitos por DPOC, a fim de identificar possíveis correlações entre eventos extremos de temperatura e aumento da mortalidade.	Download dos dados de OC do banco do projeto 'Geocalor'		
--	--	---	--	--

Fonte: Elaboração Própria

O presente trabalho foi dividido em 6 partes. Após a introdução, a hipótese e os objetivos, o segundo capítulo será composto pelo estado da arte, trazendo uma contextualização do papel da geografia da saúde e uma revisão da literatura. Depois disso, será apresentada a metodologia, descrevendo quais passos foram feitos para desenvolver a pesquisa. Em seguida, um capítulo de resultados e discussões, contendo a apuração de todos os dados encontrados. Por fim, o presente estudo será finalizado com as conclusões, as limitações e perspectivas futuras, e as referências bibliográficas.

2. ESTADO DA ARTE

A Geografia da Saúde constitui um campo interdisciplinar que se desenvolveu a partir da Geografia Médica, ampliando seus horizontes teóricos e metodológicos ao incorporar os determinantes sociais da saúde e os processos históricos e ambientais que moldam o adoecer e o viver nos diferentes territórios. Inicialmente voltada para o mapeamento de doenças e sua distribuição espacial, a Geografia Médica do século XIX evoluiu, especialmente a partir da segunda metade do século XX, com a emergência das ciências sociais na saúde, para uma abordagem crítica e integrada que passou a considerar os contextos socioeconômicos, políticos e ambientais nos quais os agravos se manifestam (Barata, 1997; Monken; Barbosa, 2015).

A Geografia da Saúde não se limita à análise das condições patológicas, mas busca compreender os processos de produção da saúde em suas múltiplas determinações. O espaço geográfico passa a ser entendido como produto das relações sociais, econômicas e políticas, e, portanto, como elemento estruturante das desigualdades em saúde. A análise territorial torna-se essencial para identificar as vulnerabilidades, capacidades de resposta, acesso aos serviços e

condições ambientais que influenciam a saúde das populações (Monken; Barbosa, 2015; Pena, 2012).

A Organização Pan-Americana da Saúde (2003) afirma que o clima afeta a saúde humana de diversas maneiras. Eventos extremos como furacões, tempestades e inundações matam milhares de pessoas anualmente e comprometem o abastecimento de água e alimentos. As secas provocam fome e desnutrição, enquanto chuvas intensas podem desencadear epidemias de doenças como dengue e malária. Além disso, a atmosfera, elemento essencial da biosfera, possui tanto importância biológica quanto econômica: é o recurso natural que mais rapidamente se contamina e, ao mesmo tempo, aquele que, sob condições favoráveis, mais rapidamente se regenera (OPAS, 2003).

As mudanças climáticas, reconhecidas hoje como uma das maiores ameaças à saúde global, representam uma intensificação de riscos já existentes e a emergência de novos cenários epidemiológicos. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021) aponta que o aumento da temperatura média global, associado à maior frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, tem impacto direto sobre a saúde humana, especialmente em populações já vulnerabilizadas por fatores sociais e econômicos.

Nesse contexto, os conceitos de vulnerabilidade, território e determinação socioambiental da saúde são fundamentais. A vulnerabilidade, entendida como a condição de exposição e suscetibilidade a riscos ambientais e sociais, é profundamente marcada pelas desigualdades estruturais (Costa, 2019). O território, por sua vez, é concebido não apenas como espaço físico, mas como produto das relações de poder, da apropriação desigual dos recursos e da materialização das políticas públicas (Monken; Barbosa, 2015). A determinação socioambiental da saúde amplia a compreensão do processo saúde-doença ao integrar os fatores sociais, econômicos e ambientais, evidenciando que a saúde é determinada pelas condições de vida e trabalho, acesso à infraestrutura, qualidade ambiental e políticas públicas (Breilh, 2003).

As emergências em saúde pública associadas às mudanças climáticas se tornam cada vez mais frequentes e complexas. O aumento das temperaturas, a piora da qualidade do ar, a escassez hídrica e a degradação ambiental impactam diretamente a saúde respiratória e cardiovascular, provocando maior incidência de doenças, hospitalizações e mortalidade (Geirinhas et al., 2017). Entre esses eventos extremos, as ondas de calor se destacam por seus efeitos agudos e de curto prazo, agravando especialmente doenças respiratórias crônicas como

a Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) (Anderson; Bell, 2009; McCormack et al., 2017).

Entre as doenças respiratórias sensíveis às variações climáticas, destaca-se a DPOC. Segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2018), em 2016 a DPOC ocupava a terceira posição entre as principais causas de morte no mundo, superada apenas pela doença cardíaca isquêmica e pelo acidente vascular cerebral, e precedida pelas infecções respiratórias inferiores. A enfermidade é caracterizada por episódios crescentes de dispneia (falta de ar), configurando-se como uma condição crônica e progressiva. Embora ainda não exista cura definitiva para a DPOC, o diagnóstico precoce aliado a um tratamento adequado permite um controle eficaz da doença (COPD Foundation, s/d).

De acordo com Durmaz et al. (2015), a DPOC é uma condição crônica amplamente prevalente, afetando as vias aéreas inferiores e provocando um impacto significativo tanto na saúde individual quanto nos sistemas de saúde, devido à sua elevada taxa de morbidade e mortalidade. Projeta-se que até o ano de 2030 a DPOC se consolide como a terceira principal causa de óbito global (WHO, 2008). Entre os fatores de risco mais associados à doença estão as predisposições genéticas, histórico de asma, o hábito de fumar, a poluição do ar, exposição ocupacional, além de características demográficas como idade avançada e o sexo (SeoeLee, 2019). O tabagismo, em especial, é reiteradamente apontado como o principal fator de risco para o desenvolvimento da DPOC, responsável por cerca de 85% dos casos (Campos; Lemos, 2009; Pessôa; Pessôa, 2009). Além disso, por se tratar de uma enfermidade respiratória, a DPOC pode ter seus sintomas agravados por condições ambientais adversas, como temperaturas extremas, baixa umidade relativa do ar e ambientes mal ventilados (Monteiro et al., 2012). O termo DPOC é utilizado para englobar um conjunto de doenças pulmonares de caráter obstrutivo e progressivo, incluindo enfisema pulmonar, bronquite crônica e asma irreversível.

Nesse sentido, os estudos sobre clima e saúde têm ganhado destaque, especialmente diante da intensificação dos eventos climáticos extremos, como ondas de calor, secas, enchentes e inundações. Tais eventos têm impactos diretos e indiretos sobre a saúde das populações, afetando particularmente os grupos mais vulneráveis, como idosos, crianças, pessoas com doenças crônicas e comunidades expostas a condições precárias de habitação e saneamento (Perkins; Alexander, 2013; Stefanon; D'Andrea; Drobinski, 2012).

No Brasil, estudos como o de Ribas et al. (2023) mostraram que eventos extremos de temperatura do ar estão associados ao crescimento da mortalidade por DPOC em diferentes microrregiões, especialmente no Sul e Sudeste do país, onde as variações térmicas são mais pronunciadas. Essas regiões apresentaram aumento de óbitos tanto em eventos extremos e moderados de calor quanto de frio. Já em contexto europeu, Mendes et al. (2013), ao analisarem a Área Metropolitana do Porto, constataram que tanto ondas de calor quanto de frio podem desencadear episódios de exacerbação da DPOC, com reflexos diretos na morbidade, na qual, a duração contribuiu mais nos eventos de calor, e a intensidade nos eventos de frio.

Diante disso, torna-se cada vez mais relevante considerar os impactos das ondas de calor como determinantes ambientais da saúde e aprofundar as análises regionais e territoriais da relação entre mudanças climáticas e doenças respiratórias crônicas. A integração entre os campos da Geografia da Saúde, Climatologia e Epidemiologia é fundamental para desenvolver políticas públicas preventivas e adaptativas frente aos desafios impostos pela emergência climática.

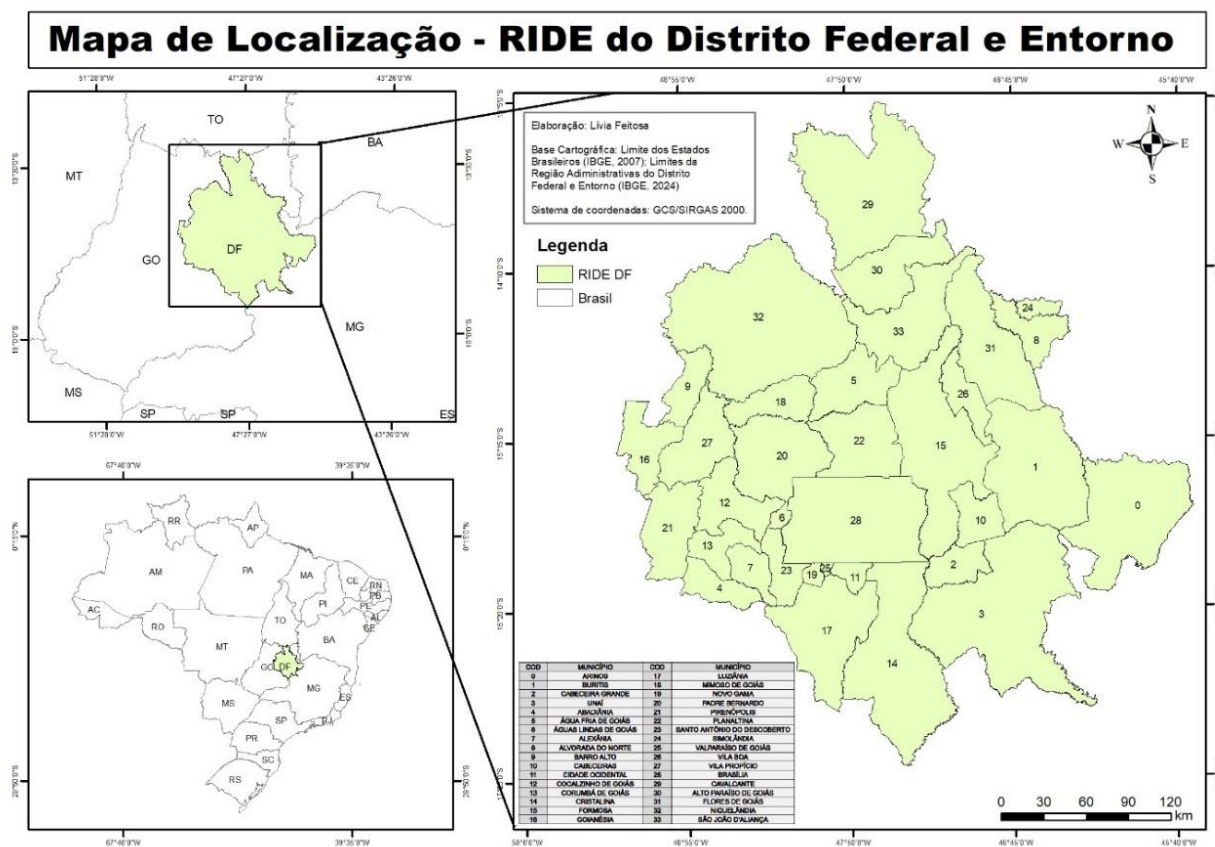
3. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi estruturada em três etapas, a primeira em relação as análises dos dados de mortalidade por DPOC, a segunda da análise dos dados de ondas de calor e a terceira da correlação entre essas variáveis, partindo de uma abordagem quantitativa, com o objetivo de responder as perguntas norteadoras descritas na tabela de estruturas da pesquisa. O estudo se baseou em uma análise exploratória e técnicas de geoprocessamento.

3.1 Área de Estudo

Este estudo foi realizado na Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE-DF – análoga a Região metropolitana que inclui municípios de mais de uma unidade da federação) (Figura 1). Foi utilizado o limite da RIDE mais recente de 2018, definido pelo IBGE, que incluí 22 municípios novos, totalizando 33 municípios e o Distrito Federal.

Figura 1 - Mapa de Localização da Área de Estudo



Fonte: Elaboração Própria

A Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE-DF) representa um espaço de planejamento supramunicipal criado para coordenar políticas públicas e ações de infraestrutura entre o Distrito Federal, municípios goianos e mineiros adjacentes. Foi instituída por meio da Lei Complementar nº 94/1998, com o objetivo de atender às demandas geradas pela expansão urbana e demográfica provocada pela transferência da capital federal para o interior do país, na década de 1960.

A configuração original da Ride-DF abrangia o Distrito Federal, 19 municípios de Goiás e 3 de Minas Gerais. Contudo, estudos posteriores demonstraram que nem todos os municípios da Ride mantinham relações efetivamente metropolitanas com Brasília. Para corrigir essa discrepância, o Decreto nº 9.204, de 23 de novembro de 2017, que foi implementado em 2018, redefiniu a composição da Ride-DF, passando a incluir 33 municípios com vínculos urbanos mais significativos com a capital, com base em critérios como deslocamentos pendulares, redes de serviços e conexões econômicas. Atualmente, a Ride-DF abrange cerca de 56 mil km² e mais de 4,5 milhões de habitantes, refletindo uma dinâmica regional marcada por intensas relações socioeconômicas e uso compartilhado de serviços públicos (IPEA, 2023).

Essa configuração complexa, com diferentes níveis de urbanização e infraestrutura, torna a região particularmente vulnerável a impactos ambientais urbanos, como as ilhas de calor e a exposição prolongada a eventos climáticos extremos. O aumento na frequência e intensidade das ondas de calor, destacado pelo IPCC (2021), representa um risco à saúde, especialmente para indivíduos com doenças respiratórias crônicas como a Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC). Essas condições elevam os sintomas da doença, aumentam a demanda por atendimento médico e estão associadas a maiores taxas de mortalidade (ANDERSON; BELL, 2009).

3.2 Dados e análise de Mortalidade por Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

Dados diários de mortalidade foram obtidos a partir do banco de dados do Sistema de Informação para Mortalidade do Ministério da Saúde (SIM/MS), utilizando programa R, e RStudio, sendo necessário baixar o pacote “microdatasus” para a obtenção dos dados. Foi baixado o banco para os anos de 2014 a 2023 para os Estados do Goiás, Minas Gerais e para o Distrito Federal. A escolha desse período se deu por ser recomendado segundo a literatura utilizar um período de 10 anos para analisar questões climáticas, e os dados de saúde só estavam disponíveis até o ano de 2023.

Após o download do banco, foram feitos alguns tratamentos nesses dados para delimitar as variáveis de interesse que englobam as datas de óbito, criando os campos de anos e de meses, os nomes e códigos dos municípios, para fazer a filtragem do banco apenas para a RIDE DF.

Os dados apresentam diversos parâmetros e informações, dos quais foram escolhidos sexo (masculino e feminino), idade - separada em dez grupos etários diferentes: FX1 (0-5 anos), FX2 (6-10 anos), FX3 (11-18 anos), FX4 (19-29 anos), FX5 (30-39 anos), FX6 (40-49 anos), FX7 (50 A 59 anos), FX8 (60-69 anos), FX9 (79-79 anos) FX10 (80 anos ou mais) -, escolaridade, dividida em 7 grupos: Valores: 0 – Sem escolaridade; 1 – Fundamental I (1a a 4a série); 2 – Fundamental II (5a a 8a série); 3 – Médio (antigo 2o Grau); 4 – Superior incompleto; 5 – Superior completo; 9 – Ignorado, código do município (com 6 dígitos segundo o banco do SUS), causas básicas de óbito, considerando óbitos por DPOC (J41; J42; J43; J44.0; J44.1; J44.8; J44.9), usando a décima versão da Classificação Internacional de Doenças (CID10) da Organização Mundial da Saúde (OMS).

Dentro do R foram utilizados pacotes como ‘ggplot’, ‘dplyr’, e ‘lubridate’ para a produção de gráficos de todas as variáveis analisadas. Também foi utilizado o Excel para a análise das tabelas e produção de gráficos.

Para a produção dos mapas, foi utilizado o software de geoprocessamento QGIS, versão 3.34.7, por meio do tratamento de dados georreferenciados do IBGE para a delimitação de todos os municípios que compõe a RIDE-DF, utilizado a função ‘join’ para unir as tabelas de mortalidade exportadas do R. Também foram utilizados dados do TABNET (DATASUS, 2023) para obter a população da RIDE-DF. Foi feito o cálculo da taxa de mortalidade por município utilizando os dados de mortalidade anual e a população anual, multiplicando por 1.000 habitantes, já que, alguns municípios da RIDE-DF possuem menos de 10.000 habitantes, o cálculo foi realizado pelo próprio QGIS pela função ‘calculadora’. Esse cálculo foi utilizado para que comparações entre os municípios pudessem ser feitas. Foi utilizado a função de dados categorizados para fazer a análise temporal por município.

Para o cálculo da taxa de mortalidade por município foi utilizada a função:

$$\left(\frac{\text{Número de casos}}{\text{População}} \right) * 1000$$

Para analisar se a proporção de óbitos por gênero foi estatisticamente significativa, foi utilizado o teste do Qui-Quadrado, um teste estatístico não paramétrico que comparou a frequência de óbitos por DPOC em homens e mulheres com a frequência observada e esperada baseada na população. Para obtenção dos dados populacionais foram utilizados os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), os dados da população por sexo foram extraídos da plataforma SIDRA/IBGE, a partir da tabela 6579, que apresenta a estimativa populacional anual, desagregada por sexo para fazer a análise. Com base nesses dados, foram calculadas as proporções relativas da população masculina e feminina no total da RIDE-DF. Essas proporções foram então multiplicadas pelo número total de óbitos por DPOC observados no período de estudo, gerando assim o número esperado de óbitos para cada sexo, caso a mortalidade por DPOC fosse proporcional à distribuição populacional.

Os testes foram feitos em Python. A equação utilizada foi:

$$\chi^2 = \sum [(\text{Observado} - \text{Esperado})^2 / \text{Esperado}].$$

Para analisar se existiu diferenças significativas na mortalidade por DPOC ao longo dos meses do ano, ou seja, se há sazonalidade, foi realizado o teste estatístico não paramétrico de Kruskal-Wallis. Esse teste comparou a distribuição da mediana dos meses ao longo da série histórica. Ele foi escolhido por ser adequada em análises de dados com distribuições assimétrica e com outliers. O teste foi feito pelo R.

Para investigar se existe dependência espacial da taxa de mortalidade por DPOC nos municípios da RIDE/DF, foi realizado uma análise de autocorrelação espacial global utilizando o índice de Moran I, utilizando as taxas de mortalidade por 1.000 habitantes, no período de 2014 a 2023. Utilizou-se uma matriz de pesos espaciais por 1.000 habitantes, do tipo queen contiguity, que considera como vizinhos os municípios com qualquer ponto de fronteira em comum. Resultados de Moran I > 0 e $p < 0,05$ indicam autocorrelação espacial positiva e significativa (valores semelhantes próximos: municípios com altas taxas próximos de outros com altas taxas, e o mesmo para baixas), Moran I < 0 e $p < 0,05$ indicam autocorrelação espacial negativa e significativa (municípios com valores altos cercados de baixos, e vice-versa, padrão de dispersão), e $p > 0,05$ indica falta de autocorrelação estatisticamente significativa.

Em seguida, foi feita uma análise local de autocorrelação espacial (Moran Local -LISA), com o objetivo de identificar agrupamentos significativos de altas e baixas taxas. Os municípios foram classificados nos padrões ‘Alto-Alto’ (municípios com altas taxas próximas de outros com altas taxas), ‘Baixo-Baixo’ (municípios com taxas baixas próximos de outros com baixas taxas), ‘Alto-Baixo’ (municípios com taxa alta cercado de municípios com taxa baixa), ‘Baixo-Alto’ (municípios com taxa baixa cercado de municípios com taxa alta), além dos casos ‘Não significativos’ (nenhum padrão espacial detectado com significância estatística).

Os resultados do Moran Global foram apresentados por meio de tabelas, e os dados do Moran Local por meio da produção de mapas temáticos organizados em um mosaico, permitindo a comparação dos padrões espaciais ao longo da série histórica. Os mapas foram elaborados no R, com o uso de pacotes sf, spdep e tmap.

3.3 Dados e análises de Ondas de calor

Os dados de ondas de calor foram obtidos de um banco de dados produzidos pelo projeto “Indicadores Socioespaciais e Sistema de Alerta para Ondas de Calor e Saúde nas Regiões Metropolitanas Brasileiras”, financiado pelo CNPq, que está em execução desde 2024. Essa pesquisa engloba o escopo do projeto e por isso será utilizado o mesmo banco. A definição de Ondas de Calor adotada foi o EHF (Excess Heat Factor - Fator de Excesso de Calor) desenvolvida por NAIRN e FAWCETT (2014) e utilizou-se como período de referência nos anos de 1981-2010, para se identificar as ondas de calor o período de 1981 a 2023. Nesse trabalho será utilizado os dados de 2014 a 2023, da estação meteorológica convencional 82332 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A partir desse banco de dados, foi produzido uma tabela Excel que contém as variáveis de data, dos dias com e sem ondas de calor, das temperaturas mínimas médias e máximas

diárias, além da umidade média diária, do valor do EHF e da intensidade das ondas de calor. Para fazer a classificação da intensidade das OC, é calculado o EHF₈₅ que consiste no percentil 85 de todos os valores positivos do EHF. Dessa forma, a classificação das OC segue três categorias: ondas de calor de baixa intensidade, quando $0 < \text{EHF} < \text{EHF}_{85}$; ondas de calor severas, quando $\text{EHF} \geq \text{EHF}_{85}$ e < 3 vezes o valor de EHF₈₅; e ondas de calor extremas, quando $\text{EHF} \geq 3 \times \text{EHF}_{85}$. A análise desse dado foi feita de forma diária, para analisar os dias que tiveram ondas de calor dentro da série temporal. Foram produzidos gráficos no Excel e no R, RStudio.

3.4 Análise exploratória da relação ondas de calor e DPOC

Para investigar a relação entre OC e mortalidade por DPOC, foram elaboradas representações gráficas anuais, e representações gráficas com um recorte temporal restrito aos meses com maior incidência de ondas de calor (agosto, setembro, outubro e novembro). Todos os dados foram diários.

Os dados de mortalidade utilizados foram previamente organizados por data de ocorrência de óbitos e incluídos a tabela de dados climáticos, essa filtragem e mesclagem foi feita no R. A nova tabela contém os campos de temperatura média diária, data, valores do EHF, que contém campo para a variável booleana de classificação dos dias como onda de calor ou não, e o total de óbitos por dia. Todos os gráficos dessa análise foram produzidos no R, RStudio.

Para os gráficos anuais foi realizada a sobreposição de três elementos principais: (i) a curva da temperatura média diária, medida em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), representando a variação térmica durante todos os meses de cada ano; (ii) a curva correspondente ao número diário de óbitos por DPOC, escalonada para permitir visualização comparativa em um eixo secundário; e (iii) uma linha pontilhada horizontal representando o limiar do EHF, que foi definido como referência fixa de comparação para os períodos com EHF positivo, ou seja, dias considerados como parte de um evento de onda de calor. Por fim, foi feito um mosaico contendo todos os anos da série temporal.

Para os gráficos dos meses selecionados foi utilizado a mesma configuração, mas com um recorte mensal dos meses com maior ocorrência de dias de ondas de calor, permitindo analisar possíveis variações pontuais na mortalidade em momentos de maior estresse térmico. Também foi feito um mosaico contendo essa análise mensal para todos os anos da série,

Além disso, foi utilizado testes estatísticos para avaliar uma possível associação. Foi utilizado o teste de Mann-Whitney, também conhecido como teste de soma de postos de Wilcoxon. Trata-se de um teste não paramétrico destinado à comparação entre dois grupos

independentes, indicado quando os dados não seguem uma distribuição normal ou quando há dúvidas quanto à homogeneidade de variância. Essa escolha se justificou pela natureza dos dados de ondas de calor e óbitos, que apresentam assimetrias ou valores extremos. O teste foi aplicado para comparar os óbitos registrados em dias com ondas de calor e dias sem ondas de calor, considerando também possíveis efeitos retardados com defasagens (lags) de 3, 5 e 7 dias. O nível de significância adotado foi de 5% ($\alpha = 0,05$), sendo os resultados interpretados com base nos valores de p obtidos em cada cenário.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

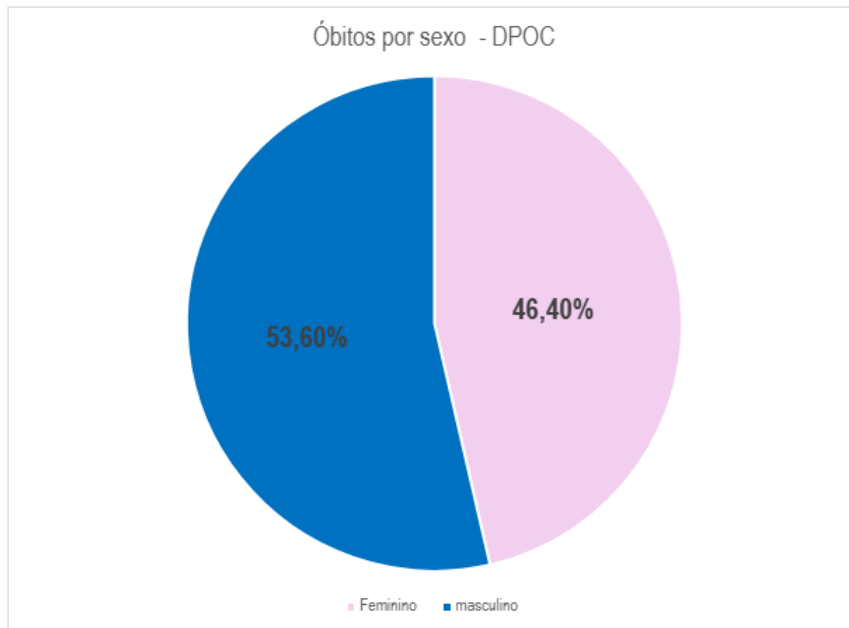
As evidências resultantes das análises realizadas serão dispostas, primeiro, apresentando os resultados da mortalidade por todas as suas variáveis na RIDE-DF, seguida da apresentação do comportamento das OC, e, por fim, mostrando a relação das OC com a mortalidade por DPOC.

4.1 Incidência de Mortalidade por Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

1- Mortalidade por Gênero

Os resultados deste estudo evidenciam uma diferença significativa na mortalidade por DPOC entre os sexos na RIDE-DF, no período analisado. Segundo os dados do IBGE (2023) apesar de a população feminina ser numericamente superior à masculina na região (52,3% contra 47,7%), observou-se que os homens foram mais afetados pela mortalidade por DPOC, representando 53,6% dos óbitos, comparado a 46,4% dos óbitos femininos registrados no período, como se observa na figura 2. Essa discrepância foi estatisticamente significativa, conforme demonstrado pelo teste do Qui-quadrado (Qui-quadrado = 34,45, P-valor < 0.00), indicando que a maior mortalidade entre homens não pode ser atribuída ao acaso.

Figura 2 - Gráfico de Óbitos por Gênero



Fonte: Elaboração Própria

A maior vulnerabilidade dos homens à mortalidade por DPOC pode estar associada a diversos fatores, como o tabagismo, exposição ocupacional a agentes poluentes e busca por cuidados em saúde (Brasil, 2022; Courtenay, 2000). Historicamente, a prevalência de tabagismo é mais alta entre os homens. De acordo com dados do VIGITEL 2021, a prevalência de tabagismo entre adultos foi de 11,8% nos homens e 6,7% nas mulheres (Brasil, 2022). Além disso, homens tendem a ter maior exposição ocupacional a agentes poluentes, como poeiras, fumaças e produtos químicos, sobretudo em atividades laborais mais frequentes entre esse grupo, como construção civil, agricultura e indústria (Brasil, 2022). Esses fatores podem contribuir tanto para o surgimento da doença quanto para sua progressão mais rápida e severa.

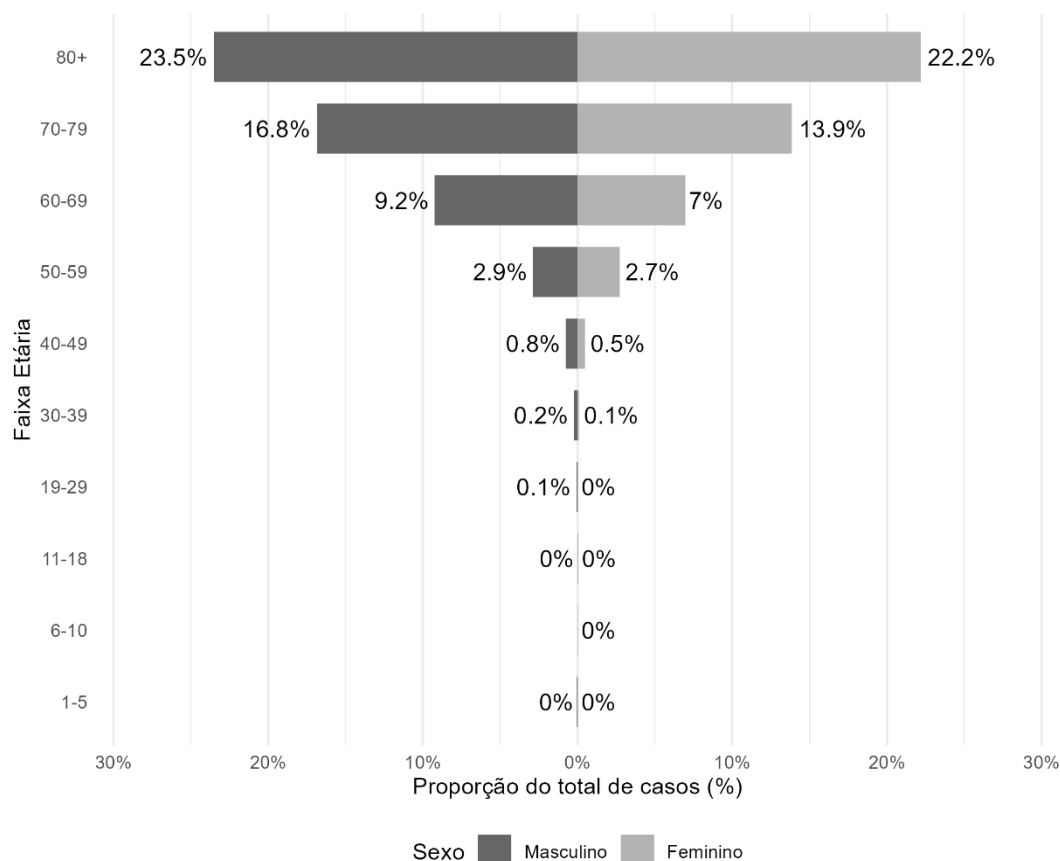
Outro ponto a ser considerado é o comportamento de busca por cuidados em saúde. Estudos sugerem que homens, em geral, procuram menos os serviços de saúde preventivos e apresentam menor adesão a tratamentos contínuos, o que pode levar ao diagnóstico tardio e ao manejo inadequado da DPOC. Essa menor atenção à saúde contribui diretamente para a piora dos desfechos clínicos, incluindo o aumento do risco de óbito (Courtenay, 2000).

2- Mortalidade por Idade

No que diz respeito à distribuição dos óbitos por faixa etária, os resultados do estudo reforçam a vulnerabilidade da população idosa, conforme demonstrado na figura 3. Entre os homens, 23,5% dos óbitos ocorreram em indivíduos com mais de 80 anos, 16,8% entre 70 e 79 anos e 9,2% entre 60 e 69 anos. Entre as mulheres, os óbitos também se concentraram nas faixas

etárias mais elevadas: 22,2% ocorreram em pessoas com mais de 80 anos, 13,9% entre 70 e 79 anos e 7% entre 60 e 69 anos. Esses dados confirmam a hipótese inicial do estudo, de que a DPOC impacta de forma mais acentuada populações vulneráveis como os idosos, refletindo a tendência natural de progressão da doença ao longo do tempo e a associação com o envelhecimento fisiológico do sistema respiratório (Viegi et al, 2007).

Figura 3 - Gráfico de Óbitos por Idade e Gênero



Fonte: Elaboração Própria

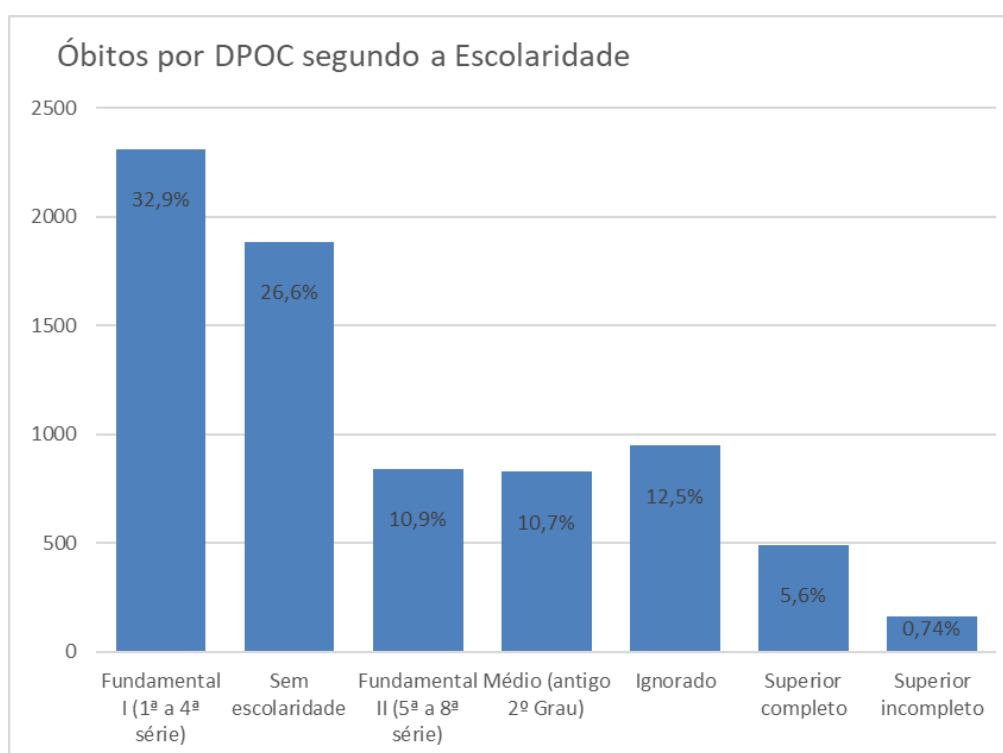
Embora tenham sido registrados alguns óbitos em faixas etárias inferiores a 50 anos, esses representaram uma parcela pequena do total. Isso reforça a característica da DPOC como uma doença crônica e de longo curso, cujos efeitos mais graves tendem a se manifestar em idades avançadas, especialmente quando há fatores de risco cumulativos, como o tabagismo, poluição e exposição ocupacional (Observatório do Clima e Saúde, 2019).

3- Mortalidade por Escolaridade

Em relação a análise dos dados de escolaridade, foi observado uma forte concentração de óbitos entre pessoas com menor nível de escolaridade. Dentre os casos, 32,9% dos óbitos

ocorreram entre indivíduos com escolaridade até o ensino fundamental I (1ª a 4ª série), e 26,6% dos óbitos foram registrados entre pessoas sem qualquer grau de instrução formal. Pessoas com ensino fundamental II (5ª a 8ª série) corresponderam a 10,9%, e com ensino médio completo, 10,7%. Apenas 5,6% dos óbitos ocorreram entre pessoas com ensino superior completo, e 0,74% entre aquelas com superior incompleto. Ainda, 12,5% dos registros não continham dados de escolaridade informados, conforme demonstrado na figura 4.

Figura 4 - Gráfico de Óbitos por Escolaridade



Fonte: Elaboração Própria

Observou-se que a maior proporção de óbitos por DPOC ocorreu entre indivíduos com escolaridade até o ensino fundamental I e indivíduos sem escolaridade. Esses resultados sugerem uma possível relação entre baixos níveis de instrução e maior vulnerabilidade à mortalidade por DPOC, refletindo padrões de desigualdade social e econômica. A distribuição dos dados aponta para uma tendência que já é amplamente discutida na literatura científica: a relação entre DPOC e fatores socioeconômicos, como a escolaridade (Barreto et al. 2012)

Segundo Barreto et al. (2012), a escolaridade funciona como um forte determinante social da saúde, influenciando o acesso à informação, aos serviços de saúde, à qualidade de vida e à adoção de comportamentos preventivos. Indivíduos com menor grau de instrução tendem a estar expostos a piores condições de moradia, maior exposição a poluentes, tabagismo

e dificuldade de acesso à assistência médica contínua, fatores que são conhecidos agravantes da DPOC (Barros, et al, 2008).

Além disso, a escolaridade é amplamente reconhecida como um indicador indireto de renda. Pessoas com menor nível educacional tendem a ocupar empregos informais, insalubres ou com maior exposição a poluentes ambientais e ocupacionais, o que está diretamente associado ao desenvolvimento e à progressão da DPOC (WHO, 2021). Em contrapartida, as baixas taxas de mortalidade entre pessoas com ensino superior podem refletir maior acesso a serviços de saúde de qualidade, melhores condições de vida e maior autonomia para o manejo da própria saúde (IBGE, 2022).

Gershon et al. (2012), por meio de revisão sistemática, concluíram que a associação entre DPOC e condições socioeconômicas são inversas na grande maioria dos casos, ou seja, os indivíduos dos estratos socioeconômicos mais baixos e com menor escolaridade são os mais afetados pela enfermidade. De forma semelhante, Grigsby et al. (2016), ao investigarem 11.042 casos de DPOC na Argentina, Bangladesh, Chile, Peru e Uruguai, observaram menores taxas da doença nas pessoas com maior escolaridade e maior renda familiar.

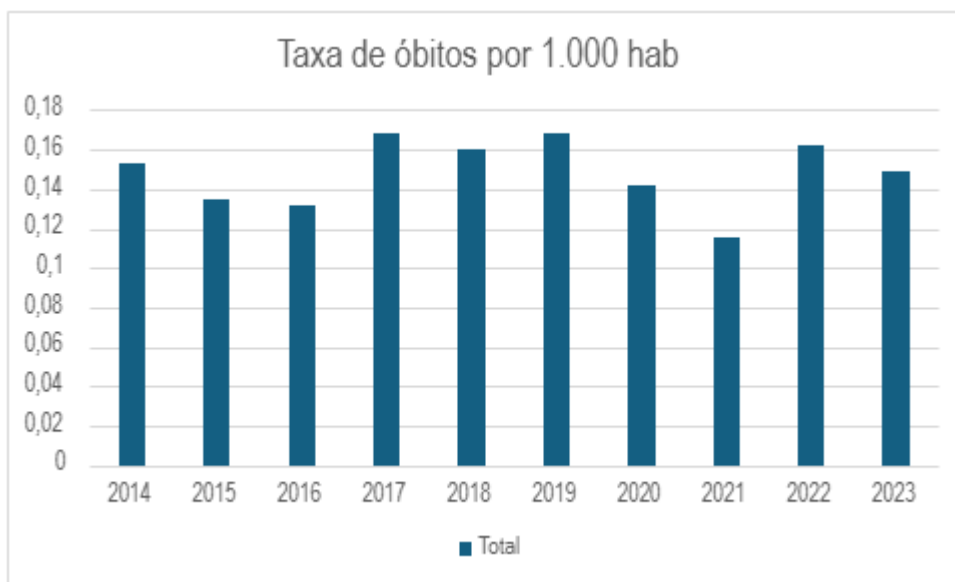
A literatura também reforça que a baixa escolaridade reduz a capacidade de compreensão de prescrições médicas, de seguimento de tratamentos complexos e de reconhecimento precoce dos sintomas, o que contribui para o agravamento da doença e aumento da mortalidade (Pereira et al., 2020). Estudos nacionais, como o de Silva et al. (2019), também apontam que as regiões com maiores índices de pobreza e menor escolaridade concentram a maior carga de mortalidade por doenças respiratórias crônicas no Brasil.

4- Mortalidades Anuais e Mensais

A análise da série temporal da taxa de mortalidade por DPOC na RIDE/DF, calculada por 1.000 habitantes, indicou que os anos de 2017, 2019 e 2022 apresentaram as maiores taxas de óbitos, enquanto 2021 registrou as menores taxas no período estudado (Figura 5). Apesar desses picos pontuais, observou-se uma relativa estabilidade na ocorrência dos óbitos, com valores variando entre 0,11 e 0,18 para os municípios que compõem a região, sem evidências de tendências claras de crescimento ou declínio ao longo do intervalo analisado. Dessa forma, a mortalidade por DPOC manteve-se relativamente constante durante o período avaliado,

refletindo possivelmente fatores crônicos como tabagismo, exposição a poluentes e acesso limitado à atenção primária na região (BRASIL, 2023).

Figura 5 - Gráfico da Taxa de Mortalidade por DPOC - 2014-2023



Fonte: Elaboração Própria

No entanto, vale destacar que os anos com maiores taxas de mortalidade, especialmente 2019 e 2022, coincidiram com condições ambientais adversas que podem ter contribuído para esses aumentos pontuais. Em 2019, registrou-se um recorde de seca o Distrito Federal, com níveis de umidade relativa do ar atingindo valores extremamente críticos, chegando a apenas 8% em setembro, segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019). Já em 2022, o Brasil enfrentou uma das mais severas estiagens dos últimos anos, com impactos significativos sobre a saúde pública e os ecossistemas, conforme reportado pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN, 2022).

Essas condições desfavoráveis influenciam diretamente na incidência e agravamento dos casos de DPOC, refletindo-se na elevação da mortalidade nesses anos específicos. Estudos demonstram que a baixa umidade do ar, combinada com altas temperaturas e maior concentração de poluentes atmosféricos, intensifica os sintomas respiratórios e as exacerbações em pacientes com DPOC, resultando em mais hospitalizações e óbitos (Gouveia & Freitas, 2000). A exposição prolongada a ambientes secos e poluídos compromete a função pulmonar, facilita infecções respiratórias e agrava doenças respiratórias pré-existentes, especialmente em populações vulneráveis como idosos e pessoas com comorbidades.

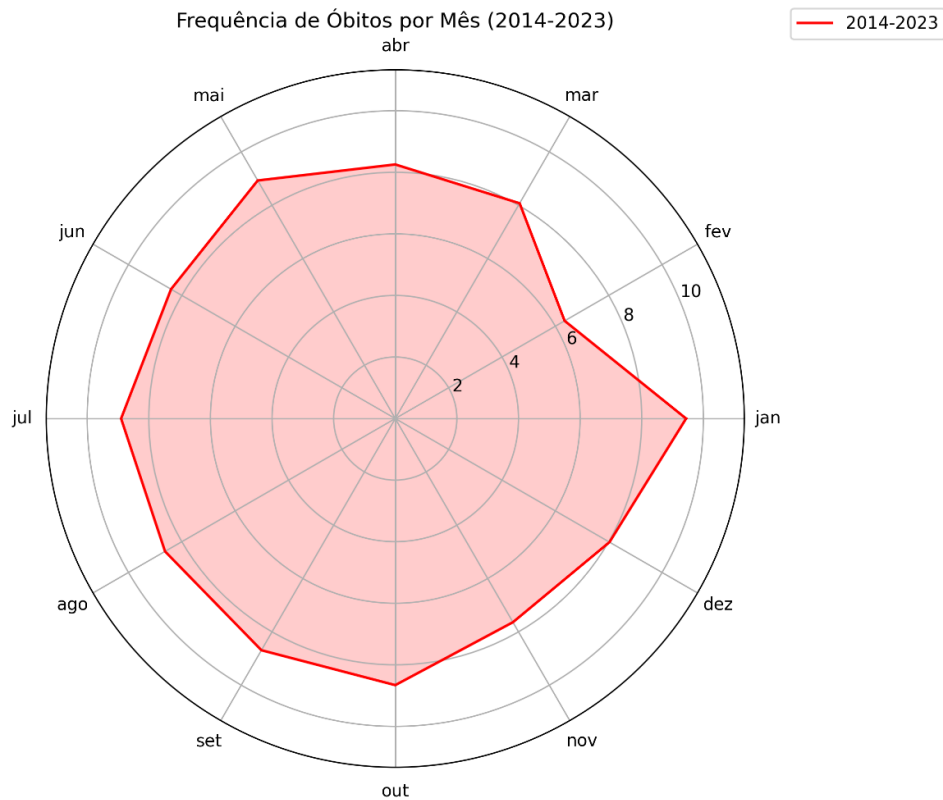
O ano de 2021, marcado pelos impactos da pandemia de COVID-19, apresentou o menor número de óbitos por DPOC no período estudado. Esse resultado pode estar associado à

subnotificação dos casos, à redução da exposição a poluentes devido ao isolamento social, e a possíveis classificações equivocadas das causas de morte, uma vez que doenças respiratórias crônicas foram em muitos casos sobrepostas pelo diagnóstico prioritário da COVID-19. Essa hipótese é reforçada por estudos que analisaram os impactos da pandemia nos sistemas de notificação e mortalidade por outras causas (Marinho et al., 2021).

A análise da frequência absoluta mensal dos dados revelou que a maior concentração de óbitos ocorreu nos meses de janeiro (9,4%) e julho (8,9%), enquanto a estação do ano com maior número de mortes foi o inverno, representando 26% dos óbitos. Para investigar a existência de sazonalidade nos óbitos por DPOC, aplicou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. O resultado apresentou um valor-p de 0,066, superior ao nível de significância de 5%, indicando ausência de diferenças estatisticamente significativas entre os meses do ano. Dessa forma, não foi possível comprovar a presença de sazonalidade significativa na mortalidade por DPOC.

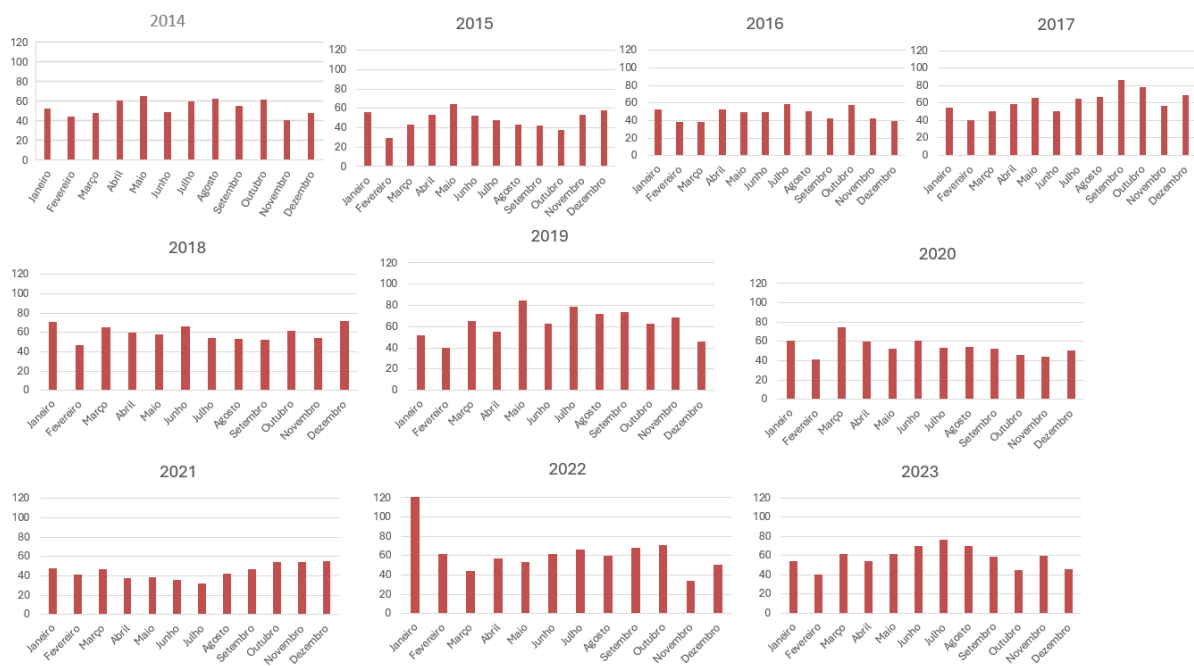
Essa distribuição mensal dos óbitos é visualmente representada no gráfico polar da Figura 6, que mostra a concentração dos casos ao longo dos meses durante todo o período estudado. A Figura 7 apresenta gráficos de barras, um para cada ano de 2014 a 2023, de forma a detalhar a distribuição mensal dos óbitos, demonstrando as pequenas variações mensais ao longo dos anos, com alguns outlier.

Figura 6 - Gráfico da Frequência Relativa Mensal de Óbitos por DPOC



Fonte: Elaboração Própria

Figura 7 - Gráfico dos Óbitos Mensais



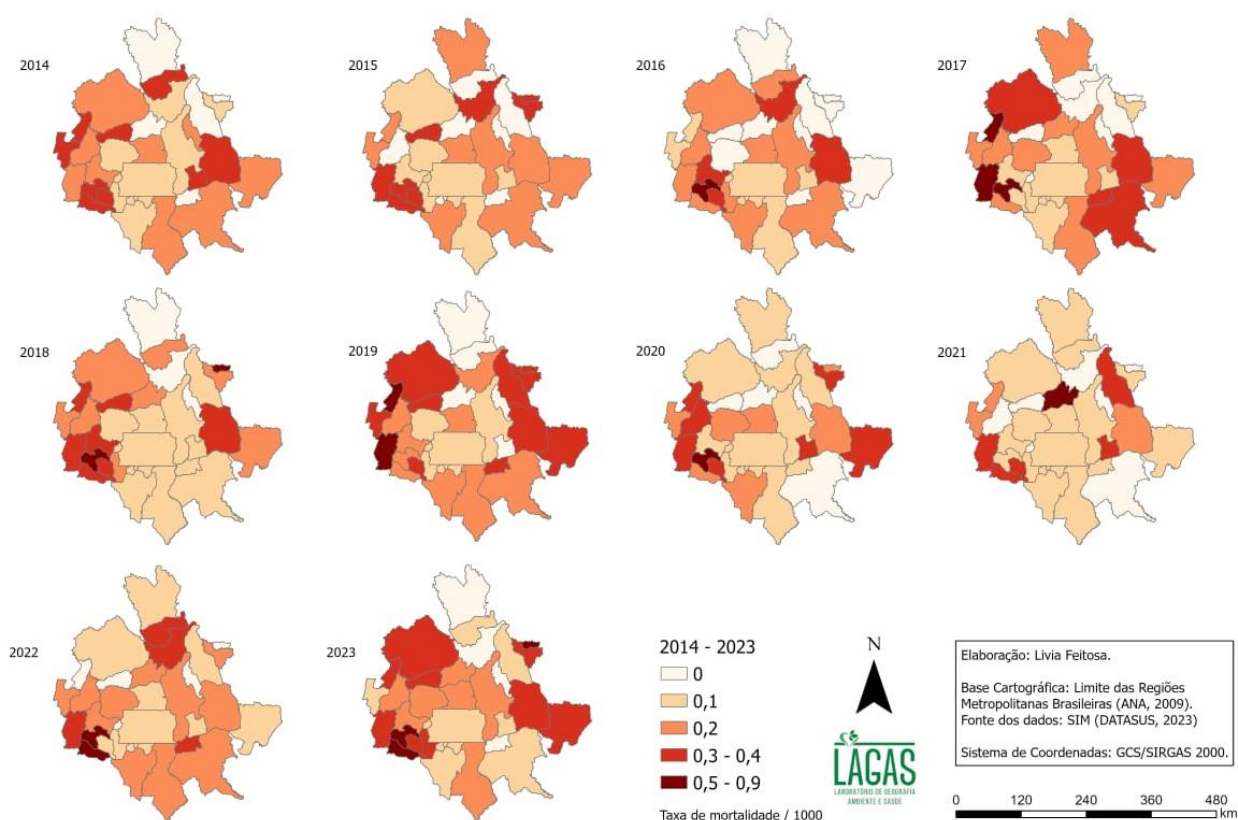
Fonte: Elaboração Própria

5- Mortalidade por Município

A taxa de mortalidade calculada por município demonstra algumas disparidades entre os municípios que compõe a RIDE-DF. A análise foi feita a partir do número de óbitos normalizado por 1.000 habitantes, que permite uma melhor comparação entre localidades com diferentes tamanhos populacionais (Figura 8).

Figura 8 - Mapa de Série Temporal das Taxas por Município da RIDE DF

Série Temporal - Taxa de Mortalidade por Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) - Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno



Fonte: Elaboração Própria

Os municípios com a maior taxa de mortalidade foram Corumbá de Goiás, Pirenópolis, Abadiânia, São João D'Aliação e Barro Alto, ambos municípios do estado de Goiás. Essas localidades ficam predominantemente na parte oeste da RIDE DF. Esses municípios não são, necessariamente, os que apresentam o maior número absoluto de óbitos, mas sim aqueles em que o impacto da mortalidade é mais expressivo em termos populacionais. O Distrito Federal, apesar de possuir os maiores números de óbitos absolutos da RIDE, não apresenta uma taxa de mortalidade tão alta.

Essas disparidades podem estar relacionadas à menor oferta e acesso a serviços de saúde no ambiente municipal. Dados do IPE-DF, 2015 revelam que grande parte da população do entorno depende de estruturas hospitalares e ambulatoriais localizadas no Distrito Federal, sendo que até 24% dos moradores desses municípios se deslocam para tratamento no DF. Essa dependência implica em atrasos no diagnóstico e tratamento precoce (BRASIL, 2015).

Além disso, fatores socioeconômicos e ocupacionais somam-se a às questões de infraestrutura. Municípios como Barro Alto e Niquelândia, têm sua economia fortemente ligada à mineração, principalmente a mineração de níquel, o que pode implicar a exposição a poeiras minerais e produtos químicos, reconhecidos como agravantes para a DPOC (EMBRAPA, 2011). Evidências da literatura brasileira mostram que a exposição ao material particulado, especialmente PM₁₀ e PM_{2,5}, proveniente de atividades mineradoras está associada ao aumento de atendimentos por doenças respiratórias e queda na função pulmonar (Braga, 2007).

Outro ponto é que muitos desses municípios, segundo critérios da Lei Complementar 163/2018, entraram recentemente na RIDE-DF, como, Corumbá de Goiás, Pirenópolis e São João D'Aliança, e historicamente permaneceram com investimentos menores em rede assistencial. A expansão recente legitima a necessidade de articulação regional para reduzir desigualdades no acesso a serviços de saúde.

Fatores demográficos e sociais também devem ser considerados, populações menores e mais envelhecidas tendem a apresentar maiores taxas de mortalidade por DPOC. A baixa escolaridade, comum entre municípios de menor porte, influencia negativamente no acesso à informação sobre saúde respiratória, na adesão e tratamento e à prevenção de agravos (BRASIL, 2015).

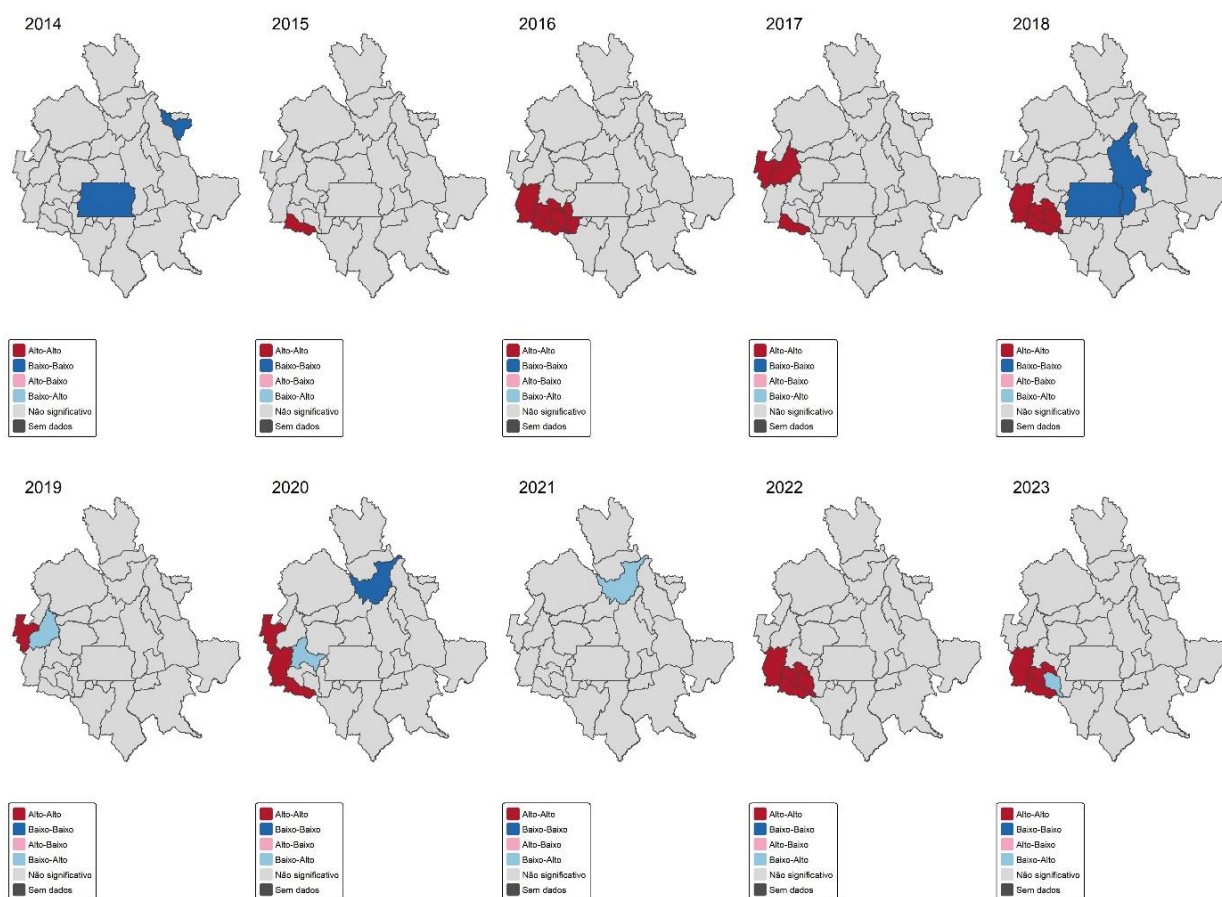
Nesse contexto, foi realizado o teste de Moran Global para identificar se havia existência de autocorrelação espacial nos anos da série história. Esse teste revelou a existência de autocorrelação espacial positiva estatisticamente significativa das taxas de mortalidade por DPOC em diversos anos do período analisado, conforme demonstrado pela tabela 2. Os valores mais elevados do Moran I foram observados em 2018 (0,32; $p = 0,001$) e 2022 (0,319; $p < 0,001$), sugerindo a presença de agrupamentos espaciais de municípios com taxas semelhantes, caracterizando áreas com possível concentração de risco. Outros anos com autocorrelação significativa são 2016, 2017, 2020 e 2023. Em contrapartida, os anos de 2015 e 2021 não apresentaram autocorrelação espacial significativa ($p > 0,05$), indicando uma distribuição espacial mais aleatória das taxas. A ausência de autocorrelação significativa em 2021, inclusive com um Moran I negativo, pode estar relacionada aos efeitos da pandemia de COVID-19, que afetou a notificação e classificação das causas de óbito (Borges et al., 2024).

Ano	Moran I	p-valor	Significância estatística	Interpretação
2014	0,1351	0,0766	Não significativa	Distribuição aleatória
2015	0,0222	0,3251	Não significativa	Distribuição aleatória
2016	0,1723	0,0316	Significativa	Agrupamento espacial
2017	0,1593	0,0461	Significativa	Agrupamento espacial
2018	0,3205	0,0010	Altamente significativa	Forte autocorrelação espacial
2019	0,1489	0,0607	Limítrofe	Possível padrão de agrupamento
2020	0,2456	0,0078	Significativa	Agrupamento espacial
2021	-0,1030	0,7666	Não significativa	Nenhum padrão espacial; possível dispersão ou ruído
2022	0,3192	0,0006	Altamente significativa	Forte autocorrelação espacial
2023	0,2375	0,0059	Significativa	Agrupamento espacial

A análise de Moran Local (LISA) complementou os achados ao indicar os municípios específicos responsáveis pelos agrupamentos espaciais significativos, conforme demonstrado na figura 9. O padrão Alto-Alto, indicativo de municípios com altas taxas cercados por vizinhos também com altas taxas, foi observado recorrentemente em Abadiânia (quase todos os anos), Alexânia, Corumbá de Goiás, Pirenópolis e Goianésia. Esse padrão reforça o caráter persistente do risco em determinadas áreas, especialmente na porção oeste da RIDE-DF.

O padrão Baixo-Baixo apareceu no Distrito Federal em 2 anos da série temporal, sugerindo zonas com menor risco relativo, provavelmente relacionadas à maior cobertura assistencial e oferta de serviços de saúde, levando em consideração que o DF possui o melhor IDH da RIDE/DF (CODEPLAN, 2018). Já o padrão Baixo-Alto foi identificado em Vila Propício (2019), Cocalzinho (2020), São João D’Aliança (2021) e Alexânia (2023), indicando áreas de baixo risco cercadas por vizinhos que podem possuir outlier com altas taxas, o que pode representar transições ou resistências locais ao padrão regional de risco.

A persistência desses padrões espaciais reforça a necessidade de incorporar a dimensão territorial nas análises em saúde pública, uma vez que a mortalidade por DPOC está relacionada a um conjunto complexo de fatores, como condições ambientais, ocupacionais, demográficas e de acesso à saúde. A utilização da análise espacial, tanto global quanto local, permite identificar áreas prioritárias para intervenção, fornecendo subsídios para o planejamento regionalizado de políticas públicas de saúde (Auchincloss, 2012).



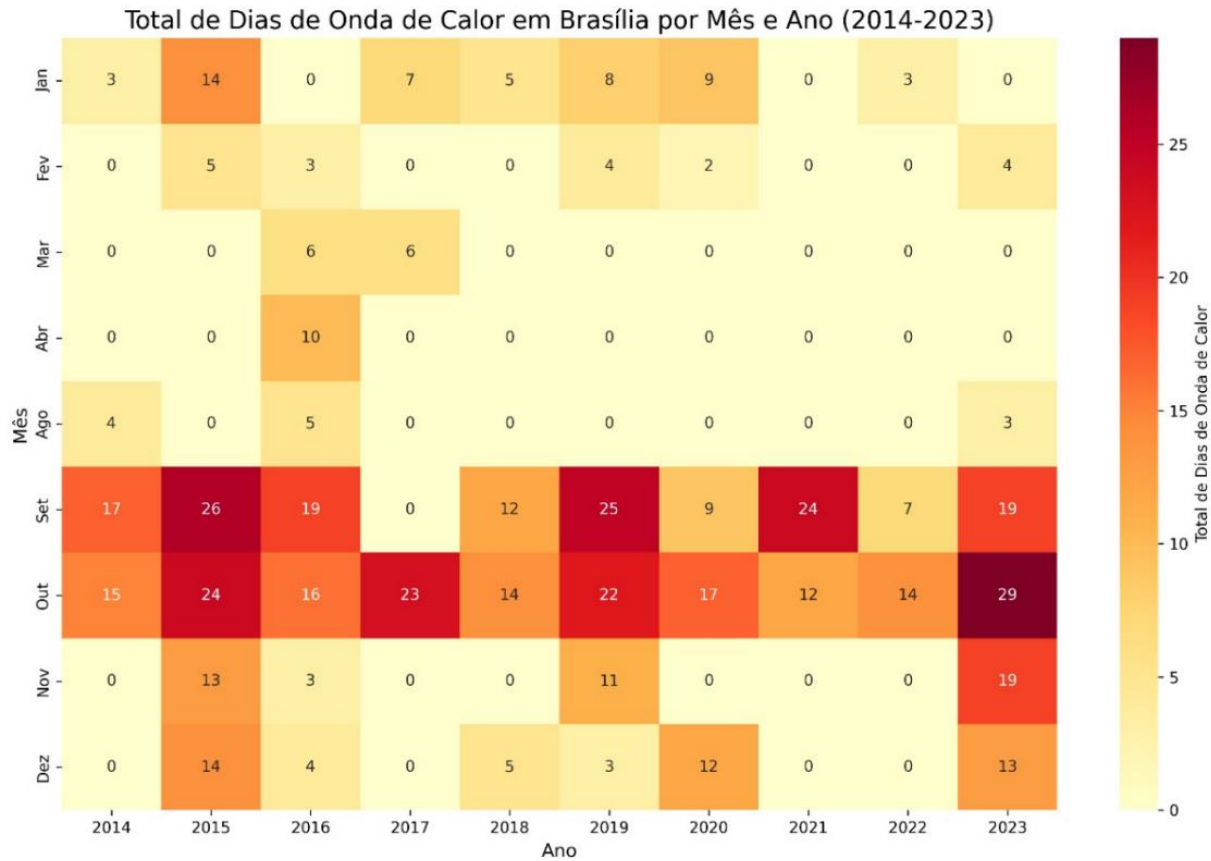
4.2 Comportamento das Ondas de Calor

Durante o período de 2014 a 2023, foram identificados 542 dias de ondas de calor na RIDE DF, a figura 9 apresenta um gráfico do tipo mapa de calor que contém os dias de ondas de calor agrupados por mês e ano ao longo da série temporal. A partir dele é possível observar que as ondas de calor ficaram concentradas nos meses de setembro e outubro, como também é evidenciado pela figura 10, na qual apresenta a frequências das ondas de calor por meses de toda a série temporal, esse comportamento está em consonância com os padrões climáticos regionais, que marcam o fim da estação seca no Cerrado Brasileiro, marcado por um prolongado período de estiagem entre maio e setembro, seguido por um rápido aumento das temperaturas máximas, baixa umidade relativa do ar e atraso das primeiras chuvas primaveris, quando são comuns os episódios de bloqueio atmosférico que elevam as temperaturas e reduzem a umidade relativa do ar (Martins et al., 2020).

A concentração dos eventos nos meses de setembro e outubro também tem implicações importantes para o planejamento em saúde pública, já que coincidem com o período de menor umidade relativa do ar, considerado crítico segundo os parâmetros da Organização Mundial da

Saúde (OMS, 2016), e com maior ocorrência de queimadas e poluição atmosférica, fatores que sinergicamente potencializam os impactos adversos das ondas de calor.

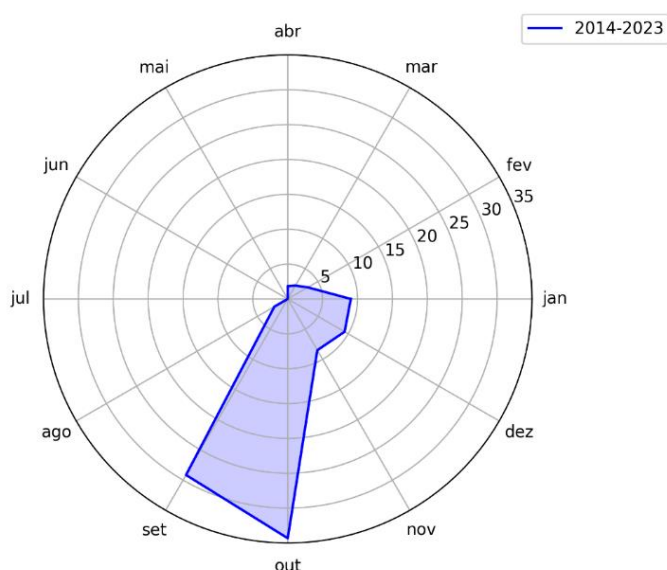
Figura 9 - Gráfico de Mapa de Calor dos Dias de Ondas de Calor da RIDE DF



Fonte: Elaboração Própria

Figura 10 - Gráfico da Frequência das Ondas de Calor por Mês

Frequência das Ondas de Calor por mês (2014-2023)



Fonte: Elaboração Própria

A figura 11, mostra a serie temporal ao longo dos anos, que indica que os anos de 2015, 2019 e 2023 registraram o maior número total de dias com ondas de calor, indicando uma tendência de aumento da frequência desses eventos, e que coincidem com episódios de aquecimento global mais intensos, como os eventos El Niño de 2015-2016, de 2019-2020 e 2023-2024, que contribuíram para o aumento da temperatura em escala regional e global (OMS, 2016). Já os anos de 2017 e 2020 destacaram-se por apresentarem as ondas de calor mais intensas de todo o período analisado, com elevações extremas da temperatura média diária em relação ao histórico climatológico local e duração prolongada dos eventos.

Em relação à intensidade, a maioria das OC ocorridas no período analisado foram classificadas como de baixa intensidade, com 460 dias, seguidas por 81 dias de OC severa e apenas 1 dia de OC extrema, conforme detalhado na Tabela 2.

Tabela 2 - Número de OC por Intensidade

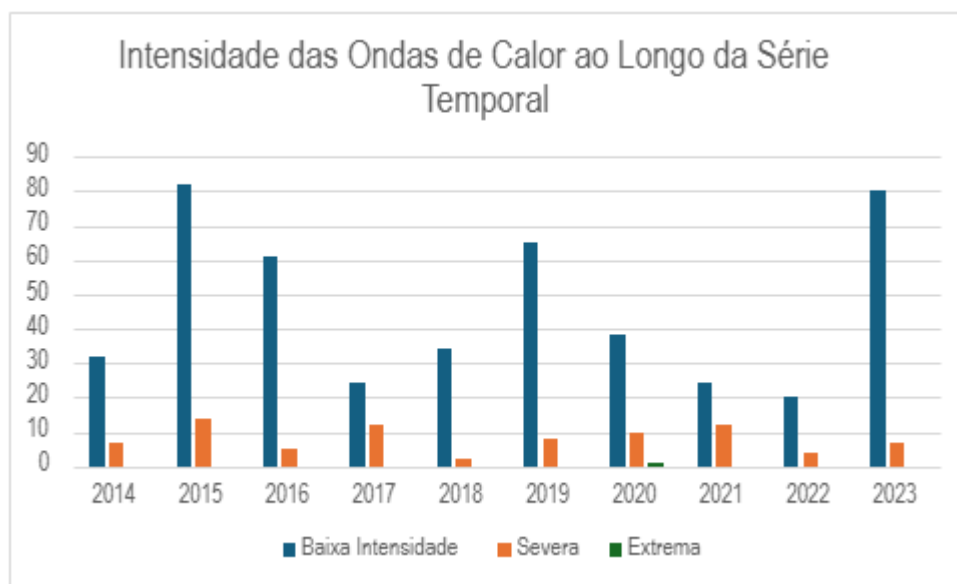
Local	OC de baixa Intensidade	OC Severas	OC Extremas	Total
RIDE-DF	460	81	1	542

Fonte: Elaboração Própria

As intensidades das OC mostram que, embora as de baixa intensidade sejam mais comuns, eventos severos também estão presentes e têm ocorrido ao longo de toda a série (Figura

11), o que pode indicar um agravamento das condições climáticas extremas na região. Essa tendência é coerente com o que afirmam estudos sobre mudanças climáticas, que preveem não apenas o aumento da média das temperaturas, mas também da frequência e severidade dos eventos extremos (IPCC, 2021).

Figura 11 - Intensidade das OC ao Longo da Série Temporal

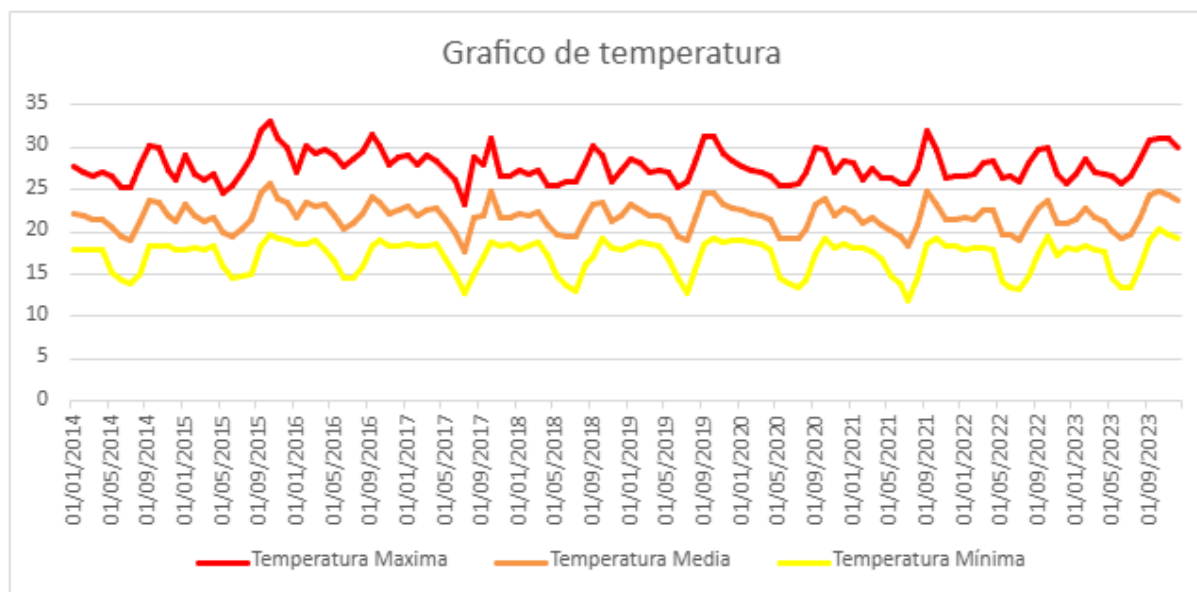


Fonte: Elaboração Própria

Segundo Marengo et al. (2018), os biomas tropicais como o Cerrado têm demonstrado alta sensibilidade às mudanças climáticas, com aumento da frequência de dias consecutivos quentes e redução da amplitude térmica diurna. Além disso, a urbanização acelerada e desordenada nas regiões periurbanas do Distrito Federal e entorno contribui para o agravamento do problema, por meio do efeito de ilhas de calor urbanas, onde superfícies impermeáveis e pouca vegetação favorecem o acúmulo de calor ao longo do dia e dificultam seu resfriamento noturno (Marengo et al, 2018; Santana et al, 2019).

A temperatura média máxima registrada durante os eventos de OC chegou a 35 °C, com médias mais elevadas nos anos de 2015, 2019 e 2021, conforme apresentado na Figura 14. Esses resultados refletem o aumento das temperaturas extremas já documentado pelo IPCC (2021).

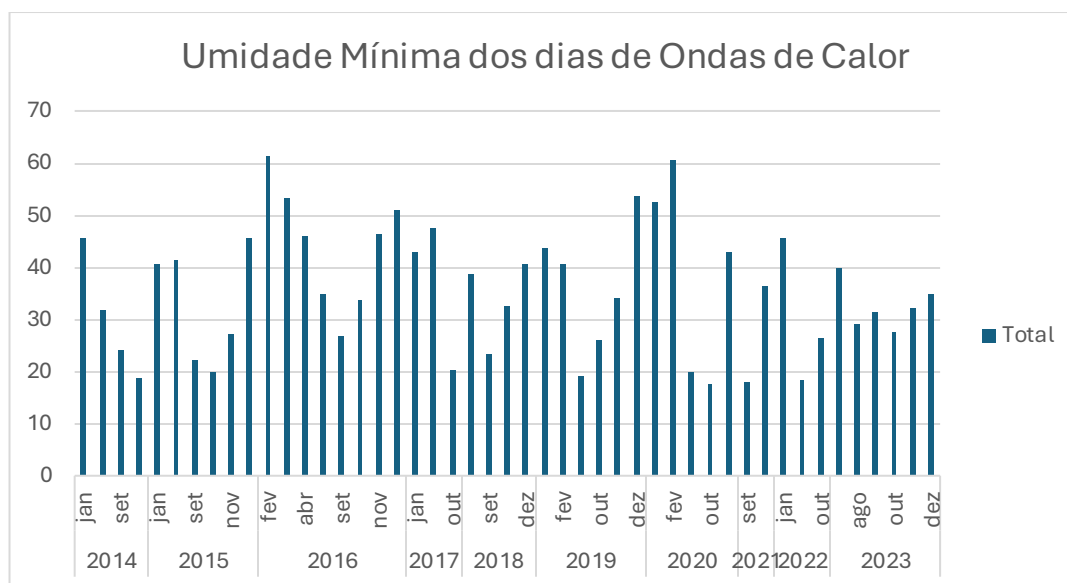
Figura 12 - Gráfico de Temperatura Mínimas, Médias e Máximas



Fonte: Elaboração Própria

Em paralelo, a umidade relativa do ar foi mais baixa nos meses de setembro e outubro de todos os anos observados, apresentando os valores médios mais baixos de 17,5%, o que agrava os efeitos das OC em diversos âmbitos, como na saúde pública, especialmente no aumento de doenças respiratórias e cardiovasculares; no meio ambiente, com maior risco de incêndios florestais; e na infraestrutura urbana, devido à sobrecarga nos sistemas de abastecimento de água e energia (Silva et al., 2021). A Figura 13 ilustra a média mínima da umidade relativa do ar durante os dias de OC, evidenciando o comportamento da variável, e reforçando o padrão da umidade nos meses com maior incidência de ondas de calor. No entanto, é importante destacar que, ao longo da série temporal analisada, nem sempre os mesmos meses apresentaram dias caracterizados como ondas de calor. Essa variação interanual indica que, apesar de uma tendência sazonal concentrada nos meses de setembro e outubro, a ocorrência de ondas de calor pode ser influenciada por diferentes condições climáticas de cada ano, o que reforça a complexidade e a necessidade de análises contínuas e com maior detalhamento temporal e espacial.

Figura 13 - Gráfico da Média Mínima das Umidades nos dias de OC



Fonte: Elaboração Própria

A Tabela 3 resume as principais características das ondas de calor na RIDE DF, demonstrando que em média as OC duram em torno de 13,2 dias. Além disso, como já debatido, os meses de maior ocorrência são setembro e outubro, com predominância de ocorrer na estação da primavera. A média do EHF foi de 2,60, que indica um grau de anomalia térmica moderado, sendo compatível com eventos de calor significativo, mas não necessariamente extremos, com possível impacto à saúde das populações vulneráveis. Segundo Nairn & Fawcett (2014), valores de EHF acima de 1 já sugerem condições atípicas de calor com potencial impacto na mortalidade por causas sensíveis ao clima, valores entre 2 e 3 indicam OC severas, e acima de 3 são considerados OC extremas.

Tabela 3 - Caracterização das Ondas de Calor

Local	Duração média dos dias com OC	Meses de maior ocorrência	Estação do ano mais frequente	Média dos valores do EHF dos dias de OC
RIDE-DF	13.2	Outubro, setembro	Primavera	2,60

Fonte: Elaboração Própria

Esses achados evidenciam que a RIDE-DF, embora localizada em uma região de altitude e com clima sazonal bem definido, está sujeita a um número expressivo de eventos de calor

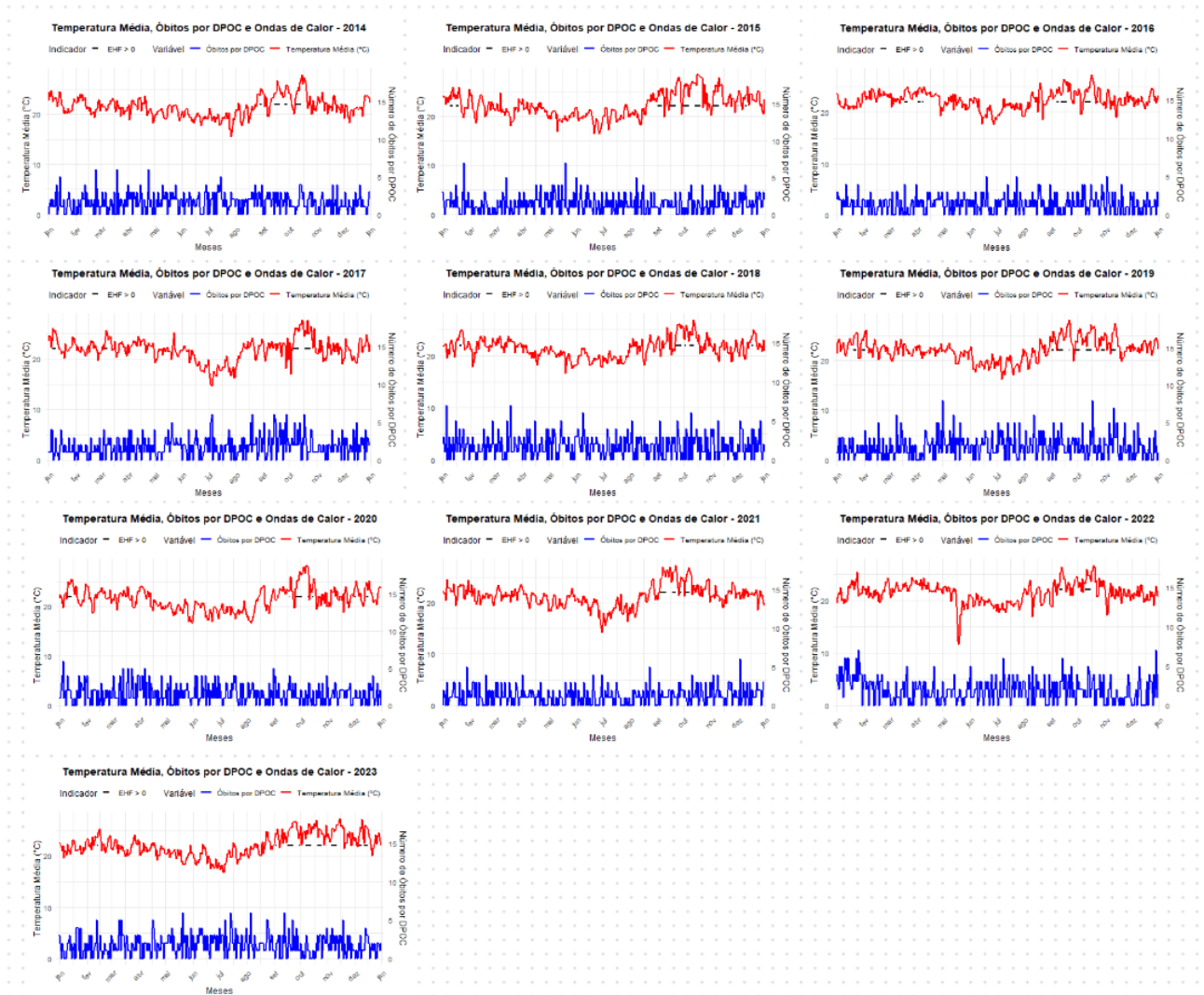
extremo prolongado, especialmente em anos de maior aquecimento regional ou em contextos de estiagens intensas, relacionados a eventos de El Niño. Estudos anteriores demonstram que ondas de calor, mesmo de intensidade moderada, podem contribuir para o aumento da mortalidade, principalmente em grupos etários mais vulneráveis, como idosos (Hajat et al., 2010).

Adicionalmente, a concentração das OC está na estação mais quente e seca (setembro-outubro), o que reforça a necessidade de estratégias de vigilância em saúde e alertas sazonais, uma vez que esse período coincide com o pico de queimadas, baixa umidade relativa do ar e aumento da concentração de poluentes atmosféricos, fatores que potencializam os efeitos adversos à saúde.

4.3 Caracterização Temporal das Ondas de Calor e da Mortalidade por Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

Para cada ano da série histórica, foram elaborados gráficos que trazem três elementos principais: (i) a curva da temperatura média diária, com escala no eixo vertical esquerdo; (ii) o número diário de óbitos por DPOC, com escala no eixo vertical direito; e (iii) uma linha pontilhada preta representando o ponto de corte do índice de fator de excesso de calor (EHF), adotado como critério para identificação de dias com ondas de calor ($EHF > 0$), conforme demonstrado pela Figura 16.

Figura 14 - Mosaico Comparativo Anual das Temperaturas Médias e dos Dias de Óbitos



Fonte: Elaboração Própria

A análise visual dos gráficos evidencia que a temperatura média apresenta forte sazonalidade, com elevações marcadas nos meses da primavera, especialmente em setembro e outubro. Estes meses coincidem, segundo a literatura (Nobre et al., 2019; Marengo et al., 2021), com os períodos de maior incidência de ondas de calor no Centro-Oeste brasileiro, caracterizadas por temperaturas persistentemente elevadas e baixa umidade relativa do ar.

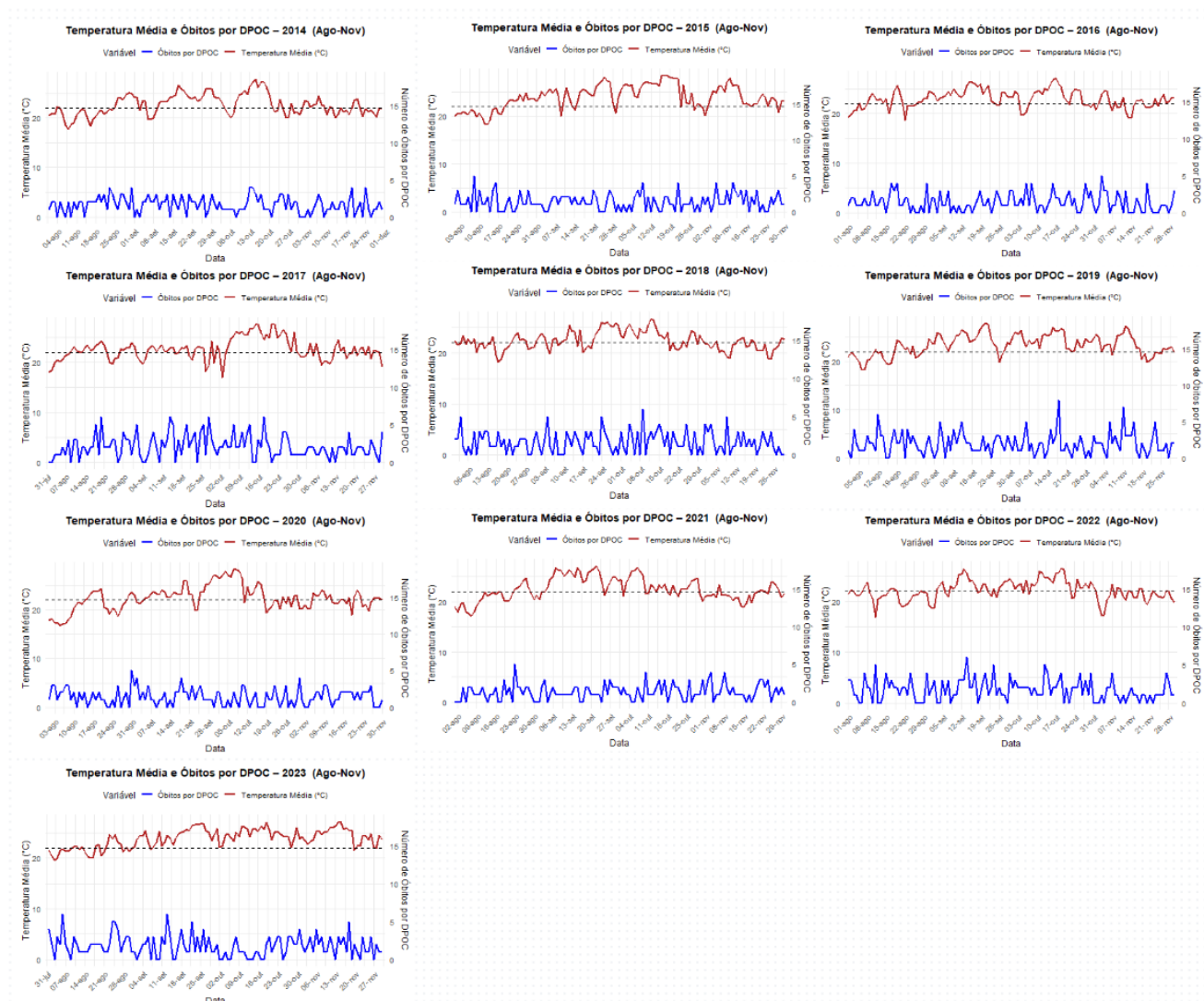
Apesar dessa elevação térmica, os dados de mortalidade por DPOC ao longo dos anos mantêm um padrão relativamente estável. Não se observam aumentos significativos ou picos de óbitos coincidentes com os períodos de EHF positivo. Mesmo em anos com maior número de dias de ondas de calor como 2015 e 2019 a curva de óbitos não apresenta variações abruptas nem crescimento acentuado durante ou imediatamente após esses episódios.

Esse resultado sugere uma ausência de associação direta entre os dias com temperaturas médias elevadas (indicados visualmente pela linha pontilhada) e os óbitos por DPOC na Ride-DF. O padrão constante da mortalidade ao longo dos anos pode indicar que outros fatores estruturais como acesso aos serviços de saúde, perfil sociodemográfico da população e condições crônicas pré-existentes exercem maior peso na variação de óbitos do que os extremos térmicos isolados.

Além disso, os gráficos dos meses com maior incidência de OC apontaram para os meses de agosto, setembro, outubro e novembro. Nesses gráficos é possível observar o aumento da temperatura média, demonstrando os dias com a presença de ondas de calor. No entanto, a curva de óbito, apesar de agora apresentar maiores variações, não acompanha o padrão da temperatura, mesmo nos dias de ondas de calor, conforme demonstrando pela figura 17.

A ausência de sincronia entre os episódios de calor intenso e as flutuações na mortalidade aponta para a complexidade da relação entre variáveis ambientais e desfechos de saúde. Estudos prévios sugerem que os impactos das ondas de calor na saúde respiratória são mediados por múltiplos fatores, como a exposição prolongada, a vulnerabilidade individual (idade, comorbidades) e a capacidade de mitigação (uso de climatizadores, hidratação, acesso à saúde) (Basu, 2009; Hajat & Kosatky, 2008).

Figura 15 - Mosaico Quadrimestral Comparativo dos Dias da Temperatura Média e dos Óbitos Diários



Fonte: Elaboração Própria

Essa constância é visualmente observada nos gráficos, mesmo quando as temperaturas atingem valores significativamente altos, e é reforçada pelo resultado dos testes estatísticos aplicados.

A partir do teste de Mann-Whitney os valores de p encontrados foram: Lag 0: $p = 0,14$ Lag 3: $p = 0,41$ Lag 5: $p = 0,16$ Lag 7: $p = 0,28$. Em todos os cenários, os valores de p foram superiores ao nível de significância adotado ($\alpha = 0,05$). Esses resultados indicam que, apesar de pequenas variações nas médias de óbitos entre os grupos, não há evidência estatística para afirmar que as ondas de calor estejam associadas a um aumento de mortalidade por DPOC, mesmo ao considerar efeitos com atraso temporal, conforme é mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Teste de Mann - Whitney

Condição	Teste Estatístico	Grupo Comparado	Estatística do Teste	P-Valor	Significância Estatística ($\alpha = 0,05$)
Sem Lag	Mann-Whitney	Dias com vs. sem ondas de calor	866.041.50	0,1451	Não significativa
Lag de 3 dias	Mann-Whitney	Dias com vs. sem ondas de calor	1063194.50	0,4121	Não significativa
Lag de 5 dias	Mann-Whitney	Dias com vs. sem ondas de calor	1186109.50	0,1662	Não significativa
Lag de 7 dias	Mann-Whitney	Dias com vs. sem ondas de calor	1258942.00	0,2870	Não significativa

Fonte: Elaboração Própria

Embora estudos anteriores em diversos contextos internacionais apontem para uma possível associação entre eventos de calor extremo e aumento da mortalidade por doenças respiratórias, especialmente por DPOC (McCormack et al., 2017; Gasparini et al., 2015), os resultados obtidos neste estudo não identificaram uma associação estatisticamente significativa entre a ocorrência de ondas de calor e o número de óbitos por DPOC na RIDE/DF, mesmo ao considerar defasagens de até 7 dias.

Essa ausência de significância pode ser explicada por diferentes fatores. Primeiramente, a resiliência climática da população local pode influenciar esses resultados, especialmente considerando que a RIDE/DF está situada em uma região com histórico de temperaturas elevadas e clima seco, o que pode ter favorecido uma adaptação gradual da população às condições térmicas extremas (Sathler, 2019).

Além disso, é importante considerar que os óbitos por DPOC resultam de processos patológicos crônicos, muitas vezes influenciados por múltiplos fatores cumulativos, como tabagismo, acesso limitado à assistência médica, pobreza e poluição do ar (Campos; Lemos, 2009; Pessôa; Pessôa, 2009), podendo diluir o impacto isolado de eventos agudos como as ondas de calor.

5. CONCLUSÃO

A presente pesquisa científica abordou os impactos da DPOC na mortalidade da população da RIDE DF, além dos efeitos das ondas de calor e a correlação entre essas duas variáveis dentro de uma série temporal de 10 anos, com o propósito de contribuir para uma melhor caracterização do comportamento da DPOC e do comportamento das OC na RIDE DF.

Este estudo evidenciou que a mortalidade por DPOC na RIDE/DF apresenta características marcantes relacionadas ao sexo, idade e escolaridade. A maior taxa de mortalidade ocorreu entre homens, em faixas etárias avançadas e com baixa escolaridade o que corrobora com a natureza crônica da DPOC e evidencia as desigualdades sociais e econômicas que impactam diretamente na vulnerabilidade à doença.

A análise da série temporal demonstrou relativa estabilidade nas taxas de mortalidade ao longo dos anos, com picos nos anos associados a condições ambientais adversas, como secas prolongadas, e o menor número de óbitos em 2021 possivelmente refletindo impactos da pandemia de COVID-19 no sistema de notificação e no comportamento da população.

Além disso, o comportamento das ondas de calor se mostrou sazonal, com maior ocorrência na estação seca, ou seja, na primavera, e nos meses de setembro e outubro, e nos anos de 2015, 2019 e 2023.

Por fim, a investigação da relação entre ondas de calor e óbitos por DPOC não revelou associação estatisticamente significativa, sugerindo que, na RIDE/DF, fatores ambientais agudos como as ondas de calor podem não exercer impacto imediato detectável na mortalidade por DPOC. Contudo, a influência de variáveis socioeconômicas e outras condições ambientais, como extremos de frio, seca severa, poluição do ar, queimadas, uso de agrotóxicos, merecem investigação adicional.

Limitações e Perspectivas Futuras

Entre as limitações deste estudo, destaca-se a possibilidade de subnotificação e inconsistência nos registros de mortalidade, especialmente em localidades com menos infraestrutura de saúde, que podem comprometer a precisão dos dados analisados, dificultando a captação de pequenas variações relacionadas a fatores ambientais (FIOCRUZ, 2022).

A metodologia utilizada para avaliar o impacto das ondas de calor, embora adequada para identificar associações gerais, pode não ter captado efeitos específicos em subgrupos populacionais mais vulneráveis, devido à ausência de estratificações detalhadas ou modelos estatísticos mais complexos.

Ademais, o tipo de desfecho analisado, a mortalidade, pode não ser suficientemente sensível para captar os efeitos imediatos das ondas de calor. Estudos que abordam interações

hospitalares ou sintomas respiratórios poderiam revelar relações mais diretas com esse tipo de extremo térmico.

A estabilidade dos dados de mortalidade mesmo diante de variações térmicas importantes indica a necessidade de aprofundamento nas análises, considerando outras variáveis ambientais e sociais que possam mediar ou modular os efeitos das mudanças climáticas sobre a saúde respiratória.

Futuros estudos devem buscar incluir análises mais detalhadas por subpopulações, utilizar modelos estatísticos avançados, incorporar dados ambientais e socioeconômicos adicionais, e fazer uma análise comparativa da mortalidade do Brasil e do Centro-Oeste para melhor compreensão dos múltiplos fatores que influenciam a mortalidade por DPOC na região.

Outro ponto refere-se ao uso de dados climáticos provenientes de uma única estação meteorológica. Considerando que a RIDE-DF abrange um território extenso, com municípios situados a centenas de quilômetros de distância entre si, a utilização de uma única fonte de dados pode não representar adequadamente as variações espaciais da temperatura em toda a região. Essa limitação pode afetar a precisão da identificação dos eventos extremos e, consequentemente, sua possível associação com os óbitos por DPOC. Para estudos futuros, recomenda-se a utilização de dados reanalisados oriundos de modelos climáticos, como o ERA5, que oferecem maior cobertura espacial e permitem uma análise mais representativa das condições meteorológicas em diferentes áreas da RIDE-DF.

Além das ondas de calor, é importante considerar a possibilidade de associação entre a mortalidade por DPOC e as ondas de frio. Embora a análise estatística deste estudo não tenha indicado uma relação significativa com as temperaturas extremas, observou-se que o maior número de óbitos ocorreu durante o inverno. Esse padrão sazonal sugere que as baixas temperaturas podem desempenhar um papel relevante, especialmente considerando que estudos em outros países já identificaram vínculos entre a exposição ao frio intenso e o agravamento de doenças respiratórias, incluindo a DPOC. Assim, torna-se necessário aprofundar as investigações para avaliar se há, de fato, uma relação significativa entre os períodos mais frios e o aumento da mortalidade por DPOC na RIDE-DF.

Por fim, embora os resultados estatísticos não tenham demonstrado associação significativa, é importante destacar que isso não exclui a existência de impactos, mas sim que não foi possível detectá-los com os dados e métodos utilizados. Estudos com recortes mais específicos (por subgrupos etários, sexo, comorbidades), análises com outros modelos

estatísticos (como regressão de Poisson ou modelos distribuídos de defasagem) ou com maior série de eventos extremos, podem trazer mais evidências sobre esse tipo de relação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, G. B.; BELL, M. L. **Heat waves in the United States: mortality risk during heat waves and effect modification by heat wave characteristics in 43 U.S. communities.** *Environmental Health Perspectives*, v. 119, n. 2, p. 210–218, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1289/ehp.1002313>.

ARAGÃO, C. F. S. et al. **Influência da umidade relativa do ar sobre as internações por doenças respiratórias em uma cidade do Centro-Oeste do Brasil.** *Revista Brasileira de Saúde Ambiental*, v. 25, n. 1, p. 28-35, 2020.

AUCHINCLOSS, Amy H. et al. **A review of spatial methods in epidemiology, 2000–2010.** *Annual Review of Public Health*, v. 33, p. 107–122, 2012. DOI: 10.1146/annurev-publhealth-031811-124655.

BARATA, R. B. **Geografia, saúde e doença.** *Cadernos de Saúde Pública*, v. 13, n. 4, p. 585–593, out./dez. 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X1997000400002>.

BARRETO, M. L. et al. **Saúde no Brasil 3: sucessos e fracassos no controle de doenças infecciosas no Brasil: o contexto social e ambiental, políticas, intervenções e necessidades de pesquisa.** *The Lancet*, Brasília, p. 47–60, 9 maio 2011. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60202-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60202-X).

BARROS, A. J. D. et al. **Desigualdades socioeconômicas na prevalência de doenças crônicas não transmissíveis no Brasil: análise da PNAD 2008.** *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 20, n. supl. 1, p. 1025, 2017.

BASU, R. **High ambient temperature and mortality: a review of epidemiologic studies from 2001 to 2008.** *Environmental Health*, v. 8, art. 40, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1186/1476-069X-8-40>.

BORGES PKO, MARTINS CM, STOCCO C, ZUBER JFS, BORGES WS, MULLER EV, SILVA MZ, CORADASSI CE, JUNGLES MK, WALDMAN EA. **Impact of COVID-19 on**

notifiable diseases: a time series study. *Rev Esc Enferm USP.* 2024;58:e20240098. <https://doi.org/10.1590/1980-220X-REEUSP-2024-0098en>

BRAGA, A. L.; ZANOBETTI, A.; SCHWARTZ, J. **The effect of weather on respiratory and cardiovascular deaths in 12 U.S. cities.** *Environmental Health Perspectives*, v. 110, n. 9, p. 859-863, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1289/ehp.02110859>.

BRAGA, A. L. F. et al. **Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de São Paulo.** *Revista de Saúde Pública*, v. 41, n. 4, p. 542–549, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102007000400009>

BRASIL. Instituto de Pesquisa e Estatística do Distrito Federal – IPE-DF. **Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno: diagnóstico socioeconômico e territorial.** Brasília: IPE-DF, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA. **Eventos extremos de abril de 2024 no Brasil.** *Informativo Meteorológico*, n. 17/2022, 6 p. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/notasTecnicas#>. Acesso em: 18 dez. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **VIGITEL Brasil 2021: Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico.** Brasília: MS, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/vigitel/vigitel-brasil-2021-estimativas-sobre-frequencia-e-distribuicao-sociodemografica-de-fatores-de-risco-e-protecao-para-doencas-cronicas/%40%40download/file/vigitel-brasil-2021.pdf>.

Acesso em: 05 jun. 2025.

BREILH, J. **Epidemiologia crítica: ciência emancipadora e interculturalidade.** Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003.

CAMPOS, H. S.; LEMOS, A. C. M. **A asma e a DPOC na visão do pneumologista.** *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 35, p. 301-309, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-37132009000400003>.

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Monitoramento da seca e impactos em 2022.** São José dos Campos: CEMADEN, 2022. Disponível em: <https://www.cemaden.gov.br>.

CHEN, R. et al. **Association between ambient temperature and mortality risk and burden: time series study in 272 main Chinese cities.** *BMJ*, v. 363, k4306, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmj.k4306>.

COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL – CODEPLAN. **Evolução do IDH do DF e dos municípios da AMB comparativamente às demais Unidades.** Brasília: CODEPLAN, mar. 2018. Disponível em: <https://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/03/Evolu%C3%A7%C3%A3o-do-IDH-do-DF-e-dos-Munic%C3%ADpios-da-AMB-Comparativamente-%C3%A0s-demas-Unidades.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2025.

COPD FOUNDATION. **What is COPD?** Disponível em: <https://www.copdfoundation.org/What-is-COPD/Understanding-COPD/What-is-COPD.aspx>.

COSTA, M. A. **Território e vulnerabilidade: reflexões para a análise da determinação social da saúde.** *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 24, n. 6, p. 2145–2154, 2019.

COURTENAY, W. H. **Constructions of masculinity and their influence on men's well-being: a theory of gender and health.** *Social Science & Medicine*, v. 50, n. 10, p. 1385–1401, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(99\)00390-1](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(99)00390-1).

DECRETO Nº 9.204, de 23 de novembro de 2017. **Redefine a composição da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno – RIDE.** *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 24 nov. 2017.

DURMAZ, D. et al. **The factors influencing relapse in patients presenting to the emergency department with COPD exacerbation.** *Turkish Journal of Emergency Medicine*, v. 15, n. 2, p. 59-63, 2015. <https://doi.org/10.5505/1304.7361.2014.37791>.

FIOCRUZ – Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde. **Doença pulmonar obstrutiva crônica.** Clima e Saúde: Observatório de Clima e Saúde. Disponível em: <https://climaesaude.iciet.fiocruz.br/doenca-pulmonar-obstrutiva-cronica>. Acesso em: 27 mai. 2025.

GARCIA, B. N. **Caracterização de ondas de calor no Brasil e seus impactos na saúde humana nas últimas décadas.** 2021. Dissertação (Graduação em Meteorologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

GASPARRINI, A. et al. **Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study.** *The Lancet*, v. 386, n. 9991, p. 369–375, 2015.

GEIRINHAS, J. et al. **Climatic and synoptic characterization of heat waves in Brazil.** *International Journal of Climatology*, v. 38, n. 4, p. 1760-1776, 2017.

GERSHON,A. S; DOLMAGE,T; STEPHENSON,A; JACKSON,B. (2012). **Chronic obstructive pulmonary disease and socioeconomic status: a systematic review.** *Journal COPD*, 9(3), 216-26. <https://doi.org/10.3109/15412555.2011.648030>

GRIGSBY,M. et al (2016). **Socioeconomic status and COPD among low-and middle-income countries.** *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 11, 2497-507. <https://doi.org/10.2147/COPD.S11114>

GBD 2019 DISEASES AND INJURIES COLLABORATORS. **Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019.** *The Lancet*, v. 396, p. 1204–1222, 2020. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30925-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30925-9).

GOUVEIA,N.;FREITAS,C. U. **Respiratory diseases in children and outdoor air pollution in São Paulo, Brazil: a time series analysis.** *Occupational and Environmental Medicine*, v. 57, n. 7, p. 477–483, 2000. <https://doi.org/10.1136/oem.57.7.477>.

GUO, Y. et al. **Heat wave and mortality: A multicountry, multicomunity study.** *Environmental Health Perspectives*, v. 125, n. 8, 087006, 2017.

HAINES, A. et al. **Climate change and human health: impacts, vulnerability, and public health.** *Public Health*, v. 120, n. 7, p. 585–596, 2006.

HAJAT, S.; KOVATS, R. S.; HANAUER, R. **Heat stress and public health: a critical review.** *Annual Review of Public Health*, v. 29, p. 41–55, 2008. <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090843>.

HEUSI, M. **Marcos internacionais e protocolos de ações para o enfrentamento de impactos à saúde de ondas de calor em Portugal, França e Brasil.** 2022. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de Brasília, Brasília.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Relatório de monitoramento climático – Setembro de 2019.** Brasília: INMET, 2019. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Indicadores da educação e renda no Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Tabela 6579 - População residente, por sexo, segundo os municípios.** Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Brasília, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579>. Acesso em: 01 jun. 2025.

INSTITUTO GERAL DE PESQUISA. **Doença pulmonar obstrutiva crônica**. Observatório Clima e Saúde – Fiocruz, 2025. Disponível em: <https://climaesaude.iciet.fiocruz.br/doenca-pulmonar-obstrutiva-cronica>. Acesso em: 17 abr. 2025.

IPCC. **Climate change 2021: the physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>. Acesso em: 5 jan. 2025.

IPCC. **Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/9781009325844>. Acesso em: 5 jan. 2025.

LEI COMPLEMENTAR nº 94, de 19 de fevereiro de 1998. **Institui a Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno – RIDE**. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 20 fev. 1998.

LIBONATI, R. et al. **Drought-heatwave nexus in Brazil and related impacts on health and fires: A comprehensive review**. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 1517, n. 1, p. 44–62, 2022.

MARENGO, J. A. ET AL. **Changes in climate and land use over the Amazon region: current and future variability and trends**. *Frontiers in Earth Science*, 6, 228. 2018 <https://doi.org/10.3389/feart.2018.00228>

MARTINS, F. B., ALVES, L. M., & MARENGO, J. A. (2020). **Variabilidade climática e impactos ambientais no bioma Cerrado**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 35(2), 281-295.

MARINHO, M. F. et al. **Maior mortalidade durante a pandemia de COVID-19 em áreas socialmente vulneráveis em Belo Horizonte: implicações para a priorização da vacinação**. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 24, e210025, 2021.

MCCORMACK, M. C. et al. **Respiratory effects of indoor heat and the interaction with air pollution in chronic obstructive pulmonary disease**. *Annals of the American Thoracic Society*, v. 14, n. 9, p. 1497–1504, 2017.

MEDRONHO, R. A. et al. **Epidemiologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2009.

MENDES, D. M. C.; COSTA, M. J. P.; ROCHA, A. **O impacto do clima e da poluição atmosférica na saúde pública: o caso da Área Metropolitana do Porto**. *Physis Terrae –*

Revista de Saúde e Ambiente, v. 1, n. 2, p. 1–22, 2013. Disponível em: <https://revistas.uminho.pt/index.php/physisterrae/article/view/325/2319>. Acesso em: 17 mai. 2025.

MONKEN, M.; BARBOSA, P. R. **Território, integralidade e cuidado: contribuições para a construção da vigilância em saúde**. In: MONKEN, M.; BARBOSA, P. R. (org.). *Vigilância em saúde, território e gestão do SUS*. Rio de Janeiro: EPSJV, 2015. p. 19–38.

MONTEIRO, A. et al. **Assessing and monitoring urban resilience using COPD in Porto**. *Science of The Total Environment*, v. 414, p. 113-119, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.11.009>.

NAIRN, J. R.; FAWCETT, R. J. B. **The excess heat factor: a metric for heatwave intensity and its use in classifying heatwave severity**. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 12, n. 1, p. 227-253, 2014.

NAIRN, J. R.; PERKINS, S. E. **The role of heatwaves in climate change projections: the case for increased investment in adaptation**. *Journal of Climate*, v. 26, n. 13, p. 4500-4517, 2013.

NOBRE, C.; MARENGO, J. **Mudanças Climáticas em Rede: Um Olhar Interdisciplinar. Contribuições do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas**. Bauru: Canal 6 Editora, 2017.

OMS – Organização Mundial da Saúde. **El Niño affects more than 60 million people**. Geneva: WHO, 2016. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/el-ni%C3%B1o-affects-more-than-60-million-people>. Acesso em: 20 dez. 2024.

OPAS – Organização Pan-Americana da Saúde. **Mudanças climáticas e saúde: um perfil do Brasil**. Brasília: OPAS/OMS, 2003. Disponível em: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/3709>. Acesso em: 17 jun. 2025.

PENA, P. G. L. **A determinação social da saúde e o território: contribuições da Geografia da Saúde**. *Saúde e Sociedade*, v. 21, n. 3, p. 77–89, 2012

PEREIRA, A. et al. **Educational level and adherence to COPD treatment: a Brazilian cohort study**. *Revista Paulista de Saúde Pública*, v. 12, n. 3, p. 145–153, 2020.

PESSÔA, C. L. C.; PESSÔA, R. S. **Epidemiologia da DPOC no presente – aspectos nacionais e internacionais**. *Pulmão*, v. 1, p. 7–12, 2009. Disponível em:

http://www.sopterj.com.br/wp-content/themes/sopterj_redesign_2017/revista/atualizacao_tematica/01.pdf.

RIBAS, I. et al. **Efeitos da temperatura do ar no risco de morte por DPOC nas principais microrregiões do Brasil: um estudo de séries temporais.** *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 49, n. 5, e20220442, 2023.

SANTANA, V. M., OLIVEIRA, M. A., & MELO, M. L. (2019). **Ilha de calor urbana no Distrito Federal, Brasil: análise espacial e temporal.** *Revista Brasileira de Meteorologia*, 34(1), 91-102.

SATHLER, D.; PAIVA, J. C.; BAPTISTA, S. **Cidades e mudanças climáticas: planejamento urbano e governança ambiental nas sedes das principais regiões metropolitanas e regiões integradas de desenvolvimento.** *Caderno de Geografia*, v. 29, n. 56, p. 262-262, 2019

SEO, J-H.; LEE, J-Y. **Novel nomogram based on risk factors of chronic obstructive pulmonary disease (COPD) using a naïve Bayesian classifier model.** *Journal of the Korean Statistical Society*, v. 48, n. 2, p. 278–286, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jkss.2018.11.006>.

SILVEIRA, R. B. et al. **A DPOC na Área Metropolitana do Porto e o efeito das ondas de calor e de frio na enfermidade.** *Physis Terrae - Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente*, v. 1, n. 1, p. 31–56, 2019. <https://doi.org/10.21814/physisterrae.325>.

SOUZA, C.; PARANHOS, A.; GUARALDO, E. **Estudo bibliométrico sobre ilhas de calor urbanas e zonas climáticas locais.** *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 26, p. 51–69, 2020.

STEFANON, M.; D’ANDREA, F.; DROBINSKI, P. **Heatwave classification over Europe and the Mediterranean region.** *Environmental Research Letters*, v. 7, n. 1, 014023, 2012. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/1/014023>.

STEINKE, V. A.; MARTINS PALHARES DE MELO, L. A.; LUIZ MELO, M.; RODRIGUES DA FRANCA, R.; LUNA LUCENA, R.; TORRES STEINKE, E. **Trend Analysis of Air Temperature in the Federal District of Brazil: 1980–2010.** *Climate*, v. 8, n. 8, p. 89, 2020. DOI: [10.3390/cli8080089](https://doi.org/10.3390/cli8080089).

VIEGI, G. et al. **Definition, epidemiology and natural history of COPD.** *European Respiratory Journal*, v. 30, n. 5, p. 993–1013, 2007. DOI: 10.1183/09031936.00035407.

WHO – World Health Organization. **Global Report on Chronic Respiratory Diseases.** Geneva: WHO, 2021.

WHO – World Health Organization. **World Health Statistics**. WHO Library, France, 2008.
Disponível em: https://www.who.int/whosis/whostat/EN_WHS08_Full.pdf?ua=1.

WHO – World Health Organization. **Global tuberculosis report 2018**. Geneva: WHO, 2018.
Disponível em: https://www.who.int/tb/publications/global_report/en/.

WU, M. et al. **Lockdown effects of the COVID-19 on the spatio-temporal distribution of air pollution in Beijing, China**. *Ecological Indicators*, v. 146, e109862, 2023.