

Thaís Silva Peleteiro

PROCESSOS INTERATIVOS
DOS ÓRGÃOS E SISTEMAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO • ICS • UFBA



**DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA EM
SALVADOR-BA: PERFIL EPIDEMIOLÓGICO DAS
INTERAÇÕES, CONDIÇÕES SOCIOECONÔMICAS
DOS PACIENTES E POLUENTES ATMOSFÉRICOS**

**Salvador
2021**

THAÍS SILVA PELETEIRO

**DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA EM SALVADOR-BA:
PERFIL EPIDEMIOLÓGICO DAS INTERNAÇÕES, CONDIÇÕES
SOCIOECONÔMICAS DOS PACIENTES E POLUENTES
ATMOSFÉRICOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, do Instituto de Ciências da Saúde, da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas.

Orientador: Prof. Dr. Adelmir Souza-Machado

Coorientadora: Profa. Dra. Angela Machado Rocha

Salvador, BA
2021

Ficha catalográfica: Keite Birne de Lira CRB-5/1953

Peleteiro, Thaís Silva

Doença pulmonar obstrutiva crônica em Salvador – Ba: perfil epidemiológico das internações, condições socioeconômicas dos pacientes e poluentes atmosféricos./ [Manuscrito]. Thaís Silva Peleteiro. Salvador, 2021.

81f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Adelmir Souza-Machado.

Coorientadora: Profa. Dra. Angela Machado Rocha.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Bahia. Instituto de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, Salvador, 2021.

1. DPOC. 2. Poluentes Atmosféricos. 3. Georreferenciamento.
4. Estabelecimentos de Saúde. I. Souza-Machado, Adelmir. II. Rocha, Angela Machado. III. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Ciência da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas. IV. Título

CDD – 616.24 21. ed.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
Instituto de Ciências da Saúde



TERMO DE APROVAÇÃO DA DEFESA PÚBLICA DE TESE

THAÍS SILVA PELETEIRO

**DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA EM SALVADOR-
BAHIA: PERFIL EPIDEMIOLÓGICO DAS INTERNAÇÕES, CONDIÇÕES
SOCIOECONÔMICAS DOS PACIENTES E POLUENTES ATMOSFÉRICOS**

Salvador, Bahia, 30 de março de 2021.

COMISSÃO EXAMINADORA:

DocuSigned by:

305851D7B13A4B0

PROF DR ADELMIR DE SOUZA MACHADO (Examinador Interno)

DocuSigned by:

278A5D18C7D9486

PROFA DRA ANGELA MACHADO ROCHA (Examinadora Interna)

DocuSigned by:

C024DDA08A9F4CE

PROFA DRA CARLA HILÁRIO DA CUNHA DALTRO (Examinadora Interna)

DocuSigned by:

A52DB2DCE813488

PROF DR JOSÉ ÂNGELO RIZZO (Examinador Externo)

DocuSigned by:

879A74B5288E465

PROF DR RAFAEL STELMACH (Examinador Externo)

“A percepção do desconhecido é a mais fascinante das experiências. O homem que não tem os olhos abertos para o misterioso passará pela vida sem ver nada.”

(Albert Einstein)

AGRADECIMENTOS

O curso de doutorado e a execução desta Tese foram, para mim, um enorme desafio, uma longa, porém, maravilhosa jornada na qual precisei do apoio de pessoas fundamentais para que esta trajetória tivesse êxito. Seguem meus agradecimentos:

A Deus por ter me proporcionado força, persistência, familiares, amigos e saúde para que eu pudesse desenvolver as minhas atividades superando todas as dificuldades existentes;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Adelmir Souza-Machado, pelas orientações, confiança, aprendizagem e oportunidade de trabalhar ao seu lado durante todos esses anos;

À minha coorientadora, Prof.^a Dr.^a Angela Machado Rocha, pela receptividade, acolhida, confiança e orientações;

À empresa CETREL S.A – Eduardo dos Santos Fontoura, Bruno Cardoso Alves e Tiago de Azevedo Ferreira – por terem cedido os dados dos poluentes e variáveis ambientais, que foram imprescindíveis para o desenvolvimento deste trabalho;

A Adriana Cardim por disponibilizar o seu tempo para transmitir seus conhecimentos sobre como realizar a coleta de dados no DATASUS;

Aos profissionais da Estatística – Lívia Brito Oliveira, José Guilherme Santana e Beatriz Schindler – pelas enormes contribuições, apoio e compartilhamento de conhecimentos referentes às análises estatísticas;

A Vívian Alessandra pela grande contribuição com a realização das análises espaciais, orientações e compartilhamento de conhecimentos do ramo da Geografia;

Aos meus pais pelos bons exemplos de honestidade, por todo o apoio concedido, pelo incentivo aos estudos, orações constantes e torcida por um resultado satisfatório;

Aos meus avós pelo incentivo aos estudos, confiança em meu potencial, torcida pelo meu sucesso e orações constantes;

Aos amigos que demonstraram confiança em meu potencial e torceram pelo meu sucesso, ajudando-me com palavras de motivação e incentivo;

Aos colegas do PPgPIOS, da turma de 2017, pelos excelentes exemplos de pessoas companheiras, positivas e dedicadas;

Aos funcionários do Programa de Pós-graduação do PPgPIOS – Alisson, Carlos, Célia e Tarcísio – que sempre muito gentis tanto se empenham em ajudar na nossa experiência do doutorado;

À banca examinadora por dedicar seu tempo em ler e analisar o meu trabalho e contribuir com seu conhecimento por meio das suas importantes sugestões e correções.

PELETEIRO, T. S. **Doença pulmonar obstrutiva crônica em Salvador-BA:** perfil epidemiológico das internações, condições socioeconômicas dos pacientes e poluentes atmosféricos. 2021. 81f. Tese (Doutorado em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas), Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2021.

RESUMO

Introdução: a DPOC apresenta alta prevalência e morbidade com elevado custo social. Poluentes ambientais podem contribuir para exacerbação e internações por DPOC, ocasionando ônus a pacientes e ao sistema público de saúde. Importa identificar áreas de maior concentração de internações e possíveis fatores associados. **Objetivo:** descrever os perfis das internações hospitalares por DPOC, das concentrações de poluentes atmosféricos e parâmetros ambientais (estudo 1), além de caracterizar o padrão da distribuição espacial dos casos de internações, descrevendo características socioeconômicas e sociodemográficas da população e a presença de estabelecimentos de saúde (estudo 2), no período de 2014 a 2015, em Salvador-BA. **Métodos:** trata-se de estudo ecológico, desenvolvido mediante uso de duas estratégias metodológicas: no estudo 1, os dados das internações foram obtidos por meio do banco de dados do SUS e os valores das concentrações diárias de poluentes atmosféricos foram gerados por estações fixas de monitoramento da qualidade do ar; no estudo 2, realizou-se georreferenciamento das moradias dos internados, aplicou-se o índice de Moran e calculou-se a densidade espacial. Os dados das internações foram obtidos por meio do DATASUS, dispensando apreciação pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Saúde. Avaliaram-se características socioeconômicas e sociodemográficas, bem como se verificou o acesso a estabelecimentos de saúde locais. **Resultados:** identificaram-se 641 internações em indivíduos de 0 a 98 anos, sendo predominantes acima dos 65 anos (60%) e no sexo masculino (57%). As hospitalizações foram mais frequentes durante os mesmos períodos em que também foram verificadas as maiores concentrações dos poluentes SO₂, NO₂ e O₃. Encontrou-se correlação positiva moderada ($r=0,42$), porém estatisticamente não significativa ($p=0,18$), entre o número de internações e o NO₂. As concentrações dos poluentes atmosféricos MP₁₀ e SO₂ ultrapassaram, durante o período avaliado, os limites estabelecidos pela legislação nacional então vigente e pelas diretrizes da qualidade do ar estabelecidas pela OMS (estudo 1). O padrão de distribuição espacial dos casos de internações foi do tipo aleatório. Constatou-se a existência de três regiões de maior concentração das moradias dos internados, abrangendo quatro bairros. O número mais elevado de internações ocorreu entre indivíduos do sexo masculino e entre os moradores de Pernambués e Bonfim. A maior e a menor densidade populacional foram registradas nos bairros Pernambués e Bonfim, respectivamente. Em comparação a Pernambués, o bairro Caixa D'água apresentou maior renda média por domicílio, menor densidade populacional e maior proporção de alfabetizados (estudo 2). **Conclusão:** encontrou-se correlação positiva moderada, porém estatisticamente não significativa, entre o número de internações e o NO₂. Tais achados sugerem que a exposição a poluentes atmosféricos pode estar associada ao número de internações (estudo 1). Não houve relação de dependência entre as internações e as localizações de moradias dos internados. Condições socioeconômicas menos favorecidas podem estar associadas à DPOC. A insuficiência do atendimento básico à saúde pode levar ao agravamento dos casos de DPOC e, conseqüentemente, a um maior número de internações (estudo 2).

Descritores: DPOC. Poluentes Atmosféricos. Georreferenciamento. Estabelecimentos de Saúde.

PELETEIRO, T. S. *Chronic obstructive pulmonary disease in Salvador-BA: profile of admissions, socioeconomic conditions of patients and air pollutants*. 2021. 84ss. Thesis (Doctoral Degree in Interactive Processes of Organs and Systems) – Institute of Health Sciences, Federal University of Bahia, Salvador, 2021.

ABSTRACT

Introduction: COPD presents high prevalence and morbidity with high social cost. Environmental pollutants can contribute to exacerbation and admissions due to COPD, causing burdens to patients and to the public health system. It is important to identify areas of higher concentration of admissions and possible associated factors. **Objectives:** To describe the profiles of hospital admissions due to COPD, concentrations of air pollutants and environmental parameters (study 1), besides characterizing the pattern of spatial distribution of admissions, describing the socioeconomic and sociodemographic characteristics of the population and the presence of health establishments (study 2), from 2014 to 2015, in Salvador-BA. **Methods:** This is an ecological study, developed using two methodological strategies: in study 1, the admissions data were obtained through the SUS database and the values of the daily concentrations of air pollutants were generated by fixed air quality monitoring stations. In study 2, the georeferencing of the residences of the admitted patients was performed, the Moran index was applied and the spatial density was calculated. The data of the admissions were obtained through DATASUS, with no need for review by the Health Research Ethics Committee. Socioeconomic and sociodemographic characteristics were evaluated, as well as the access to local health facilities was verified. **Results:** A total of 641 admissions were identified in individuals from 0 to 98 years old, being predominant those over 65 years old (60%) and males (57%). Hospitalizations were more frequent during the same periods in which the highest concentrations of the pollutants SO₂, NO₂ and O₃ were also verified. A moderate positive correlation ($r=0.42$), but not statistically significant ($p=0.18$), was found between the number of admissions and NO₂. The concentrations of the air pollutants MP₁₀ and SO₂ exceeded, during the evaluated period, the limits established by the national legislation then in force and by the air quality guidelines established by the WHO (study 1). The spatial distribution pattern of admission cases was random. It was identified the existence of three regions of greater concentration of the residences of the admitted patients, covering four neighborhoods. The highest number of hospitalizations occurred among male individuals and among residents of Pernambués and Bonfim. The highest and the lowest population density were recorded in the neighborhoods of Pernambués and Bonfim, respectively. In comparison to Pernambués, the Caixa D'água neighborhood showed higher average income per household, lower population density and higher proportion of literate people (study 2). **Conclusion:** A moderate positive correlation, but not statistically significant, was found between the number of admissions and NO₂. These findings suggest that exposure to air pollutants may be associated with the number of admissions (study 1). There was no relationship of dependence between the admissions and the localization of the residences of the admitted patients. Less favorable socioeconomic conditions may be associated with COPD. Insufficient basic health care can lead to a worsening of COPD cases and, consequently, a higher number of admissions (study 2).

Keywords: COPD. Air Pollutants. Georeferencing. Health Establishments.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Principais poluentes atmosféricos primários e secundários: fontes e mecanismos de formação.	21
Quadro 2 - Padrões da Organização Mundial da Saúde para qualidade do ar.....	27
Quadro 3 - Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (Resolução CONAMA nº 03/90).	28
Quadro 4 - Padrões Nacionais da Qualidade do Ar (Resolução CONAMA nº 491 de 19 de novembro de 2018).....	29
Quadro 5 - Efeitos agudos e crônicos dos poluentes sobre o sistema respiratório.....	31
Figura 1 - Etapa inicial da coleta de dados das internações por DPOC por meio do DATASUS.	34
Figura 2 - Tela de compressão/expansão de arquivos dbc/dbf.	34
Figura 3 - Arquivo .dbf aberto e editado no Excel.	35
Figura 4 - Fluxograma das etapas de coleta e organização dos dados das concentrações dos poluentes atmosféricos.	36
Figura 5 - Estações de monitoramento do ar em Salvador, Bahia.....	37
Figura 6 - Fluxograma das etapas que compuseram os dois estudos.	39
Figura 1 – Artigo 1 - Total de internações mensais por DPOC durante o período 2014-2015, em Salvador-BA.	45
Figura 2 – Artigo 1 - Concentrações dos poluentes atmosféricos, em cada estação de monitoramento do ar, comparadas aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990, e OMS (2005). (A) Material particulado – concentrações diárias (B) Dióxido de enxofre (C) Material particulado – concentrações anuais.	47
Figura 1 – Artigo 2 - Número de internações provenientes de indivíduos moradores em cada um dos bairros que apresentaram ao menos uma internação.	58
Figura 2 - Artigo 2 - Concentrações das moradias dos indivíduos internados por DPOC em Salvador, Bahia, durante o período 2014-2015.	59
Figura 3 - Artigo 2 - Distribuição dos estabelecimentos de saúde durante o período 2014-2015.	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Artigo 1 - Medidas descritivas das internações, dos poluentes e das variáveis ambientais durante o período 2014-2015, em Salvador-BA.	44
Tabela 2 - Artigo 1 – Somatórios mensais das internações e dos poluentes atmosféricos e médias mensais das variáveis ambientais, durante o período 2014-2015, em Salvador-BA. ..	45
Tabela 3 - Artigo 1 - Correlações entre o número de internações e as demais variáveis do estudo. Salvador-BA (2014-2015).	46
Tabela 1 - Artigo 2 - Número de internações por DPOC, segundo os bairros de residência, durante o período 2014-2015.	60
Tabela 2 - Artigo 2 - Distribuição das idades dos indivíduos internados por DPOC, segundo os bairros de residência, durante o período 2014-2015.	60
Tabela 3 - Artigo 2 - Dados socioeconômicos e sociodemográficos dos bairros avaliados....	61
Tabela 4 - Artigo 2 - Médias das distâncias entre as moradias de cada indivíduo internado e os estabelecimentos de saúde mais próximos.	63

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AVC	Acidente Vascular Cerebral
BTEX	Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos
CEP	Código de Endereçamento Postal
CID	Classificação Internacional de Doenças
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CO	Monóxido de Carbono
DATASUS	Departamento de Informática do SUS
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
GOLD	<i>Global Initiative for Chronic and Obstructive Lung Disease</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICS	Instituto de Ciências da Saúde
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
LAT	Latitude
LONG	Longitude
MP	Material Particulado
NO _x	Óxidos de Nitrogênio
O ₃	Ozônio
OMS	Organização Mundial da Saúde
PB	Chumbo
PIB	Produto Interno Bruto
PM _{2,5}	Material Particulado com diâmetro aerodinâmico inferior a 2.5 micrômetros
PM ₁₀	Material Particulado com diâmetro aerodinâmico inferior a 10 micrômetros
ProAR	Programa para o Controle da Asma na Bahia
PTS	Partículas Totais em Suspensão
SO ₂	Dióxido de enxofre
SUS	Sistema Único de Saúde
TabWin	Tab para Windows
UFBA	Universidade Federal da Bahia
µg/m ³	Microgramas por metro cúbico
ppm	Partes por milhão
ppb	Partes por bilhão

%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
Km	Quilômetros

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA	15
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo geral	16
1.2.2	Objetivos específicos	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA (DPOC)	18
2.2	POLUENTES ATMOSFÉRICOS	20
2.2.1	Monóxido de carbono (CO)	22
2.2.2	Material particulado (MP)	22
2.2.3	Óxido de nitrogênio (NO _x) e Dióxido de nitrogênio (NO ₂)	23
2.2.4	Dióxido de enxofre (SO ₂)	24
2.2.5	Ozônio (O ₃)	25
2.3	PADRÕES DA QUALIDADE DO AR: INTERNACIONAL E NACIONAL	26
2.3.1	Padrões da OMS	26
2.3.2	Padrões nacionais	27
2.4	EFEITOS DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS SOBRE O SISTEMA RESPIRATÓRIO	29
2.5	ASSOCIAÇÃO ENTRE POLUENTES ATMOSFÉRICOS E DPOC	32
3	MATERIAL E MÉTODOS	33
4	RESULTADOS	40
4.1	ESTUDO 1 - A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA COMO POSSÍVEL FATOR DE INTERNAÇÃO PARA DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA: UM ESTUDO DESCRITIVO	40
4.1.1	Introdução	41
4.1.2	Material e Métodos	42
4.1.3	Resultados	44
4.1.4	Discussão	49
4.1.5	Conclusão	53
4.2	ESTUDO 2- MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO INTERNADA POR DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA EM SALVADOR-BA	54
4.2.1	Introdução	55
4.2.2	Material e Métodos	55
4.2.3	Resultados	57
4.2.4	Discussão	63
4.2.5	Conclusão	66
5	DISCUSSÃO	67
6	CONCLUSÃO	73
	REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO

As doenças respiratórias são um grave problema de saúde pública, resultando em altos custos financeiros decorrentes de hospitalizações e uso de medicamentos, com impacto direto na economia dos países (1). As doenças respiratórias crônicas acometem as vias aéreas e outras estruturas do pulmão, sendo as mais comuns: doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), asma, doenças pulmonares ocupacionais e hipertensão pulmonar (2).

A DPOC não é uma doença única, mas um termo genérico utilizado para descrever doenças pulmonares crônicas que causam limitações no fluxo de ar pulmonar. Os sintomas mais comuns da DPOC são falta de ar ou "necessidade de ar", produção excessiva de muco e tosse crônica (3). A DPOC apresenta elevada prevalência e morbidade, relacionada a crises frequentes, o que resulta na redução da qualidade de vida, necessidade de visitas às emergências, riscos de hospitalizações e óbitos (4)

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), anualmente, há mais de 3 milhões de casos de óbitos por DPOC, o que representa cerca de 6% de todas as mortes no mundo, e mais de 90% dos óbitos por DPOC ocorrem em países de baixa e média renda (3). Prevê-se que o total de mortes por DPOC aumente nos próximos 20 anos, tornando-a a terceira principal causa de morte no mundo, a menos que sejam tomadas medidas urgentes para reduzir os fatores de risco subjacentes, especialmente o uso de tabaco e a poluição do ar (5).

De acordo com dados estatísticos mais recentes, a DPOC foi responsável em 2019 por 108.361 internações no Brasil (387 em Salvador-BA), sendo a média nacional de permanência em hospitalização de 6,3 dias (16,6 dias em Salvador-BA) (6,7). Os gastos com internações por essa doença em 2019 atingiram R\$ 106.880.841,24 no Brasil (6) e R\$ 786.300,27 em Salvador (7), o que demonstra o elevado custo social em decorrência dessa enfermidade.

As principais causas prováveis para as doenças respiratórias, em geral, são fatores genéticos, tabagismo e poluição atmosférica. A poluição atmosférica tem sido associada ao aumento dos casos de doenças respiratórias, entre elas a DPOC, porém a natureza exata desse relacionamento não está clara (4,8-11). A poluição do ar é considerada atualmente pela OMS como uma das principais causas de morte no mundo, atingindo toda a população, sobretudo nas grandes cidades (12). Os grandes centros urbanos, que apresentam maior produto interno bruto (PIB) *per capita*, são reconhecidos por maior desempenho das atividades econômicas e, conseqüentemente, maiores emissões de gases e fontes de poluentes capazes de provocar alterações climáticas, ocasionando prejuízos à saúde (13).

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é o órgão responsável por fiscalizar as emissões de poluentes atmosféricos que, em determinadas concentrações, são prejudiciais à saúde. De acordo com a atual legislação brasileira, Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018, que estabelece os padrões de qualidade do ar, os poluentes de maior importância monitorados são representados pelo material particulado (MP₁₀ e MP_{2,5}), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂), ozônio (O₃), fumaça, monóxido de carbono (CO), partículas totais em suspensão (PTS) e chumbo (Pb₅) (14).

Diante do exposto, o presente estudo descreve, no período de 2014 a 2015, em Salvador-BA, as internações hospitalares por DPOC, de acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID-10) fornecida pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS), e as concentrações de poluentes atmosféricos, utilizando dados provenientes de estações fixas de monitoramento do ar. Além disso, busca caracterizar o padrão da distribuição espacial dos casos de internações por DPOC, descrevendo características socioeconômicas, sociodemográficas e a proximidade de estabelecimentos de saúde da população em estudo.

1.1 JUSTIFICATIVA

A DPOC é considerada um grave problema de saúde pública mundial, sendo responsável por ocasionar grandes números de internações, além de elevados custos sociais e econômicos. Estudos mostram que a exposição a poluentes ambientais e as baixas condições socioeconômicas são possíveis fatores associados à DPOC.

Acredita-se que não tenham sido realizados, até o momento, em Salvador-BA, estudos que descrevam as concentrações de poluentes atmosféricos e/ou a distribuição espacial dos casos de internações por DPOC, além de descrever características socioeconômicas, sociodemográficas e a proximidade de estabelecimentos de saúde da população em estudo da forma que é abordada neste trabalho, o que o torna pioneiro.

Além disso, no Brasil como um todo, geralmente, a fiscalização e o monitoramento quanto ao fiel cumprimento da legislação nacional sobre a emissão de poluentes e qualidade do ar são pouco rigorosos, o que também justifica a realização de estudos que possam avaliar possíveis associações entre essas emissões e as internações decorrentes da doença acima referida, servindo de alerta para que possa ser destinada maior atenção ao estabelecimento de medidas de controle.

1.2 OBJETIVOS

A seguir, apresentam-se os objetivos estabelecidos para dar cumprimento a este trabalho.

1.2.1 Objetivo geral

Descrever os perfis das internações hospitalares por DPOC, das concentrações de poluentes atmosféricos e parâmetros ambientais, além de caracterizar o padrão da distribuição espacial dos casos de internações, descrevendo características socioeconômicas e sociodemográficas da população e a presença de estabelecimentos de saúde, no período de 2014 a 2015, em Salvador-BA.

1.2.2 Objetivos específicos

- Descrever as internações por DPOC (J42 – J44.9), de acordo com a Classificação Internacional das Doenças (CID-10), registradas no banco de dados do DATASUS, no período de 01 de janeiro de 2014 a 31 de dezembro de 2015, em Salvador-BA;

- Avaliar as concentrações dos poluentes atmosféricos, monóxido de carbono (CO), material particulado (PM₁₀), ozônio (O₃), dióxido de enxofre (SO₂) e dióxido de nitrogênio (NO₂), e dos parâmetros ambientais (umidade e temperatura) da cidade estudada, durante o período já referido;

- Verificar associações entre concentrações de poluentes atmosféricos e números de internações por DPOC;

- Averiguar se os níveis das concentrações dos poluentes atendem aos padrões legais estabelecidos pelo CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990, e OMS (2005);

- Descrever o padrão da distribuição espacial e identificar os bairros que apresentaram maior concentração dos casos de internações por DPOC, em Salvador-BA, no período de 2014 a 2015;

- Relatar as características sociodemográficas dos indivíduos que se internaram por DPOC no período de 2014-2015 e que residiam nos bairros que apresentaram maior concentração de moradias dos internados pela doença;

- Apresentar as características socioeconômicas e sociodemográficas da população dos bairros que apresentaram maior concentração de moradias dos internados por DPOC;

- Identificar a distribuição dos estabelecimentos de saúde nos bairros de maior concentração de moradias dos internados durante o período em estudo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, abordaram-se, inicialmente, os principais focos deste trabalho: a DPOC, compreendendo os fatores que influenciam no seu desenvolvimento e progressão, a poluição atmosférica, incluindo os poluentes atmosféricos a serem estudados, e os padrões de qualidade do ar estabelecidos nacionalmente e pela OMS. Também foram apresentados os efeitos dos poluentes atmosféricos sobre o sistema respiratório e algumas associações entre poluentes atmosféricos e DPOC já descritas na literatura.

2.1 DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA (DPOC)

De acordo com os relatórios propostos pela *Global Initiative for Chronic Obstructive Chronic Disease* (GOLD), a DPOC pode ser definida como uma “doença comum, prevenível e tratável, caracterizada por sintomas respiratórios persistentes e limitação do fluxo aéreo que é devido a anormalidades das vias aéreas e/ou alveolares, comumente causadas por exposição significativa a partículas nocivas ou gases, e influenciada por fatores do hospedeiro incluindo o desenvolvimento pulmonar anormal” (4).

A DPOC consiste em uma das principais causas de morbimortalidade em todo o mundo, induzindo um ônus econômico e social substancial e crescente. Os dados de prevalência da DPOC variam amplamente devido a diferenças nos métodos de pesquisa, nos critérios diagnósticos e nos resultados analíticos (4). O cenário comum para a DPOC é caracterizado por paciente de meia idade (idade acima dos 40 anos) ou idoso, tabagista de longa data, apresentando tosse produtiva crônica, dispneia progressiva e evidência de obstrução mais fixa ao fluxo de ar, dano parenquimatoso e alteração da difusão pulmonar (4,15).

Os sintomas mais comuns dessa enfermidade incluem dispneia, tosse/ou produção de escarro, porém esses sintomas podem ser sub-relatados por alguns pacientes. A limitação ventilatória é, geralmente, progressiva e está associada a uma resposta inflamatória anômala dos pulmões à inalação de partículas ou gases nocivos (4). Em estágios mais avançados da doença, podem ser notados uma fase expiratória prolongada e sibilos expiratórios. Além disso, podem ocorrer sinais de hiperinsuflação pulmonar (expansão crônica e excessiva do pulmão), incluindo a presença de tórax “em tonel”, aumento dos volumes pulmonares e redução das excursões diafragmáticas. Os pacientes podem também desenvolver cianose periférica e baqueteamento digital (4,15).

A limitação crônica do fluxo aéreo, que é característica da DPOC, é causada pela junção de doenças das vias aéreas menores e destruição do parênquima pulmonar (enfisema), com intensidades variando de indivíduo para indivíduo. A bronquite crônica e o enfisema nem sempre ocorrem juntos e evoluem a taxas diferentes ao longo do tempo. A inflamação crônica causa alterações estruturais que resultam no estreitamento das pequenas vias aéreas e na destruição do parênquima pulmonar, levando à perda de ligações alveolares nas pequenas vias aéreas, diminuindo o recolhimento elástico do pulmão. Por sua vez, essas alterações reduzem a capacidade das vias aéreas de permanecerem abertas durante a expiração, reduzindo o fluxo aéreo (4).

Muitas definições de DPOC têm enfatizado os termos "enfisema" ou "bronquite crônica", como sinônimos da DPOC. Contudo, isso não está incluído na definição proposta pelos relatórios da GOLD. Enfisema ou destruição das superfícies de troca de gases do pulmão (alvéolos) é um termo patológico que é frequentemente (mas incorretamente) usado clinicamente e descreve apenas uma de várias anormalidades estruturais presentes em pacientes com DPOC. A bronquite crônica e a presença de tosse com produção de catarro por, no mínimo, três meses a cada dois anos consecutivos permanecem como um termo útil clinicamente e epidemiologicamente, porém estão presentes em apenas uma minoria de sujeitos quando essa definição é usada (4).

As mudanças patológicas características da DPOC são encontradas nas vias aéreas, no parênquima pulmonar e na vasculatura pulmonar (16), incluindo inflamação crônica, com o aumento do número de tipos específicos de células inflamatórias em diferentes partes do pulmão, e mudanças estruturais resultantes de lesões repetidas e reparo. No geral, as mudanças inflamatórias e estruturais nas vias aéreas aumentam com a gravidade da doença e persistem na cessação do tabagismo. A inflamação sistêmica pode estar presente e poderia desempenhar um papel nas várias condições de comorbidades encontradas em pacientes com DPOC (17).

A inflamação observada no trato respiratório de pacientes com DPOC parece ser uma modificação da resposta inflamatória normal do trato respiratório a partir da exposição a irritantes crônicos, tais como os poluentes e a fumaça do cigarro. Os mecanismos para essa inflamação amplificada ainda não são totalmente compreendidos, mas devem ser, ao menos em parte, determinados geneticamente. Embora alguns pacientes desenvolvam DPOC sem fumar, a natureza da resposta inflamatória nesses pacientes ainda é desconhecida. O *stress* oxidativo e um excesso de proteinases no pulmão são suscetíveis a modificar ainda mais a inflamação pulmonar. Juntos, esses mecanismos podem levar a mudanças patológicas

características da DPOC. A inflamação pulmonar persiste após cessação do tabagismo por meio de mecanismos não conhecidos, embora autoantígenos e modificações no microbioma pulmonar possam desempenhar um papel (18,19). Mecanismos similares devem ocorrer para doenças crônicas concomitantes.

Embora a tosse crônica e a produção de secreção frequentemente precedam o desenvolvimento da limitação do fluxo de ar, nem todos os indivíduos que apresentam esses sintomas desenvolvem a doença. Portanto, para completar o exame clínico e confirmar o diagnóstico de DPOC, o exame de espirometria é indispensável para comprovar a limitação do fluxo de ar, por uma relação pós-broncodilatador, entre o volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1) e a capacidade vital forçada (CVF) inferior a 0,70. Contudo, deve-se ressaltar que esses valores da relação VEF1/CVF nem sempre se aplicam à prática clínica, uma vez que podem induzir a erro diagnóstico, principalmente na população mais idosa e em pessoas com idade inferior a 45 anos (4,20).

O fator de risco para a DPOC mais bem estudado é o tabagismo, entretanto também podem contribuir para o surgimento da doença a exposição à poluição atmosférica em ambientes internos e externos, ambientes de trabalho com poeira e fumaça, além de fatores intrínsecos do indivíduo, como deficiência de alfa1 antitripsina, desenvolvimento anormal dos pulmões, história de infecções respiratórias de repetição na infância, história de tuberculose pulmonar, asma crônica, retardo do crescimento intrauterino, alimentação deficiente e baixo nível socioeconômico ou ainda o processo de envelhecimento (4,21).

2.2 POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Desde o século XIX, a poluição do ar tem se tornado um grave problema nos centros urbanos industrializados a partir do crescimento expansivo do número de automóveis e as indústrias como fontes poluidoras (22). Poluentes atmosféricos podem ser definidos como qualquer forma de matéria ou energia com intensidade, concentração, tempo ou características que possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde ou prejudicial à segurança da propriedade e à qualidade de vida da comunidade (23). A poluição atmosférica é constituída por vários componentes particulados e gasosos, podendo variar significativamente em suas composições químicas a depender das condições ambientais (24).

Os componentes gasosos e particulados são emitidos para a atmosfera, principalmente, por indústrias, veículos automotores, termoelétricas, queima de biomassa e de combustíveis

fósseis. Os poluentes podem ser classificados em primários e secundários. Os poluentes primários são aqueles emitidos diretamente para a atmosfera e os secundários são resultantes de reações químicas entre os poluentes primários (21).

O Quadro 1 apresenta os principais poluentes atmosféricos primários e secundários, bem como suas fontes e mecanismos de formação.

Quadro 1 - Principais poluentes atmosféricos primários e secundários: fontes e mecanismos de formação

Poluentes	Abreviações	Fontes e mecanismos de formação
<i>Poluentes primários</i>		
Óxido de enxofre/Dióxido de enxofre	SO _x /SO ₂	Emitido pela queima de carvão e petróleo.
Óxido de nitrogênio/Dióxido de nitrogênio	NO _x /NO ₂	Emitido na combustão de alta temperatura.
Monóxido de carbono	CO	Um produto da combustão incompleta de combustíveis, como gás natural, o carvão ou a madeira. O escape veicular é uma fonte importante de CO.
Dióxido de carbono	CO ₂	Gases de efeito estufa emitidos na combustão.
Compostos orgânicos voláteis	COVs	A partir de vapores de combustível de hidrocarbonetos e solventes.
Material particulado	MP	Produzido por processos de erosão ou de combustão. PM10 é a fração de partículas em suspensão menor que 10 µm de diâmetro e entrará na cavidade nasal. PM2.5 tem um tamanho máximo de partícula de 2,5 µm e vai penetrar nos brônquios e pulmões.
Amônia	NH ₃	Emitida a partir de processos agrícolas.
Chumbo	Pb	Ocorrência natural, produzido por fundições, contido em tintas antigas e encanamento.
Poluentes orgânicos persistentes	POPs	Produzido por meio de processos industriais ou dos seus subprodutos.
<i>Poluentes secundários</i>		
Material particulado	MP	Formado a partir de poluentes primários e gasosos, como NO ₂ .
Ozônio	O ₃	Formado na presença de luz solar a partir da reação química induzida pela oxidação fotoquímica dos NO _x e COVs.

Fonte: traduzido de Künzli, Perez, Rapp (28).

2.2.1 Monóxido de carbono (CO)

O CO é um gás incolor, inodoro, venenoso, sendo produto de combustões incompletas em veículos automotores, sistemas de aquecimento, usinas termelétricas a carvão e queima de biomassa. Contudo, as fontes de maior emissão de CO na atmosfera são as queimadas e a combustão dos veículos leves (25). Sendo assim, o setor que mais contribui para as emissões desse poluente são as áreas urbanas com tráfego intenso (21).

O CO é extremamente tóxico apresentando afinidade pela hemoglobina em razão de 240 vezes maior do que a do oxigênio. Desse modo, pode ocasionar no ser humano diminuição da capacidade do sangue em transportar o oxigênio, bem como causar hipóxia tecidual, visto que uma pequena quantidade de CO pode saturar uma grande quantidade de moléculas de hemoglobina pela formação da carboxihemoglobina. Entre os tabagistas, a fumaça do cigarro é a maior fonte inalatória de CO e para os não fumantes o trânsito intenso é o maior responsável pela inalação desse poluente. Estudos revelaram que durante exercício físico por 30 minutos em vias de tráfegos pesados aumenta em até 10 vezes os níveis de carboxihemoglobina, o que equivale ao consumo de 10 cigarros (26).

2.2.2 Material particulado (MP)

O MP pode ter origem primária ou secundária e compreende uma mistura de partículas líquidas e sólidas em suspensão no ar, que variam em número, tamanho, formato, área de superfície e composição química, dependendo do local da sua produção e da fonte emissora. O MP consiste em um dos poluentes mais estudados, uma vez que dentre os seus componentes alguns se apresentam mais tóxicos que outros, o que exige esforços prioritários para o seu controle (8,21).

Os efeitos deletérios sobre a saúde humana dependem da sua composição química e do seu tamanho. O MP é formado por múltiplos constituintes químicos, incluindo um núcleo de carbono elementar ou orgânico, compostos inorgânicos, como sulfatos e nitratos, metais de transição sob a forma de óxidos, sais solúveis, compostos orgânicos, como hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, e material biológico, como pólen, bactérias, esporos e restos animais (21). O material particulado pode também se formar na atmosfera a partir de gases como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs), que são emitidos principalmente em atividades de combustão, transformando-se em partículas como resultado de reações químicas no ar (21,27).

O tamanho das partículas do MP está relacionado ao tempo de residência na atmosfera e ao nível de penetração no sistema respiratório humano, de forma que quanto menor o tamanho, maiores os efeitos provocados. Classifica-se de acordo com o seu tamanho em Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (MP10), Partículas Inaláveis Finas (MP2,5), Partículas Inaláveis Ultrafinas (MP0,1) e Fumaça (FMC) (28).

As PTS podem ser definidas de maneira simplificada como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor ou igual a 50 μm . Uma parte dessas partículas é inalável e pode causar problemas à saúde, outra parte pode afetar desfavoravelmente a qualidade de vida da população, interferindo nas condições estéticas do ambiente e prejudicando as atividades normais da comunidade (29).

As partículas classificadas como PM_{2,5} apresentam tamanho menor ou igual a 2,5 micrômetros, o que permite que elas alcancem porções mais profundas do sistema respiratório, transponham barreiras epiteliais, atinjam o interstício pulmonar, sendo responsáveis pelo desencadeamento de processos inflamatórios. Assim sendo, o material particulado fino é capaz de ocasionar grandes danos à saúde humana, a exemplo de doenças respiratórias, como a DPOC, além de doenças cardiovasculares (21,24,25).

O MP₁₀ pode ser definido de maneira simplificada como partículas cujo diâmetro aerodinâmico é menor ou igual a 10 μm . Dependendo da distribuição de tamanho na faixa de 0 a 10 μm , podem ficar retidas na parte superior do sistema respiratório ou penetrar mais profundamente, alcançando os alvéolos pulmonares (29).

As partículas ultrafinas apresentam um diâmetro inferior a 0,1 micrômetro, sendo formadas por nucleação resultante de reações de condensação química que formam novas partículas. Tais partículas são de grande preocupação para a saúde humana, pois são facilmente inaladas e absorvidas pelas porções mais profundas das vias respiratórias, além de possuir propriedades que podem torná-las tóxicas (30).

A fumaça está associada ao material particulado suspenso na atmosfera proveniente dos processos de combustão. O método de determinação da fumaça é baseado na medida de refletância da luz que incide na poeira (coletada em um filtro), o que confere a esse parâmetro a característica de estar diretamente relacionado ao teor de fuligem na atmosfera (29).

2.2.3 Óxido de nitrogênio (NOx) e Dióxido de nitrogênio (NO₂)

Os óxidos de nitrogênio (NOx) são compostos poluentes gasosos comuns e tóxicos que afetam a saúde, especialmente em áreas urbanas. Os “NOx” representam duas espécies

moleculares: o dióxido de nitrogênio (NO₂) e o monóxido de nitrogênio (NO) (8,31). Esses compostos são provenientes de uma série de atividades antrópicas e naturais, como a queima de combustíveis fósseis, a combustão de biomassa, a utilização de fertilizantes, os processos industriais e até mesmo fenômenos naturais (31,32).

A formação dos NO_x é influenciada por diversos fatores, entre eles, destacam-se a temperatura de combustão, a velocidade de fluxo no local da combustão, a composição do combustível e a taxa de dosagem de combustível/ar (8,33).

O aumento da presença de compostos gasosos nitrogenados determina um estado de alerta não somente pela sua toxicidade, mas também por serem espécies precursoras fundamentais que estão intrinsecamente envolvidas na produção fotoquímica do ozônio troposférico, outro poluente tóxico e partículas finas (32). Além disso, o NO_x é também um dos principais terminadores das reações envolvendo radicais livres na atmosfera (8).

Ainda não foi demonstrado o perigo à saúde que pode ser ocasionado pelo monóxido de nitrogênio (NO) nas concentrações encontradas nas grandes cidades. Entretanto, sabe-se que o grande risco desse composto na atmosfera está associado, em dias de grande radiação, ao fato do mesmo ser rapidamente oxidado, formando dióxido de nitrogênio (NO₂), conforme a seguinte equação (8):



De acordo com a Organização Mundial da Saúde, o NO₂ é o mais tóxico dos dois gases, sendo um gás incolor, que apresenta odor característico e causa irritabilidade aos olhos, nariz e mucosas (27). Além desses problemas de irritabilidade, o NO₂ também provoca uma série de graves doenças respiratórias, como enfisema pulmonar, bronquites, traqueítes e, em casos mais graves, câncer (8,27,34).

O NO₂ é um poluente relacionado ao tráfego e às emissões industriais, então as suas concentrações medidas tendem a ser mais elevadas nas áreas urbanas do que nas áreas rurais (35,36) e geralmente mais altas no ar externo quando comparado ao ar interno, se não houver fontes internas específicas disponíveis (8,34,37,38).

2.2.4 Dióxido de enxofre (SO₂)

Consiste em um gás incolor, não inflamável à pressão e temperatura ambiente. Possui características altamente tóxicas, odor asfixiante em concentrações superiores a 3-5ppm.

Resulta da combustão de elementos fósseis, como carvão e petróleo, tendo como fontes principais os automóveis, indústrias e usinas termoeletricas. Devido à sua permanência prolongada no ar pode ser transportado e, dessa forma, produzir efeitos em regiões distantes das fontes emissoras (8).

O dióxido de enxofre possui uma alta reatividade com os outros poluentes da atmosfera (39). Além disso, o SO_2 é um dos principais precursores da chuva ácida e também pode ser considerado como um grande gerador de outras formas poluentes (40).

De acordo com Cançado et al. (41), o SO_2 agrava as doenças respiratórias preexistentes, ocasionando irritação no sistema respiratório. Quando em repouso, a maior parte do SO_2 inalado é absorvido pelas vias aéreas superiores, no entanto, durante a atividade física, em que ocorre um aumento da ventilação alveolar com consequente aumento da absorção pelas regiões pulmonares mais distais, há aumento do risco de danos ao tecido respiratório. A exposição em longo prazo a esse composto provoca aumento da tosse e expectoração, ocasionando alterações semelhantes à bronquite crônica. Além disso, o SO_2 atinge as mucosas e os alvéolos pulmonares, podendo até, em casos mais graves, provocar sangramentos. O SO_2 provoca, ainda, aumento da reatividade das vias aéreas, diminuição da função pulmonar e aumento das infecções respiratórias (42).

2.2.5 Ozônio (O_3)

A formação do ozônio ocorre por meio de reações químicas complexas entre compostos orgânicos voláteis (COVs) e óxidos de nitrogênio (NO_x) na presença de luz solar, portanto o ozônio não é emitido diretamente na atmosfera. Tanto a luz solar quanto a temperatura estimulam tais reações, de forma que em dias ensolarados e quentes ocorrem picos nas concentrações de ozônio. Veículos, indústrias químicas, lavanderias e atividades que usam solventes são fontes de emissões de COVs (8,43).

O ozônio está presente tanto na estratosfera quanto na troposfera. O ozônio estratosférico está concentrado na tropopausa (entre 8 e 15 km acima do solo), em uma região denominada “camada de ozônio”, e recebe o apelido de “ozônio bom”, pois a camada de ozônio desempenha um papel vital na absorção de raios ultravioleta (UV-B) que são nocivos para a vida na Terra. O contato direto com o ozônio no nível do solo pode causar danos às células vivas, órgãos e espécies, incluindo seres humanos, animais e plantas, por isso o ozônio no nível do solo é conhecido como “ozônio ruim” (43). O O_3 é o principal gás que compõe o

denominado “*smog* fotoquímico”, névoa de fumaça, que possui esse nome por ser capaz de provocar diminuição da visibilidade na atmosfera (22).

Pirani (44) afirma que a toxicidade do ozônio é determinada pela sua concentração e duração da exposição. Sintomas como irritação no nariz e garganta, perda de visão, dor de cabeça, dor no peito, tosse, garganta seca, aumento da pulsação e edema pulmonar podem ser verificados em caso de exposição. Além disso, pode tornar as pessoas mais suscetíveis a infecções respiratórias, além de agravar doenças preexistentes, como a asma, e causar danos irreversíveis à estrutura pulmonar (8,43).

2.3 PADRÕES DA QUALIDADE DO AR: INTERNACIONAL E NACIONAL

Padrões da qualidade do ar são um dos instrumentos de gestão da qualidade do ar, determinado como valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica (45).

2.3.1 Padrões da OMS

As primeiras diretrizes sobre qualidade do ar foram publicadas em 1987 pela Organização Mundial da Saúde (OMS), entidade que coordena as autoridades de saúde no âmbito do sistema das Nações Unidas (46). Houve muitos estudos e publicações na área, tendo como consequência a apresentação, no final do ano de 2006, do relatório *Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*, no qual consta uma avaliação detalhada das evidências científicas disponíveis sobre o assunto, além da sugestão de novos padrões de qualidade do ar a serem seguidos (26,27,46). Tais padrões estão apresentados no Quadro 2 (27).

Quadro 2 - Padrões da Organização Mundial da Saúde para qualidade do ar

Poluentes	Tempo de Amostragem	Padrão
MP _{2,5}	Média Anual	10 µg/m ³
	Média de 24 horas	25 µg/m ³
MP ₁₀	Média Anual	20 µg/m ³
	Média de 24 horas	50 µg/m ³
O ₃	Média de 8 horas	100 µg/m ³
NO ₂	Média Anual	40 µg/m ³
	Média de 1 hora	200 µg/m ³
SO ₂	Média de 24 horas	20 µg/m ³
	Média de 10 minutos	500 µg/m ³

Fonte: adaptado e traduzido de World Health Organization (27)

Entretanto, o documento apresentado pela OMS em 2006 também deixou claro que não existem níveis seguros de concentração de poluentes para a saúde humana. Nessa publicação, também fica evidente que os padrões de qualidade do ar variam de acordo com a abordagem adotada para balancear riscos à saúde, viabilidade técnica, considerações econômicas e vários outros fatores políticos e sociais, que, por sua vez, dependem, entre outras coisas, do nível de desenvolvimento e da capacidade do Estado de gerenciar a qualidade do ar. Suas diretrizes levam em conta heterogeneidade e, em particular, reconhecem que, ao formularem políticas de qualidade do ar, os governos devem considerar cuidadosamente suas circunstâncias locais antes de adotarem os valores propostos como padrões nacionais. O processo de estabelecimento de padrões busca atingir as menores concentrações possíveis no contexto de limitações locais, capacidade técnica e prioridades em termos de saúde pública (26,27,29,46).

2.3.2 Padrões nacionais

A primeira legislação mais efetiva de controle da poluição atmosférica no Brasil se deu por meio da Portaria Ministerial de nº 231, de 27 de abril de 1976, que visava estabelecer padrões nacionais de qualidade do ar para os poluentes: material particulado, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e oxidantes fotoquímicos. Porém, diante do aumento da frota automobilística nos anos 80, o governo federal propôs a criação do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) que estabeleceu um programa de controle de poluição veicular (26,47). Após isso, percebeu-se a necessidade de um programa nacional que contemplasse as fontes estacionárias de poluição atmosférica, visto que a maioria dos estados não dispunha de

padrões locais de emissão de fontes e, dessa forma, fixaram-se dispositivos de caráter normativo e estabeleceram-se ações de monitoramento atmosférico (48).

A partir da resolução do CONAMA de nº 3, de 28 de junho de 1990, estabeleceram-se os novos padrões nacionais de qualidade do ar em substituição aos fixados pela portaria nº 231/76, aumentando ainda o número de parâmetros regulamentados de quatro para sete (partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, monóxido de carbono e ozônio) (47). Justifica-se a escolha desses poluentes como indicadores da qualidade do ar devido à sua maior frequência de ocorrência, assim como os efeitos adversos causados ao meio ambiente.

Na resolução do CONAMA de nº 3, de 28 de junho de 1990, definiram-se dois tipos de padrões de qualidade do ar: os padrões primários representados por concentrações que, se ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população, podendo ser entendidas como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes; e os padrões secundários como sendo concentrações de poluentes abaixo dos quais se prevê o mínimo dano à flora e fauna, aos materiais e ao meio ambiente, podendo ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se como meta a ser alcançada em longo prazo (49). Os padrões apresentados por essa resolução estão identificados no Quadro 3.

Quadro 3 - Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (Resolução CONAMA nº 03/90)

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário µg/m ³	Padrão Secundário µg/m ³	Método de Medição
Partículas Totais em Suspensão	24 horas ¹	240	150	Amostrador de grandes volumes
	MGA ²	80	60	
Partículas Inaláveis	24 horas ¹	150	150	Separação inercial/filtração
	MAA ³	50	50	
Fumaça	24 horas ¹	150	100	Refletância
	MAA ³	60	40	
Dióxido de Enxofre	24 horas ¹	365	100	Pararosanilina
	MAA ³	80	40	
Dióxido de Nitrogênio	24 horas ¹	320	190	Quimioluminescência
	MAA ³	100	100	
Monóxido de Carbono	1 hora ¹	40.000	40.000	Infravermelho não dispersivo
		35 ppm	35 ppm	
	8 horas ¹	10.000	10.000	
		9 ppm	9 ppm	
Ozônio	1 hora ¹	169	160	Quimioluminescência

¹Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.

²Média geométrica anual

³Média Aritmética anual

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (23)

A Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018, é a que se encontra em vigor atualmente. Nessa Resolução, estabeleceram-se os Padrões intermediários (PI), que são padrões estabelecidos como valores temporários a serem cumpridos em etapas, e o Padrão final (PF), que são os valores-guia definidos pela OMS em 2005 (45). Os padrões apresentados por essa Resolução estão identificados no Quadro 4.

Quadro 4 - Padrões Nacionais da Qualidade do Ar (Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018)

PADRÕES DE QUALIDADE DO AR						
Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI-1	PI-2	PI-3	PF	
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	ppm
Material Particulado - MP ₁₀	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
Material Particulado - MP _{2,5}	24 horas	60	50	37	25	-
	Anual ¹	20	17	15	10	-
Dióxido de Enxofre - SO ₂	24 horas	125	50	30	20	-
	Anual ¹	40	30	20	-	-
Dióxido de Nitrogênio - NO ₂	1 hora ²	260	240	220	200	-
	Anual ¹	60	50	45	40	-
Ozônio - O ₃	8 horas ³	140	130	120	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
Monóxido de Carbono - CO	8 horas ³	-	-	-	-	9
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas	-	-	-	240	-
	Anual ⁴	-	-	-	80	-
Chumbo - Pb ⁵	Anual ¹	-	-	-	0,5	-

¹ - Média aritmética anual

² - Média horária

³ - Máxima média móvel obtida no dia

⁴ - Média geométrica anual

- média geométrica anual

- média geométrica anual

- média geométrica anual

⁵ - Medido nas partículas totais em suspensão

- medido nas partículas totais em suspensão

2.4 EFEITOS DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS SOBRE O SISTEMA RESPIRATÓRIO

Os efeitos dos poluentes atmosféricos sobre o sistema respiratório estão associados às suas concentrações (50,51) e composição química (toxicidade), bem como ao tempo de exposição (51). Tais fatores têm sido objeto de diversos estudos epidemiológicos e experimentais, que identificaram os principais poluentes atmosféricos e suas repercussões

sobre a saúde (41). É importante observar que a ação desses agentes não deve ser considerada de forma isolada, mas no conjunto da multiplicidade de seus efeitos, que quando em sinergia têm seu caráter nocivo aumentado (42). Além disso, sabe-se que mesmo quando os níveis de poluentes encontram-se inferiores aos limites permitidos pelos órgãos competentes, estes afetam negativamente a saúde da população (26).

Sugerem-se vários mecanismos capazes de explicar os efeitos adversos dos poluentes atmosféricos sobre o sistema respiratório. De acordo com Arbex, Santos, Martins (21), a explicação mais consistente e mais aceita é a de que elevadas concentrações de oxidantes e pró-oxidantes contidos nos poluentes ambientais, como o material particulado de vários tamanhos e composição, e nos gases, como o ozônio e óxidos de nitrogênio, em contato com o epitélio respiratório, provocam a formação de radicais livres de oxigênio e de nitrogênio que, por sua vez, induzem o estresse oxidativo nas vias aéreas (21). Ou seja, havendo aumento da presença de radicais livres, que não foram neutralizados pelas defesas antioxidantes, ocorrerá o início de uma resposta inflamatória com a liberação de células e mediadores inflamatórios (citocinas, quimiocinas e moléculas de adesão) que atingem a circulação sistêmica, ocasionando uma inflamação subclínica com repercussão que pode ser restrita ao sistema respiratório ou também ocasionar efeitos sistêmicos (27,28).

Os efeitos dos poluentes sobre a saúde podem ser agudos ou crônicos. Os efeitos agudos se manifestam após um curto espaço de tempo da exposição (podendo aparecer dentro de horas ou dias). Os efeitos crônicos são avaliados geralmente em estudos longitudinais com duração de anos ou décadas (21,26). O Quadro 5 resume os efeitos agudos e crônicos dos poluentes sobre o sistema respiratório.

Quadro 5 - Efeitos agudos e crônicos dos poluentes sobre o sistema respiratório

Efeitos da exposição aguda (horas e dias após a elevação da poluição)
<p>Aumento da mortalidade</p> <p>Exacerbação dos sintomas em indivíduos com DPOC e asma</p> <p>Aumento da mortalidade por doenças respiratórias</p> <p>Maior frequência de infecções respiratórias agudas</p> <p>Aumento do número de internações hospitalares por pneumonia</p> <p>Aumento da prevalência de sintomas e sinais de irritação nos olhos, narinas e garganta</p> <p>Aumento da prevalência de sintomas respiratórios agudos (sibilância, tosse e expectoração)</p> <p>Necessidade de aumentar a dose de uso de medicamentos</p> <p>Alterações agudas na função pulmonar</p> <p>Aumento do número de consultas médicas, de atendimentos de emergência e de internações</p> <p>Maior taxa de absenteísmo no trabalho e na escola</p>
Efeitos da exposição crônica (anos de exposição crônica)
<p>Aumento da mortalidade por doenças respiratórias</p> <p>Aumento da incidência e prevalência de asma e DPOC</p> <p>Aumento da incidência e mortalidade por câncer de pulmão</p> <p>Aumento da incidência e de mortalidade por pneumonia e influenza</p> <p>Alterações crônicas na função pulmonar</p> <p>Redução crônica do VEF1 e CVF</p> <p>Menor desenvolvimento pulmonar em crianças e jovens</p> <p>Aumento da prevalência de pessoas com VEF1 abaixo da normalidade</p> <p>Aumento na taxa de declínio do VEF1</p>
Outros efeitos
<p>Recém-nascidos com baixo peso</p> <p>Partos prematuros</p> <p>Alteração no desenvolvimento cognitivo das crianças</p>

Fonte: adaptado e traduzido de Künzli, Perez, Rapp (28)

Os grupos que apresentam maior suscetibilidade à exposição aos poluentes atmosféricos são as crianças, os idosos, os portadores de doenças crônicas preexistentes e que atingem, sobretudo, os sistemas respiratório (asma, DPOC e fibroses) e circulatório (arritmias, hipertensão e doenças isquêmicas do coração), as populações com baixas condições socioeconômicas, as gestantes e os grupos de suscetibilidade genética, como nos casos de polimorfismos em genes que codificam as enzimas ou substâncias antioxidantes presentes na camada fluida de revestimento do epitélio respiratório – glutathione S-transferase (GST), superóxido dismutase, catalase, tocoferol, ácido ascórbico e ácido úrico – capazes de conter o estresse oxidativo e que representam a primeira linha de defesa contra os efeitos adversos dos poluentes (21).

2.5 ASSOCIAÇÃO ENTRE POLUENTES ATMOSFÉRICOS E DPOC

Os estudos que buscam correlacionar poluição atmosférica com DPOC são escassos na literatura e ainda não estão muito bem esclarecidos maiores detalhes sobre essa possível correlação (11).

Há evidências de que a exacerbação aguda da DPOC esteja associada à poluição do ar, particularmente a partir da exposição ao PM_{2,5} (52). Demonstrou-se também que cada exposição adicional a 10 µg/m³ de PM_{2,5} esteve associada ao aumento da taxa dos sintomas de tosse e expectoração, além da redução da variação da taxa diurna de pico de fluxo expiratório em pacientes com DPOC (53). Além disso, a exposição prolongada a PM_{2,5} esteve associada à redução do volume expiratório forçado em um segundo e a capacidade vital forçada, acelerando o declínio da função pulmonar em adultos saudáveis em uma coorte populacional (54). No estudo de Liu et al. (55), a exposição a concentrações mais elevadas de materiais particulados esteve fortemente associada ao aumento da prevalência de DPOC e declínio da função respiratória.

Embora o tabagismo seja o fator mais relacionado à DPOC, uma proporção substancial de casos não pode ser explicada apenas pelo tabagismo (9,55). Visando identificar sintomas respiratórios e DPOC (relação entre volume expiratório forçado no primeiro segundo e capacidade vital forçada < 0,70 e abaixo do limite inferior da normalidade) em mulheres não fumantes, porém apresentando história de exposição à fumaça da combustão de lenha de ao menos 80 horas por ano, o grupo de Moreira et al. (56) verificou que mulheres com exposição prolongada à fumaça de lenha apresentaram DPOC em graus predominantemente leves a moderados. Em um trabalho desenvolvido por Eisner et al. (9), verificou-se que a poluição proveniente do tráfego de veículos, exposições ao fumo passivo e à queima de biomassa, além de fatores relacionados à fumaça ou até mesmo à dieta, estão associados à DPOC, porém os critérios suficientes para o estabelecimento da causa não foram atendidos (9).

Sendo assim, a possível existência de associação entre morbidade respiratória, incluindo a DPOC, e níveis de poluição atmosférica já foi detectada e comprovada em estudos realizados. Além disso, alguns trabalhos vêm mostrando que, mesmo em baixas concentrações, a poluição atmosférica está associada a grandes impactos na saúde (9,11,21,22,52-58).

3 MATERIAL E MÉTODOS

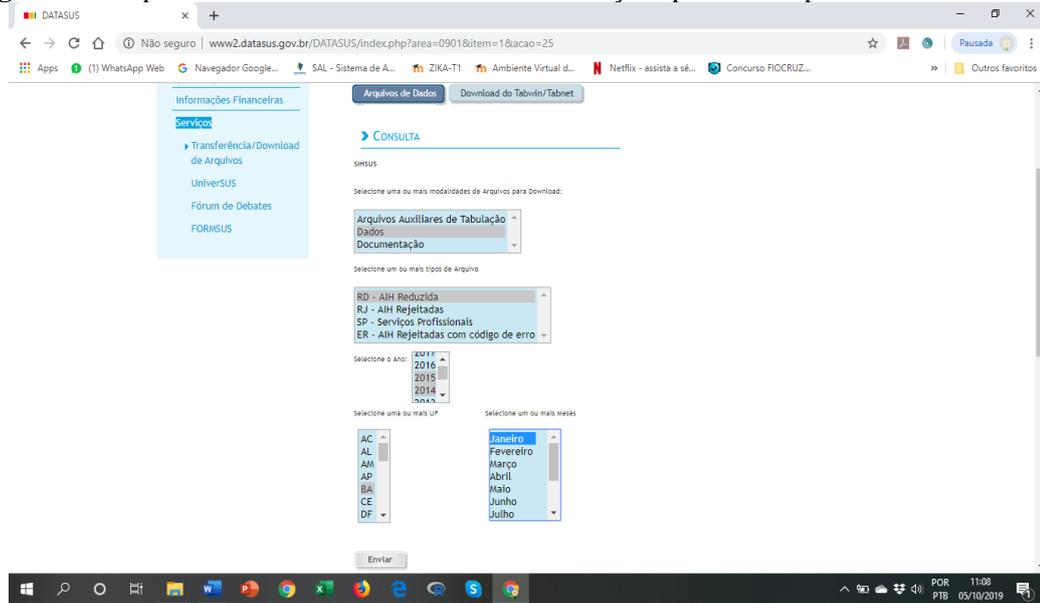
O presente trabalho consiste em um estudo ecológico cujos dados são referentes ao período de 2014 a 2015, na cidade de Salvador-BA.

Em um primeiro momento, o estudo descreve os perfis das internações hospitalares por DPOC, das concentrações dos poluentes atmosféricos, monóxido de carbono (CO), material particulado (PM₁₀), ozônio (O₃), dióxido de enxofre (SO₂) e dióxido de nitrogênio (NO₂), e dos parâmetros ambientais (umidade e temperatura). Também são verificadas associações entre concentrações de poluentes atmosféricos e números de internações por DPOC, além de ser verificado se os níveis das concentrações dos poluentes atendem aos padrões legais estabelecidos pelo CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990, e OMS (2005). Em um segundo momento, caracterizou-se o padrão da distribuição espacial dos casos de internações por DPOC, além de serem descritas características socioeconômicas, sociodemográficas e a proximidade de estabelecimentos de saúde da população em estudo.

Os materiais e métodos encontram-se descritos em cada um dos estudos que compuseram este trabalho, todavia é relevante acrescentar aqui, neste capítulo, algumas informações e detalhes sobre determinadas etapas das coletas dos dados dos dois estudos.

Para aquisição do número absoluto das internações por DPOC, fez-se consulta ao banco de dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS) por meio do endereço eletrônico <<http://datasus.saude.gov.br/>>. Os dados das internações foram coletados no referido *site* consultando os determinados itens na seguinte ordem: “Serviços > Transferência/Download de Arquivos > SIHSUS > Acesse o SIHSUS > Dados > RD - AIH REDUZIDA > selecione o Ano > selecione uma ou mais UF > selecione um ou mais Meses > Enviar”. A Figura 1 demonstra a tela da etapa inicial da coleta de dados por meio do DATASUS.

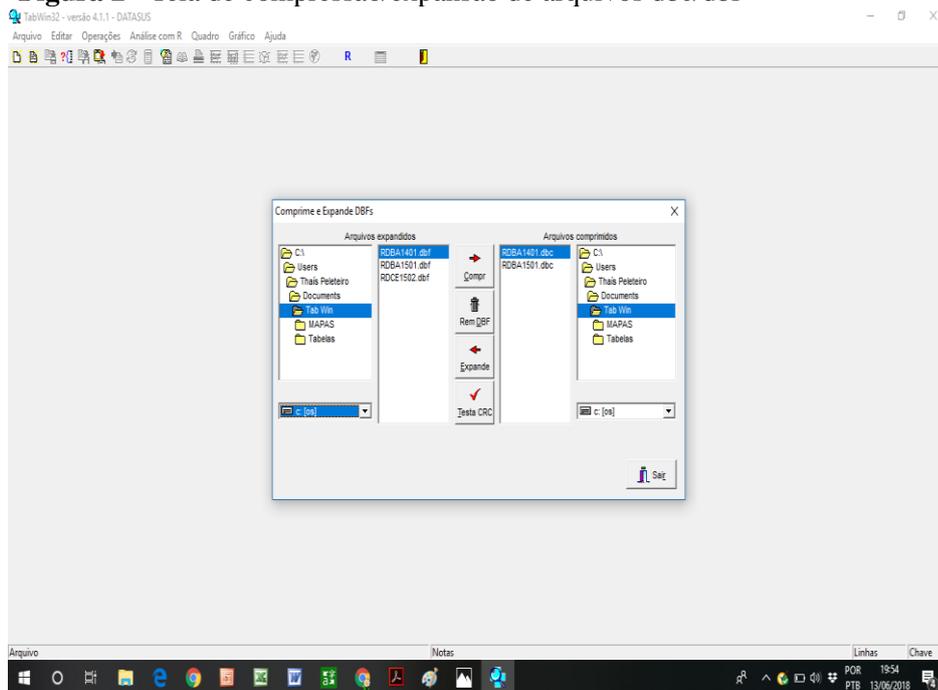
Figura 1 - Etapa inicial da coleta de dados das internações por DPOC por meio do DATASUS



Fonte: adaptação do Ministério da Saúde. DATASUS (6)

O DATASUS disponibiliza os dados diários referentes às internações com diagnósticos segundo a Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados com a Saúde (CID10) na forma compactada de arquivos (.dbc). Esse banco precisou ser expandido pelo programa TabWin, disponibilizado na página do Datasus, para o formato “.dbf” a fim de a planilha em “.dbf” pudesse ser aberta pelo Excel (Figura 2).

Figura 2 - Tela de compressão/expansão de arquivos dbc/dbf



Fonte: adaptação do Ministério da Saúde. DATASUS (6)

Como na planilha gerada (.dbf) muitas variáveis são acessadas, fez-se necessário limpar o banco de dados filtrando o município de Salvador e a doença de estudo selecionada por CID (Figura 3). Selecionaram-se os CIDs J41.0 a J44.9, referentes à DPOC, à bronquite crônica e ao enfisema por serem manifestações comuns da DPOC.

Também permaneceram no banco os dados necessários a este trabalho: data de início da internação; data de alta; os dias de permanência; sexo (1 para sexo masculino e 3 para sexo feminino); idade; raça/cor; e CEP do paciente.

Figura 3 - Arquivo .dbf aberto e editado no Excel

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following columns: A: DATA_ADM, B: MÊS_ADM, C: DATA_ALTA, D: DIAS_PERM, E: DIAG_PRINC, F: MUNIC_RES, G: IDADE, H: DATA_NASC, I: SEXO, J: CEP_PAC, K: CNES, L: CNPJ, M: VALOR_SERV, N: VALOR_PR. The data rows contain patient records with dates, months, admission dates, days of stay, diagnosis codes, municipality codes, ages, birth dates, genders, postal codes, CNES and CNPJ numbers, and service and price values.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	DATA_ADM	MÊS_ADM	DATA_ALTA	DIAS_PERM	DIAG_PRINC	MUNIC_RES	IDADE	DATA_NASC	SEXO	CEP_PAC	CNES	CNPJ	VALOR_SERV	VALOR_PR	
1	05/01/2014	Janeiro de 2014	19/01/2014	14	J440	292740	67	08/02/1946	1	41235180	2802104	15178551000117	599,19	60	
2	16/01/2014	Janeiro de 2014	20/01/2014	4	J441	292740	47	01/09/1966	1	40435030	0003875	13937131000141	531,52	25	
3	07/01/2014	Janeiro de 2014	21/01/2014	14	J441	292740	76	11/05/1937	3	41235426	3870197		4602,62	703	
4	16/01/2014	Janeiro de 2014	22/01/2014	6	J449	292740	71	29/11/1942	1	41130000	0004073	13937131000141	760,18	25	
5	21/01/2014	Janeiro de 2014	23/01/2014	2	J449	292740	76	26/08/1937	1	40230700	0004073	13937131000141	603,65	25	
6	15/01/2014	Janeiro de 2014	28/01/2014	13	J439	292740	51	02/10/1962	3	41510230	2802023	13937131000141	453,48	25	
7	17/01/2014	Janeiro de 2014	28/01/2014	11	J441	292740	51	26/02/1962	3	40470121	6595197	13937131000141	716,20	45	
8	17/01/2014	Janeiro de 2014	28/01/2014	11	J449	292740	62	20/04/1951	1	40435680	0004065	13937131000141	651,45	45	
9	03/01/2014	Janeiro de 2014	31/01/2014	28	J440	292740	84	14/05/1929	1	40375480	7160488	10462736000135	11959,24	1924	
10	07/01/2014	Janeiro de 2014	31/01/2014	24	J441	292740	65	05/08/1948	1	41100690	2802104	15178551000117	1190,21	95	
11	10/01/2014	Janeiro de 2014	31/01/2014	21	J410	292740	44	04/07/1969	3	40430160	2802104	15178551000117	872,68	83	
12	22/01/2014	Janeiro de 2014	31/01/2014	9	J441	292740	55	02/05/1958	1	40024082	2802104	15178551000117	541,99	37	
13	23/01/2014	Janeiro de 2014	31/01/2014	8	J440	292740	76	26/08/1937	1	40230700	3870197		3740,84	568	
14	01/02/2014	Fevereiro de 2014	01/02/2014	0	J440	292740	84	14/05/1929	1	40375480	7160488	10462736000135	453,48	25	
15	02/02/2014	Fevereiro de 2014	04/02/2014	2	J449	292740	8	15/07/2005	3	40420040	0004065	13937131000141	488,16	25	
16	03/02/2014	Fevereiro de 2014	06/02/2014	3	J440	292740	86	18/12/1927	1	40335010	6595197	13937131000141	651,84	25	
17	27/01/2014	Janeiro de 2014	09/02/2014	13	J439	292740	82	01/10/1931	1	40050000	0004251		1032,98	52	
18	08/02/2014	Fevereiro de 2014	09/02/2014	1	J440	292740	80	07/06/1933	3	41610830	6595197	13937131000141	534,48	25	

Fonte: adaptação do Ministério da Saúde. DATASUS (6).

Os valores das concentrações dos poluentes atmosféricos, especificados nos objetivos deste trabalho, bem como dos valores de temperatura e umidade relativa do ar, foram disponibilizados pela Central de Tratamento de Efluentes Líquidos (CETREL S/A). Os dados dos poluentes e variáveis ambientais foram utilizados apenas na primeira etapa do estudo.

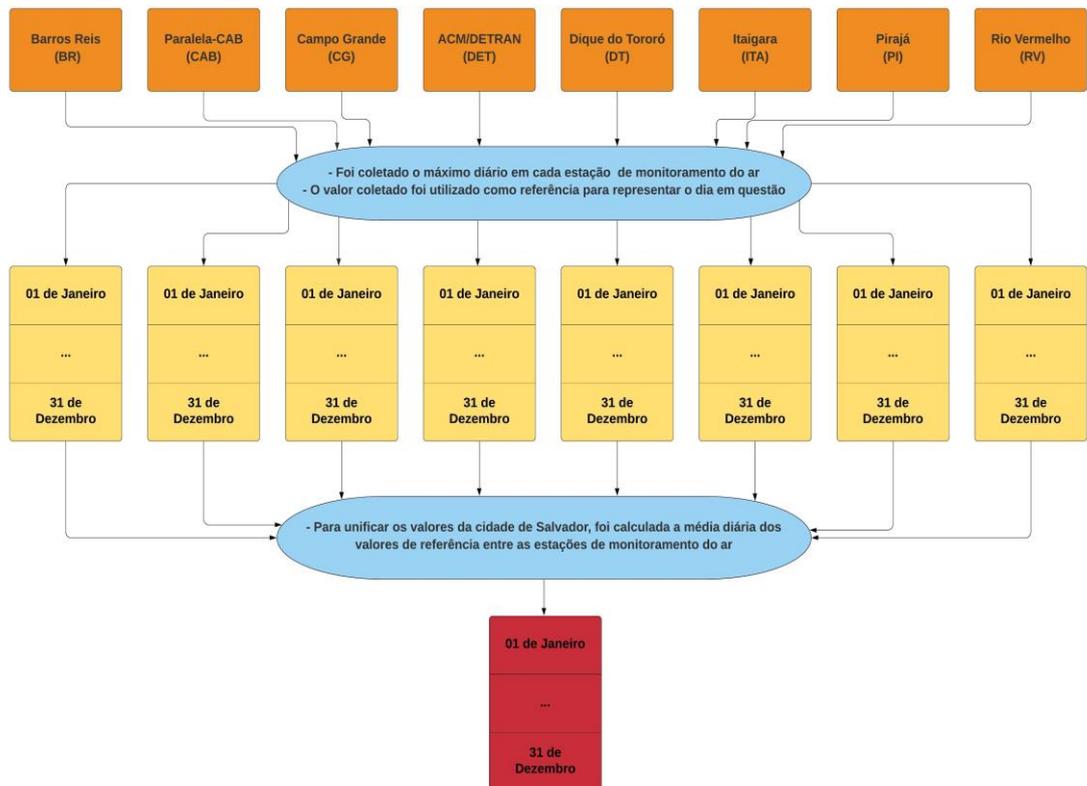
A CETREL é uma empresa de origem brasileira, localizada Polo Industrial do município de Camaçari-BA, que atua há mais de 40 anos, responsável pelo gerenciamento das emissões atmosféricas, recursos hídricos, efluentes, resíduos sólidos industriais. A empresa é certificada nas normas internacionais (ISO 9001; ISSO 14001; OHSAS 18001 e ISO 17025), além disso, seus laboratórios são acreditados pela Norma Brasileira ISO/IEC 17025 e presta

serviços de análise ambiental atendendo às legislações vigentes, a exemplo, CONAMA, NBRs e Portaria 2914 (59).

A partir de acordo de cooperação técnica realizado entre o Governo do Estado da Bahia, a CETREL e a Prefeitura de Salvador, instalaram-se oito estações de monitoramento do ar em determinados pontos da cidade de Salvador, que funcionaram no período de 2011 a 2016.

Calculou-se o valor médio de cada poluente e de cada variável ambiental, a partir dos seus valores máximos diários, em cada estação de monitoramento do ar (Figura 4). Após essa etapa, calcularam-se as médias dos valores máximos diários, com os respectivos desvios padrão, valores mínimos e máximos, mediana e intervalo interquartil, das concentrações dos poluentes, da temperatura, da umidade relativa do ar e das interações. Isso foi feito para cada ano separadamente, para o período inteiro do estudo. Os dados foram apresentados em tabelas e gráficos.

Figura 4 - Fluxograma das etapas de coleta e organização dos dados das concentrações dos poluentes atmosféricos

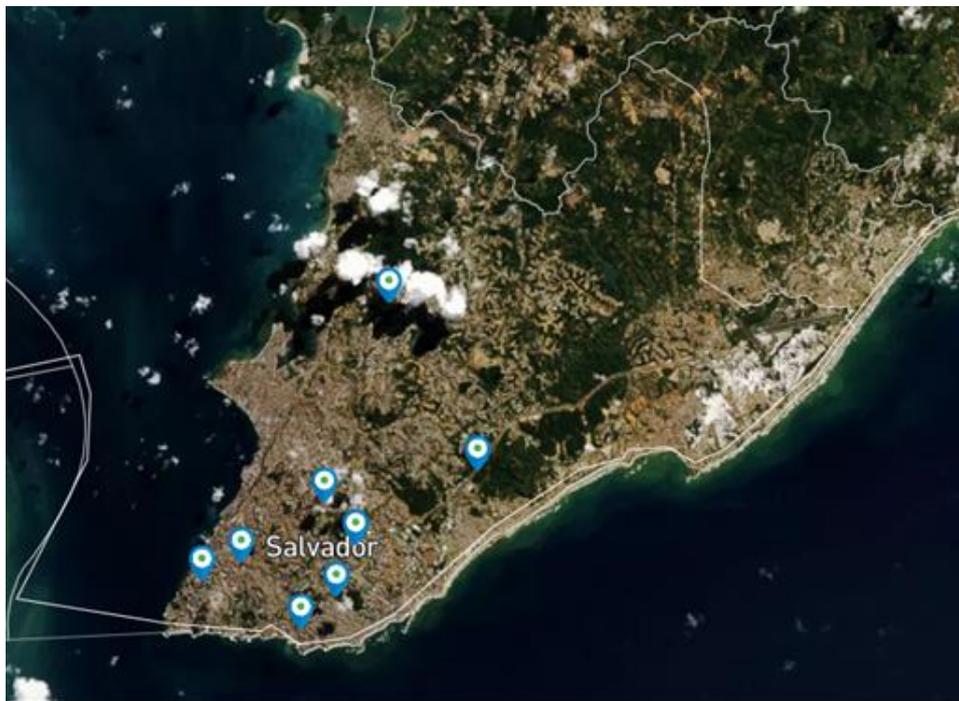


Fonte: própria autora.

Utilizaram-se os valores das concentrações dos poluentes atmosféricos, registrados em cada estação de monitoramento do ar, para verificar se tais níveis atenderam aos padrões legais estabelecidos pelo CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990, e pela OMS (2005).

Neste trabalho, os dados foram referentes aos anos 2014 a 2015, período no qual todas as oito estações de monitoramento do ar estiveram funcionando e apresentaram mais de 80% dos dados diários de monitoramento (Figura 5).

Figura 5 - Estações de monitoramento do ar em Salvador, Bahia



Fonte: <http://qualidadedoar.org.br/>.

Na segunda etapa do estudo, aplicou-se o georreferenciamento que consistiu em fornecer as coordenadas de latitude e longitude das residências dos pacientes internados. O processo foi realizado consultando-se a base de endereços e os Códigos de Endereçamento Postal (CEPs) brasileiros, disponíveis no *website* dos Correios, e a plataforma *Google Maps*. Os registros restantes não foram encontrados na consulta à base dos Correios e foram excluídos das etapas posteriores da análise.

O cálculo do índice global de Moran identificou qual o padrão de distribuição dos casos de internações na cidade de Salvador-Bahia (60). Utilizou-se, para essa análise, o *software ArcGis 10.7* aceitando nível de 0,01 de significância.

Para a análise da concentração espacial dos endereços dos indivíduos internados, construiu-se a Superfície de Densidade com um raio de vizinhança de 10 mm na escala 1:120.000 no *software* QGis. A Superfície de Densidade é um método exploratório simples, de fácil interpretação e utilizado para eventos pontuais. Ela provê uma visão geral da distribuição dos casos de internações, sendo calculada a partir da divisão do número de eventos pela área definida pelo raio de vizinhança (61). A avaliação das internações por DPOC e as demais análises descritivas da segunda etapa do estudo foram restritas aos bairros que apresentaram maiores concentrações de moradia dos pacientes internados no período de 2014 a 2015.

Para identificar a distribuição dos estabelecimentos de saúde nos bairros de maior concentração de casos de internação durante o período em estudo, fez-se consulta dos dados do Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde (CNES). Tais dados são de domínio público e estavam disponíveis para download no *website* do DATASUS por meio do *link* <<http://cnes.datasus.gov.br/pages/estabelecimentos/extracao.jsp>>. Utilizaram-se os dados referentes ao ano de 2015, uma vez que os dados obtidos para o ano de 2014 foram semelhantes aos do ano seguinte. Dessa forma, considerou-se que não seria necessário haver duas análises para os dois anos, permanecendo a análise dos dados do ano mais recente.

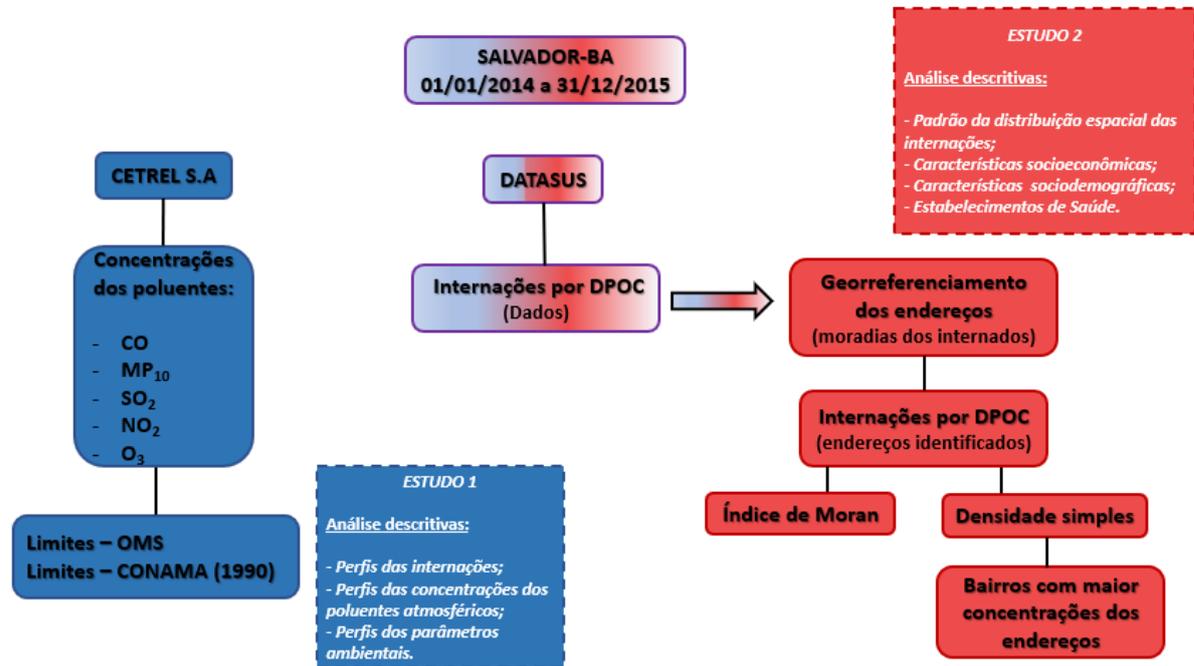
Realizou-se o cálculo das distâncias entre os bairros que apresentaram maior concentração de endereços dos indivíduos internados e os estabelecimentos de Saúde. Para isso, gerou-se o centro geométrico do bairro em estudo, a partir da base cartográfica da prefeitura de Salvador, e calculou-se a distância entre esse ponto, o centro geométrico do bairro e o ponto que representa o estabelecimento de saúde, utilizando-se o *software* QGIS 3.12.2.

Todas as análises descritivas mencionadas anteriormente foram realizadas por meio do programa estatístico R *Software* versão 3.5.1 (<https://cran.r-project.org/bin/windows/base/old/3.5.1/>).

Ressalta-se que este trabalho utilizou dados secundários do sistema de informações do DATASUS, que não contém dados específicos que identifiquem os sujeitos da pesquisa, não necessitando, assim, de apreciação de Comitê de Ética e Pesquisa em saúde.

A Figura 6 ilustra de forma resumida as etapas a serem realizadas para obtenção dos dados dos dois estudos que compuseram este trabalho.

Figura 6 - Fluxograma das etapas que compuseram os dois estudos



Fonte: própria autora.

4 RESULTADOS

Apresentam-se, a seguir, os dois artigos elaborados em coautoria, tratando do objeto deste trabalho.

4.1 ESTUDO 1

A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA COMO POSSÍVEL FATOR DE INTERNAÇÃO PARA DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA: UM ESTUDO DESCRITIVO

Thaís Silva Peleteiro¹, Camile Xavier Souza Santos², Luciana Jaqueline Xavier Pereira Machado³, Adelmir Souza-Machado⁴

¹Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, da Universidade Federal da Bahia (PPgPIOS/UFBA). *tsp.biomedica@gmail.com*

²Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, da Universidade Federal da Bahia (PPgPIOS/UFBA).

³Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Medicina e Saúde, da Universidade Federal da Bahia (PPgMS/UFBA), Enfermeira do ProAr, UFBA.

⁴Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas (PPgPIOS/UFBA), Professor Associado do Instituto de Ciências da Saúde (ICS/UFBA), Coordenador do Programa para Controle da Asma na Bahia (ProAR/UFBA).

RESUMO

Introdução: poluentes atmosféricos podem contribuir para exacerbação e internações por DPOC, ocasionando ônus aos pacientes ao sistema público de saúde. **Objetivo:** avaliar os perfis das internações hospitalares por DPOC e das concentrações de poluentes atmosféricos em Salvador-BA, no período de 01 de janeiro de 2014 a 31 de dezembro de 2015. **Métodos:** trata-se de estudo ecológico. Os dados das internações foram obtidos por meio do banco de dados do SUS e os valores das concentrações diárias de poluentes atmosféricos foram gerados por estações fixas de monitoramento da qualidade do ar. Utilizaram-se dados secundários do DATASUS, dispensando apreciação pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Saúde. **Resultados:** identificaram-se 641 internações em indivíduos de 0 a 98 anos, sendo predominantes acima dos 65 anos (60%) e no sexo masculino (57%). As hospitalizações foram mais frequentes durante os mesmos períodos em que também foram verificadas as maiores concentrações dos poluentes SO₂, NO₂ e O₃. Encontrou-se correlação positiva moderada ($r=0,42$), porém estatisticamente não significativa ($p=0,18$), entre o número de internações e o NO₂. As concentrações dos poluentes atmosféricos MP₁₀ e SO₂ ultrapassaram, durante o período do estudo, os limites estabelecidos pela legislação nacional então vigente e pelas diretrizes da qualidade do ar estabelecidas pela OMS. **Conclusão:** encontrou-se correlação positiva moderada, porém estatisticamente não significativa, entre o número de internações e o NO₂. Tais achados sugerem que a exposição a poluentes atmosféricos pode estar associada ao número de internações.

Palavras-chave: DPOC. Poluentes Atmosféricos. Qualidade do ar.

4.1.1 Introdução

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) caracteriza-se pela presença de obstrução crônica do fluxo aéreo, que não é totalmente reversível. A DPOC é um termo genérico utilizado para descrever doenças pulmonares crônicas que causam limitações no fluxo de ar pulmonar (4,62). Está associada a uma resposta inflamatória anormal, principalmente em decorrência da inalação de fumaça de cigarro, exposição ao combustível de biomassa e poluentes atmosféricos (63).

A poluição atmosférica costuma acarretar efeitos nocivos à saúde dos indivíduos, mesmo quando os níveis de concentração dos poluentes atmosféricos encontram-se abaixo do limite de segurança estabelecido pelas legislações vigentes (64,65). Os poluentes costumam ser quantificados por estações de monitoramento da qualidade do ar (57).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), anualmente, há mais de 3 milhões de casos de óbitos por DPOC, representando cerca de 6% de todas as mortes no mundo, e mais de 90% dos óbitos por DPOC ocorrem em países de baixa e média renda (3). Prevê-se que o total de mortes por DPOC aumente nos próximos 20 anos, tornando-a a terceira principal causa de morte no mundo, a menos que sejam tomadas medidas urgentes para reduzir os fatores de risco subjacentes, especialmente o uso de tabaco e a poluição do ar (5).

A DPOC apresenta elevadas prevalência e morbidade, relacionadas a crises frequentes, o que resulta na redução da qualidade de vida, necessidade de visitas às emergências, riscos de hospitalizações e óbitos (4). De acordo com dados estatísticos mais recentes, a DPOC foi responsável em 2019 por 108.361 internações no Brasil (387 em Salvador-BA), sendo a média nacional de permanência em hospitalização de 6,3 dias (16,6 dias em Salvador-BA) (6,7). Os gastos com internações por essa doença, em 2019, atingiram R\$ 106.880.841,24 no Brasil (6) e R\$ 786.300,27 em Salvador (7), o que demonstra o elevado custo social em decorrência dessa enfermidade.

Este estudo buscou descrever os perfis das internações hospitalares por DPOC e das concentrações de poluentes atmosféricos, no período de 2014 a 2015, em Salvador-BA. Também foi verificado se as concentrações dos poluentes atmosféricos estiveram dentro dos padrões estabelecidos pela legislação nacional que estava em vigor durante o período em estudo, a Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990, e pela OMS (2005).

4.1.2 Material e Métodos

O presente estudo é do tipo ecológico, realizado no município de Salvador, capital do estado da Bahia, 12°58'16' de latitude sul e 38°30'39' de longitude oeste, situada na Mesorregião Metropolitana de Salvador e Microrregião de Salvador, na Zona da Mata da região Nordeste do Brasil. O clima de Salvador é tropical atlântico, quente úmido, com temperatura média anual por volta de 25° C e precipitações abundantes durante o ano todo, sem estação seca discernível (66).

Na Mesorregião Metropolitana de Salvador, há concentrações de indústrias, a exemplo do Polo Industrial de Camaçari – considerado o maior polo industrial do estado – que abriga diversas indústrias químicas e petroquímicas, além de automobilísticas, situado a 45 km do centro da capital, e o Centro Industrial de Aratu (CIA) – localizado nos municípios de Simões Filho e Candeias, distante 18 km do centro de Salvador e 22,5 km do Polo Industrial de Camaçari (67,68).

Salvador apresenta crescimento contínuo em sua frota de automotiva e segundo os dados mais recentes, em 2020, a frota de Salvador totalizou 1.026.947 veículos, dos quais a maior parte, 65,55%, é constituída por automóveis (69). A capital tem Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,759, PIB per capita de R\$ 21.231,48 e conta com 367 estabelecimentos de saúde que atendem ao SUS. Segundo estimativas de 2020, realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população de Salvador é composta por 2.886.698 habitantes (66).

Para este estudo, os dados diários de internações hospitalares por DPOC foram coletados no banco de dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS) por meio do endereço eletrônico <<http://datasus.saude.gov.br/>>. Selecionou-se a Classificação Internacional de Doenças (CID) de acordo com a décima versão do documento (CID-10), utilizando os CIDs J41.0 a J44.9, referentes à DPOC, à bronquite crônica e ao enfisema pulmonar por serem manifestações comuns da DPOC.

Organizaram-se os dados das internações de 01 de janeiro de 2014 até 31 de dezembro de 2015, de indivíduos com idades entre 0 e 98 anos. Além dos números absolutos diários das internações obtidos diretamente, os números de internações mensais e anuais também foram contabilizados e organizados para avaliação.

Os dados das concentrações dos poluentes e variáveis ambientais foram obtidos da Central de Tratamento de Efluentes Líquidos (CETREL S/A), empresa responsável pelo monitoramento do ar na área de influência do Polo Industrial de Camaçari e na região do

Porto de Aratu, a partir de oito estações fixas de monitoramento automático da qualidade do ar, denominadas Paralela – CAB (CAB), Dique do Tororó (DT), Campo Grande (CG), Pirajá (PI), Rio Vermelho (RV), Av. ACM/DETRAN (DET), Itaigara (ITA) e Av. Barros Reis (BR), que fizeram medições em 24h, uma vez por hora.

A técnica utilizada para dosar o MP10 foi o monitor beta; para o SO₂, a radiação ultravioleta (UV); para o NO₂ e O₃, a quimioluminescência; para o CO, o infravermelho não dispersível. O MP10 foi quantificado em µg/m³; o CO em ppm; o SO₂, NO₂ e O₃ foram quantificados em ppb. Para a captação e obtenção dos valores da temperatura, da umidade e do vento, utilizaram-se sensores meteorológicos de alta precisão, com geração de leituras contínuas e ininterruptas. Para a temperatura, utilizou-se sensor do tipo termistor (-50° C a +50° C); para a umidade do ar, sensor tipo capacitivo (0% a 100%); para a velocidade do vento, o tipo de medição foi contagem de pulsos de contato seco (0 a 50 m/s); e para a direção do vento, utilizou-se a resistência elétrica (0 a 360°).

A coleta e organização dos dados dos poluentes atmosféricos e das variáveis ambientais abrangeram os mesmos períodos em que foram realizadas as coletas de dados no DATASUS (diárias, mensais e anuais durante 2014 e 2015).

Os dados utilizados foram referentes aos anos 2014 e 2015, período no qual todas as oito estações de monitoramento do ar estiveram funcionando e apresentaram mais de 80% dos dados diários de monitoramento. Para as análises descritivas, calculou-se o valor médio de cada poluente e de cada variável ambiental, a partir dos seus valores máximos diários, em cada estação de monitoramento do ar. Para avaliar as possíveis correlações entre as internações e as concentrações dos poluentes atmosféricos, utilizou-se o teste coeficiente de correlação de Spearman. As classificações das forças das correlações foram definidas de acordo com as autoras Arminda Lúcia Siqueira e Jaqueline Domingues Tibúrcio, no livro “Estatística na área da saúde: conceitos, metodologia, aplicações e prática”, 1ª edição (2011) (70). Também foram utilizados os valores das concentrações dos poluentes atmosféricos, registrados em cada estação de monitoramento do ar para verificar se tais níveis atenderam aos padrões legais estabelecidos pelo CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990, e pelas diretrizes da qualidade do ar estabelecidas pela OMS (2005) (27,49). As concentrações dos poluentes atmosféricos SO₂ (ppb), O₃ (ppb) e NO₂ (ppb) foram convertidas para µg/m³ a fim de que estivessem padronizadas na unidade de medida utilizada pelo CONAMA e pela OMS.

As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa estatístico R *Software* versão 3.5.1, disponível em: <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/old/3.5.1/>.

Este estudo utilizou dados secundários do sistema de informações do DATASUS, que não disponibiliza informações específicas que identifiquem os sujeitos da pesquisa, não necessitando, dessa forma, de apreciação pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Saúde.

4.1.3 Resultados

No período do estudo, ocorreram 641 internações por DPOC em indivíduos de 0 a 98 anos. Notificaram-se 322 internações em 2014 e 319 em 2015. O número mais elevado de internações ocorreu entre indivíduos do sexo masculino (57%) com média de idade de 63 anos. A maioria dos indivíduos internados pertencia às faixas etárias dos 40-64 anos (29%) e maior que 65 anos (60%), totalizando 89% de todos os casos registrados.

O comportamento do número das internações diárias foi similar entre os valores obtidos, quando se avaliaram os anos separadamente e o período inteiro. A média de internações diárias foi aproximadamente 1, com o número de internações variando entre 0 e 10 (Tabela 1).

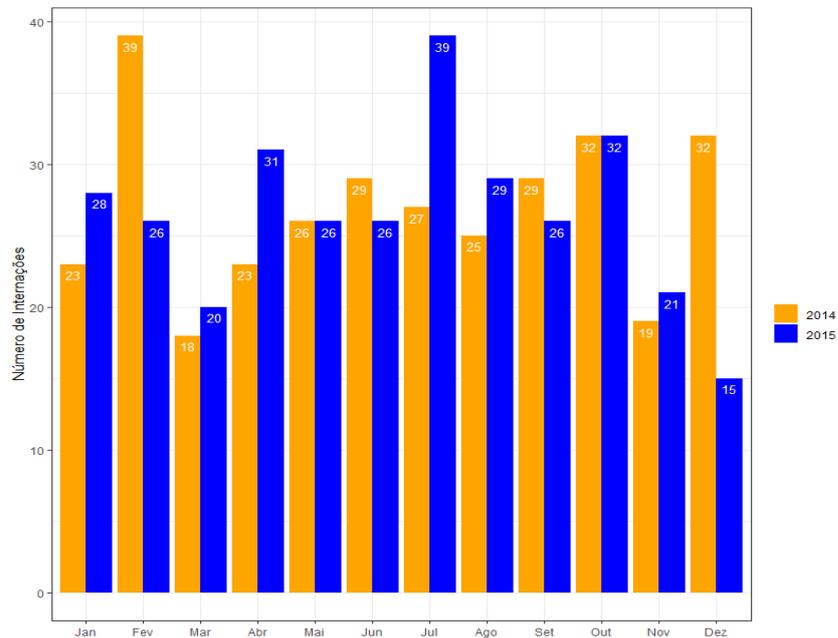
Tabela 1 - Medidas descritivas das internações, dos poluentes e das variáveis ambientais durante o período 2014-2015, em Salvador-BA

Variáveis	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão
Internações	0	0,9	10	1,1
SO₂ (ppb)	0,3	1,2	14,7	0,9
CO (ppm)	0,3	0,7	1,6	0,2
O₃ (ppb)	3,4	12,2	28	4,2
MP₁₀ (µg/m³)	22,4	49,7	177,4	14,1
NO₂ (ppb)	8,4	19,5	36,3	4,2
Temperatura (C°)	23,1	29,1	33,5	1,7
Umidade (%)	66,9	83,2	92,1	4,8

Fonte: adaptação do Ministério da Saúde. DATASUS. Cetrel S.A. (6,59)

Durante o período analisado, o tempo de permanência em dias na internação foi maior na faixa de idade de 65 anos ou mais, com média de 14,9 dias. Os indivíduos do sexo masculino permaneceram hospitalizados por mais tempo, com média de 15,7 dias.

Considerando os dados do biênio, durante o primeiro semestre, o número de internações foi inferior (315) quando comparado ao segundo semestre (com 326) (Figura 1).

Figura 1 - Total de internações mensais por DPOC durante o período 2014-2015 em Salvador-BA

Fonte: adaptação do Ministério da Saúde. DATASUS (6)

A Tabela 2 apresenta o total dos valores mensais para as variáveis do estudo durante o período 2014-2015. Nos meses de fevereiro, julho e outubro, houve maior número de internações. O aumento no número de internações ocorreu nos mesmos meses em que foram registradas as maiores concentrações dos poluentes SO_2 , NO_2 , e O_3 , respectivamente.

Tabela 2 – Somatórios mensais das internações e dos poluentes atmosféricos e médias mensais das variáveis ambientais, durante o período 2014-2015, em Salvador-BA

Meses	Internações	SO_2 (ppb)	CO_2 (ppm)	O_3 (ppb)	MP_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO_2 (ppb)	Temperatura ($^\circ\text{C}$)	Umidade (%)
Janeiro	51	78,5	40,9	607,2	2839,5	1023,1	30,3	81,3
Fevereiro	65	97,9	40,3	535,2	2823,7	967,8	30,3	83,3
Março	38	81,4	48,3	587,9	2723,9	1103,6	30,7	82,0
Abril	54	80,0	50,1	554,8	2842,4	1103,4	30,1	83,5
Mai	52	80,0	56,3	641,8	3700,9	1178,8	28,4	87,6
Junho	55	55,3	47,1	717,2	2992,9	1285,6	27,7	85,6
Julho	66	52,0	48,5	817,5	3196,1	1362,4	27,4	85,6
Agosto	54	62,3	47,6	931,8	3164,2	1319,1	27,1	82,9
Setembro	55	57,9	44,4	999,8	3028,3	1358,0	28,0	83,1
Outubro	64	61,9	39,7	1028,7	3042,2	1310,5	28,9	79,1
Novembro	40	67,8	39,7	781,7	3115,9	1104,2	29,8	82,4
Dezembro	47	76,6	36,2	680,6	2794,7	1085,8	30,2	82,5

Fonte: adaptação do Ministério da Saúde. DATASUS. Cetrel S.A. (6,59)

A Tabela 3 apresenta as correlações entre o número de internações e as variáveis do estudo. As internações apresentaram correlação positiva com os poluentes NO₂, MP₁₀, O₃ e CO e negativas com o SO₂, temperatura e umidade. A correlação entre o SO₂ e as internações foi do tipo negativa e forte. Encontrou-se correlação positiva moderada entre o número de internações e o NO₂, e correlação inversa moderada entre o número de internações e o SO₂. Tais correlações foram estatisticamente não significativas.

Tabela 3 - Correlações entre o número de internações e as demais variáveis do estudo. Salvador-BA (2014-2015)

	SO ₂ (ppb)	CO ₂ (ppm)	O ₃ (ppb)	MP ₁₀ (µg/m ³)	NO ₂ (ppb)	Temperatura (C°)	Umidade (%)
r	-0,44	0,09	0,29	0,33	0,42	-0,46	0,11
p-valor	0,15	0,78	0,37	0,30	0,18	0,13	0,18

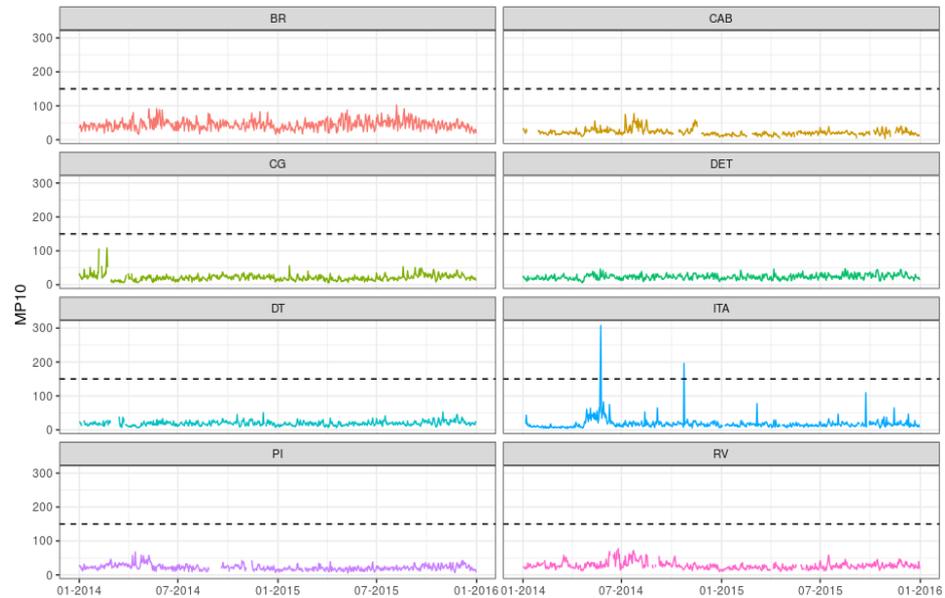
Correlações de Spearman obtidas por meio dos valores mensais durante o período como apresentado na tabela.

Fonte: própria autora

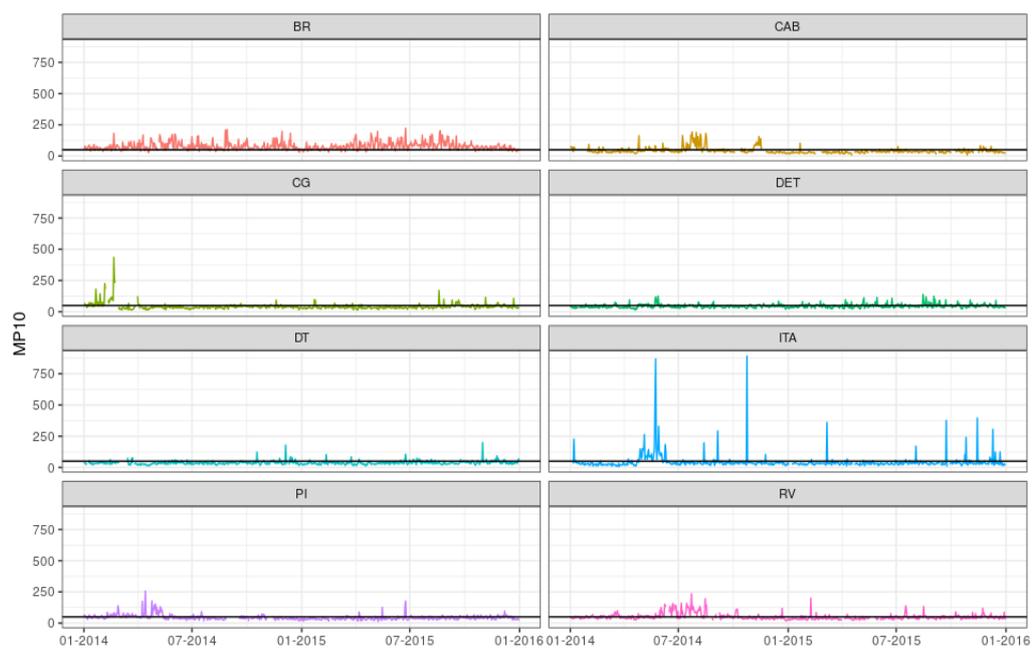
Verificou-se também se as concentrações dos poluentes atmosféricos estiveram dentro dos padrões estabelecidos pela legislação nacional que estava em vigor durante o período de 2014 a 2015, a Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990, e pelas diretrizes da qualidade do ar estabelecidas pela OMS (2005). Na Figura 2A1, é possível perceber que, na estação ITA, houve momentos de ultrapassagens dos limites diários das concentrações do MP₁₀, definidos pela legislação do CONAMA nº 3 de 1990 (150µg/m³, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano). Na Figura 2A2, as concentrações diárias do MP₁₀, mensuradas em todas as estações de monitoramento do ar, ultrapassaram os limites definidos pela OMS (percentil de 99% dos dados em 24h não deve exceder 50µg/m³, em mais de 35 dias ao ano). Constatou-se também que as concentrações médias anuais desse poluente mensuradas, em 2014, nas estações CAB, CG, RV, PI, DET e BR, excederam os limites anuais definidos pela OMS (20µg/m³ anuais), assim como as concentrações médias anuais do MP₁₀, em 2015, nas estações CG, RV, DET e BR (Figura 2C). Houve ultrapassagens dos limites diários, das concentrações do SO₂ definidos pela OMS (20µg/m³) nas estações BR e RV (Figura 2B).

Figura 2 - Concentrações dos poluentes atmosféricos, em cada estação de monitoramento do ar comparadas aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990, e OMS (2005). (A) Material particulado – concentrações diárias (B) Dióxido de enxofre (C) Material particulado – concentrações anuais

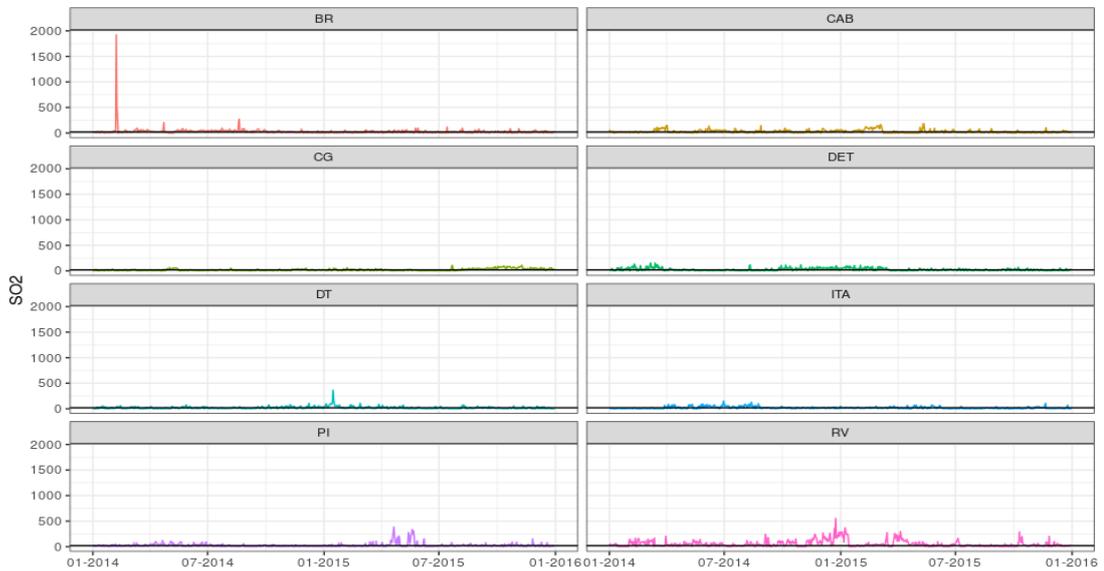
A1) Concentrações médias diárias do material particulado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) comparadas aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990.



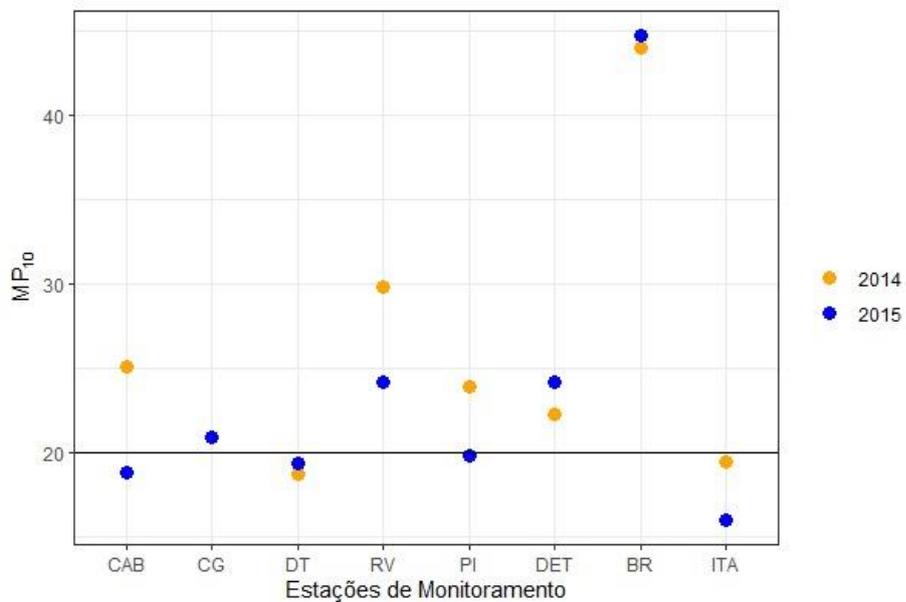
A2) Percentil 99 das concentrações diárias do material particulado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) comparado aos limites estabelecidos pela OMS (2005).



B) Total diário das concentrações do dióxido de enxofre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) comparado aos limites estabelecidos pela OMS (2005).



C) Concentrações médias anuais do material particulado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) comparadas aos limites estabelecidos pela OMS (2005).



Limites de acordo com a OMS = Linha inteira;

Limites de acordo com a Resolução CONAMA – padrão primário ou padrão primário com o secundário = linha tracejada.

Fonte: Cetrel S.A. (59)

4.1.4 Discussão

Neste estudo, não houve diferença relevante entre os números de internações registrados para os dois anos, quando avaliados separadamente. O número mais elevado de internações ocorreu entre pessoas do sexo masculino (57%) e a faixa etária predominante foi de idades acima dos 65 anos. Esse perfil é condizente com o que está descrito na literatura para a referida doença, que ocorre mais comumente em pacientes do sexo masculino e com idade superior a 40 anos (4,63).

A faixa etária que contém o paciente que permaneceu mais tempo internado corresponde à de 65 anos ou mais de idade, com média de 14,9 dias de hospitalização. Os indivíduos do sexo masculino permaneceram internados por mais tempo, com média de 15,7 dias. A idade é frequentemente listada como fator de risco para DPOC, porém não está claro se o envelhecimento leva à doença ou se a idade reflete a soma das exposições cumulativas ao longo da vida (71). Sabe-se que o envelhecimento das vias aéreas e do parênquima pulmonar simula algumas das mudanças estruturais associadas à DPOC (4,71).

Quando avaliadas as variáveis sexo e tempo de permanência (em dias) dos pacientes na internação, observou-se que, durante todo o período analisado, as internações foram mais frequentes nos indivíduos do sexo masculino e estes permaneceram por mais tempo hospitalizados. Esse achado talvez possa ser explicado pelo fato de o sexo provavelmente influenciar nas atividades profissionais e hábitos de consumo de tabaco, o que resultaria em certas exposições ocupacionais e/ou ambientais que podem favorecer o surgimento da doença e/ou consequente agravamento do quadro (72). De acordo com os dados mais recentes da pesquisa elaborada pela Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (VIGITEL), no ano de 2019, nas 27 capitais brasileiras, a frequência de adultos fumantes foi de 9,8%, sendo maior no sexo masculino (12,3%) do que no feminino (7,7%) (73). Esse padrão também foi observado nos anos de 2014 e 2015, conforme pesquisas elaboradas pela mesma entidade naquele período (74,75).

Sabe-se que o tabagismo é considerado o fator de risco mais bem estudado para a DPOC, contudo este não é apenas o único fator. Além disso, entre os fumantes com carga tabágica alta, menos de 50% vêm a desenvolver a doença. Há evidência consistente de estudos epidemiológicos que não fumantes também podem apresentar limitação crônica do fluxo aéreo (4). A exposição passiva ao fumo do cigarro, também conhecida como fumo do tabaco ambiental, pode contribuir para os sintomas respiratórios e DPOC (76) por conta do aumento da carga total de partículas e gases inalados. O fumo durante a gravidez pode colocar

o feto em risco por afetar o crescimento e o desenvolvimento do pulmão *in utero* e possivelmente o preparo do sistema imune (77).

A DPOC resulta de interações complexas entre genes e ambiente. Alguns fatores hospedeiros predis põem os indivíduos a desenvolver a doença, como anormalidades genéticas e a situação socioeconômica. O fator de risco genético que é mais bem documentado, é uma deficiência hereditária grave da enzima alfa-1 antitripsina (AAT), doença hereditária que afeta os pulmões e fígado. A alfa-1 antitripsina é o principal inibidor circulante de serinas proteases e suas funções fisiológicas mais importantes são a proteção do tecido pulmonar contra enzimas proteolíticas agressivas e a regulação dos processos imunológicos pulmonares. Tem-se atribuído o enfisema pulmonar relacionado à deficiência de AAT ao desequilíbrio na relação funcional protease-antiprotease, haja vista que níveis séricos reduzidos de AAT (ou moléculas disfuncionais) são insuficientes para proteger os pulmões da ação elastolítica da elastase neutrofílica e de outras agressões. Portanto, a lesão resultante seria consequência do aumento dos fatores agressores (exposição a poluentes ambientais, tabagismo, infecções, eventualmente fatores ocupacionais) e/ou da redução dos mecanismos protetores (notadamente os níveis séricos de AAT) com desvio no equilíbrio em favor da ocorrência de dano pulmonar acelerado (4,78,79). O *status* socioeconômico pode estar relacionado ao baixo peso ao nascer, como o seu impacto no crescimento e desenvolvimento dos pulmões, e por sua vez à suscetibilidade à doença. Tais fatores citados, por exemplo, talvez possam explicar a ocorrência das internações registradas nessa população estudada, sobretudo nos indivíduos com faixas etárias inferiores a 40 anos.

Para a realização deste estudo, o valor médio de cada poluente e de cada variável ambiental foi obtido a partir dos seus valores máximos diários, em cada uma das oito estações de monitoramento do ar. Procedeu-se dessa forma devido ao fato de a distribuição dos dados ter apresentado um comportamento aproximadamente simétrico em torno da média. Além disso, o número de internações foi avaliado para a cidade de Salvador como um todo, então os valores das concentrações dos poluentes foram unificados para que fosse atribuído um valor único para a cidade de Salvador.

Durante o período 2014-2015, o maior número de internações ocorreu nos meses de fevereiro, julho e outubro, quando também foram verificados os maiores valores totais de concentrações dos poluentes SO₂, NO₂ e O₃, respectivamente. Encontrou-se correlação positiva moderada entre o número de internações e o NO₂, indicando que o número de internações tenha relação com as concentrações desse poluente. Encontrou-se correlação negativa moderada entre o número de internações e o SO₂, significando que à medida que

aumentaram os números de internações havia redução nas concentrações desse poluente. É importante ressaltar que tais correlações foram estatisticamente não significativas.

O papel da poluição do ar, como fator de risco para a DPOC, foi evidenciado em estudos que demonstram esse tipo de associação. De acordo com Ghozikali et al. (80), 2% (95% IC: 0,8-3,1%) das hospitalizações por DPOC são atribuídas a concentrações médias diárias do O₃ superiores a 10µg/m³. Além disso, 0,7% (95% IC: 0,1-1,8%) e 0,5% (95% IC: 0-1%) dos casos de admissões hospitalares de DPOC foram atribuídos a concentrações de NO₂ e SO₂ acima de 10µg/m³, evidenciando que os poluentes O₃, NO₂ e SO₂ têm impacto significativo sobre a internação por DPOC. Estudos têm mostrado uma associação entre níveis ambientais de material particulado (MP_{2,5} e MP₁₀) e prevalência de DPOC (4,55).

Existem também evidências de que a poluição atmosférica tem um impacto significativo na maturação e desenvolvimento dos pulmões. O estudo de Gauderman et al. (81) indica que crianças provenientes de comunidades apresentando níveis ambientais mais elevados de dióxido de nitrogênio (NO₂) e material particulado (MP_{2,5}) são cinco vezes mais prováveis de apresentar função pulmonar reduzida quando comparadas às crianças provenientes de comunidades apresentando níveis mais baixos desses poluentes (82). De maneira importante, os decréscimos nas concentrações do NO₂ e do MP_{2,5} no ambiente reduziram significativamente o risco de ocorrência do desenvolvimento pulmonar prejudicado (81). Estudos multicêntricos na América do Norte e em países da Europa ocidental relataram que um crescimento nos níveis de material particulado, ozônio, óxidos de nitrogênio (NO_x) e dióxido de enxofre ocasiona aumentos na prevalência, visitas ao pronto-socorro e hospitalização devido a doenças respiratórias crônicas, como a asma e DPOC (83).

Ao verificar se as concentrações dos poluentes atmosféricos estiveram dentro dos padrões estabelecidos pela legislação nacional vigente durante o período de 2014 a 2015, representada pela Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990, e padrões da qualidade do ar estabelecidos pela OMS (2005), constatou-se que as concentrações dos poluentes atmosféricos MP₁₀ e SO₂ ultrapassaram esses limites. Registraram-se concentrações do MP₁₀ que ultrapassaram os limites diários definidos pela Resolução CONAMA e pela OMS, como também ultrapassagens dos limites anuais definidos pela OMS. Quanto ao SO₂, verificaram-se ultrapassagens dos limites diários das suas concentrações definidos pela OMS.

É possível observar a existência de divergências entre os valores previstos para os padrões de concentração de poluentes determinados pelo CONAMA e os estabelecidos pelas diretrizes da OMS. Essa discrepância deve-se, principalmente, ao fato de os padrões CONAMA terem sido estabelecidos em 1990 com base no conhecimento vigente àquela

época. As diretrizes da OMS, revisadas em 2005, já refletem o conhecimento acumulado nos diversos estudos científicos realizados mais recentemente, que indicam que os efeitos deletérios dos poluentes atmosféricos sobre a saúde humana são percebidos em concentrações muito menores que aquelas previstas anteriormente. A título de exemplo, constatou-se que o padrão CONAMA apresenta valor limite para MP_{10} três vezes superior aos valores-guia definidos pela OMS (84).

Este trabalho apresenta algumas limitações. Uma delas é que, apesar dos dados das internações terem sido obtidos de uma fonte oficial (DATASUS) comumente utilizada, eles podem conter erros diagnósticos e/ou subnotificação dos casos, além de não oferecer informações adicionais sobre os pacientes internados, como o estado nutricional, histórico médico, ausência de comorbidades, condição de moradia ou trabalho, exposição a poluentes atmosféricos, uso doméstico de fogão à lenha, tabagismo, fumo passivo, entre outras condições que possam estar associadas à DPOC. Além disso, esses dados de internações referem-se apenas àqueles ocorridos na rede pública, excluindo as internações de caráter privado ou por planos de saúde. É válido lembrar que a fonte utilizada se presta, primordialmente, para fins contábeis.

Os dados dos poluentes atmosféricos e variáveis ambientais foram contabilizados por oito estações de monitoramento do ar que estavam fixas em determinados pontos da cidade. Alguns bairros ou localidades não contavam com tais estações de monitoramento e, conseqüentemente, não se pode avaliar os parâmetros nesses locais em específico. Portanto, a partir da unificação dos valores dos poluentes e variáveis ambientais, atribuiu-se valor médio estimado para a cidade em estudo. Outra possível limitação quanto a esses dados é que não foi considerada a força dos ventos no local de estudo, o que poderia diluir as concentrações dos poluentes ou potencializar as mesmas, trazendo poluentes de regiões próximas a Salvador, o que possibilitaria, talvez, a influência sobre o número de internações.

Há uma escassez de estudos sobre possíveis associações entre poluentes atmosféricos e internações por DPOC. Não foram localizados estudos com o mesmo objetivo deste trabalho, realizados na cidade de Salvador-BA, o que o torna pioneiro.

Mesmo considerando as citadas limitações, foi possível responder aos objetivos propostos e é esperado que este trabalho possa contribuir evidenciando a importância do conhecimento e revisão dos padrões de qualidade do ar, bem como a relevância de possíveis impactos da poluição atmosférica sobre a saúde pública. Além disso, algumas informações obtidas neste estudo são relevantes, uma vez que poderão ser utilizadas futuramente em um

modelo estatístico que seja adequado para prever o efeito dos poluentes sobre os números das internações.

4.1.5 Conclusão

O número mais elevado de internações ocorreu entre indivíduos do sexo masculino (57%) com média de idade de 63 anos. Esse perfil é condizente com o que é comumente descrito na literatura para a referida doença.

O aumento no número de internações ocorreu nos mesmos meses em que foram registrados os picos das concentrações de SO₂, NO₂ e O₃. Encontrou-se correlação positiva moderada, porém estatisticamente não significativa, entre o número de internações e o NO₂.

As concentrações dos poluentes atmosféricos MP₁₀ e SO₂ ultrapassaram os limites estabelecidos pela legislação nacional vigente durante o período do estudo e pela recomendação da OMS.

Tais achados sugerem que a exposição a poluentes atmosféricos esteja associada ao número de internações.

Agradecimentos

À empresa CETREL por ter cedido gentilmente dados que foram imprescindíveis ao desenvolvimento deste trabalho.

4.2 ESTUDO 2

MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO INTERNADA POR DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA EM SALVADOR-BA

Thaís Silva Peleteiro¹, Camile Xavier Souza Santos², Luciana Jaqueline Xavier Pereira Machado³, Vívian Alessandra Ferreira da Silva⁴, Adelmir Souza-Machado⁵

¹Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, da Universidade Federal da Bahia (PPgPIOS/UFBA). *tsp.biomedica@gmail.com*

²Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, da Universidade Federal da Bahia (PPgPIOS/UFBA).

³Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Medicina e Saúde, da Universidade Federal da Bahia (PPgMS/UFBA), Enfermeira do ProAr, UFBA.

⁴Geógrafa no Centro de Integração de Dados e Conhecimentos para a Saúde, Fiocruz Bahia (CIDACS/FioCruz Bahia).

⁵Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas (PPgPIOS/UFBA), Professor Adjunto da disciplina Anatomia dos Sistemas do Instituto de Ciências da Saúde (ICS/UFBA), Coordenador do Programa para Controle da Asma na Bahia (ProAR/UFBA).

RESUMO

Introdução: a DPOC apresenta alta prevalência e morbidade com elevado custo social. Importa identificar áreas de maior concentração de internações e possíveis fatores associados. **Objetivos:** caracterizar o padrão da distribuição espacial das internações por DPOC, além de descrever características socioeconômicas, sociodemográficas e avaliar a disponibilidade de estabelecimentos de saúde próximos à população em estudo. **Métodos:** trata-se de estudo ecológico, em Salvador-BA (2014-2015), no qual se realizou georreferenciamento das moradias dos internados, aplicou-se o índice de Moran e calculou-se a densidade espacial. Dados das internações foram obtidos por meio do DATASUS, dispensando apreciação pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Saúde. Avaliaram-se características socioeconômicas e sociodemográficas, bem como verificou-se o acesso a estabelecimentos de saúde locais. **Resultados:** o padrão de distribuição espacial dos casos foi do tipo aleatório. Identificou-se a existência de três regiões de maior concentração das moradias dos internados, abrangendo quatro bairros. O número mais elevado de internações ocorreu entre indivíduos do sexo masculino e entre os moradores de Pernambués e Bonfim. A maior e a menor densidade populacional foram registradas nos bairros Pernambués e Bonfim, respectivamente. Em comparação a Pernambués, o bairro Caixa D'água apresentou maior renda média por domicílio, menor densidade populacional e maior proporção de alfabetizados. **Conclusão:** não houve relação de dependência entre as internações e as localizações de moradias dos internados. Condições socioeconômicas menos favorecidas podem estar associadas à DPOC. A insuficiência do atendimento básico à saúde pode levar ao agravamento dos casos de DPOC e, conseqüentemente, a um maior número de internações.

Palavras-chave: DPOC. Georreferenciamento. Estabelecimentos de Saúde.

4.2.1 Introdução

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) é a terceira causa de morte mais comum no mundo (85) e a sexta causa mais comum de incapacidade (85). Essa enfermidade apresenta elevada prevalência e morbidade, relacionada a crises frequentes, o que resulta na redução da qualidade de vida, necessidade de visitas às emergências, riscos de hospitalizações e óbitos (4). De acordo com dados estatísticos mais recentes, a DPOC foi responsável, em 2019, por 108.361 internações no Brasil (387 em Salvador-BA) (6,7), resultando em elevado custo social.

DPOC é um termo genérico utilizado para descrever doenças pulmonares crônicas que causam limitações no fluxo de ar pulmonar (4,62) em decorrência do resultado de complexas interações entre as exposições – principalmente ao fumo, a combustíveis de biomassa e a poeiras ocupacionais – e fatores do hospedeiro como suscetibilidade genética, idade, estilo de vida e situação socioeconômica (86). Verificam-se associações entre baixas condições socioeconômicas e DPOC em países de alta renda, como também em países de média e baixa renda (86-88).

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são uma ferramenta do geoprocessamento, área do estudo da geografia, que visa integrar a captura digital, o gerenciamento, a análise e a visualização de dados referenciados espacialmente. A interpretação dos padrões de distribuição da doença, as tendências e relações entre doença e demografia, meio ambiente, espaço e tempo podem ser obtidos utilizando-se um SIG. Assim, o SIG tem importantes usos na área médica e de saúde, podendo auxiliar a identificar áreas de risco e possíveis fatores associados e indicar áreas prioritárias para desenvolvimento de ações de vigilância e controle (89-91).

Esta investigação buscou caracterizar o padrão da distribuição espacial dos casos de internações por DPOC, além de descrever características socioeconômicas, sociodemográficas e a proximidade de estabelecimentos de saúde da população em estudo, no período de 2014 a 2015, em Salvador-BA.

4.2.2 Material e Métodos

O presente estudo, do tipo ecológico, foi realizado no município de Salvador, capital do estado da Bahia, 12°58'16" de latitude sul e 38°30'39" de longitude oeste, situado na

Mesorregião Metropolitana de Salvador e Microrregião de Salvador, na Zona da Mata da região Nordeste do Brasil.

O georreferenciamento consistiu em fornecer as coordenadas de latitude e longitude das residências dos pacientes internados. O processo foi realizado consultando-se a base de endereços e os Códigos de Endereçamento Postal (CEPs) brasileiros, disponíveis no *website* dos Correios e a plataforma *Google Maps*. Georreferenciaram-se 617 registros do banco de internamentos, ou seja, 96,25% do total de casos das intenções por DPOC nos anos de 2014 e 2015. Os registros que não foram encontrados na consulta à base dos Correios foram excluídos das etapas posteriores das análises. O campo que discriminava o bairro de cada internamento foi submetido à validação comparando-se o resultado da busca dos endereços a uma base cartográfica cedida pela Prefeitura de Salvador com a delimitação oficial dos bairros segundo a Lei 9.278 de 2017 (92). Adotou-se a nomenclatura dada pela prefeitura nos casos de discordância das informações.

Para a identificação do padrão de distribuição dos casos de internações na cidade de Salvador-BA, realizou-se o cálculo do índice global de Moran (60). Utilizou-se, para essa análise, o *software ArcGis 10.7* aceitando nível de 0,01 de significância.

Para a análise da concentração espacial dos endereços dos indivíduos internados, construiu-se a Superfície de Densidade com um raio de vizinhança de 10 mm na escala 1:120.000 no *software QGIS 3.12.2*. A Superfície de Densidade é um método exploratório simples, de fácil interpretação e utilizado para eventos pontuais. Ela provê uma visão geral da distribuição dos casos de internações, sendo calculada a partir da divisão do número de eventos pela área definida pelo raio de vizinhança (61).

A avaliação das internações por DPOC e as demais análises descritivas deste estudo foram restritas aos bairros que apresentaram maiores concentrações de moradia dos pacientes internados no período 2014-2015.

Os dados diários das internações hospitalares por DPOC foram coletados no banco de dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS) por meio do endereço eletrônico <<http://datasus.saude.gov.br/>>. Selecionou-se a Classificação Internacional de Doenças (CID) de acordo com a décima versão do documento (CID-10) utilizando os CIDs J41.0 a J44.9, referentes à DPOC, à bronquite crônica e ao enfisema pulmonar por serem manifestações comuns da DPOC. Organizaram-se os dados das internações de 01 de janeiro de 2014 até 31 de dezembro de 2015. A partir dos números absolutos diários das internações obtidos diretamente, os números de internações anuais foram contabilizados e organizados para avaliação.

Avaliaram-se características socioeconômicas e sociodemográficas dos bairros em estudo. As variáveis renda média por domicílio, proporção de alfabetizados e média de habitantes por domicílio foram obtidas a partir de consulta ao Censo demográfico mais atual ocorrido em 2010. O cálculo da densidade populacional foi gerado a partir da população do Censo e da delimitação dos bairros da prefeitura. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) foi calculado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) por meio do endereço eletrônico: <<http://www.atlasbrasil.org.br/>>.

Os dados do Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde (CNES) são de domínio público e estavam disponíveis para download no *website* do DATASUS por meio do *link* <<http://cnes.datasus.gov.br/pages/estabelecimentos/extracao.jsp>>. Em razão da grande semelhança entre o número de estabelecimentos de saúde em cada categoria do CNES em Salvador, em 2014 e 2015, considerou-se apenas uma análise com os dados referentes ao ano de 2015.

Para o cálculo das médias das distâncias entre as moradias de cada indivíduo internado e os estabelecimentos de saúde por bairro, inicialmente, calculou-se a distância em linha reta entre cada moradia e o estabelecimento de saúde mais próximo de acordo com o tipo de estabelecimento. Fez-se um somatório de todas as distâncias, dividindo o resultado pelo número de internações registradas entre os moradores daquele bairro, para obtenção da distância média. Utilizou-se o *software* QGIS 3.12.2.

Este estudo utilizou dados secundários do sistema de informações do DATASUS, que não contém dados específicos que identifiquem os sujeitos da pesquisa, não necessitando, dessa forma, de apreciação pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Saúde.

4.2.3 Resultados

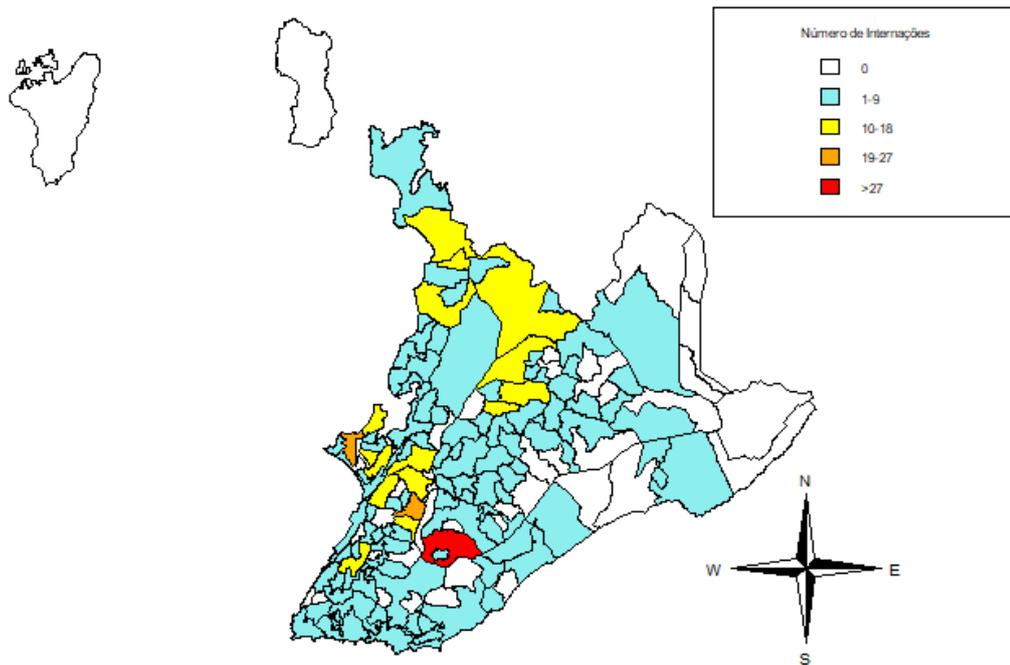
Durante o período avaliado, a cidade de Salvador apresentava 123 bairros distribuídos em 12 distritos sanitários. O número de internações, provenientes de indivíduos moradores em cada um dos bairros que apresentaram ao menos uma internação, pode ser verificado na Figura 1.

Um total de 101 bairros apresentaram entre 1 e 9 internações (53,6%). Entre estes, os bairros Boca do Rio, Lapinha e Saboeiro foram os que apresentaram o maior número de casos (N=9), totalizando juntos 4,5% das internações.

O total de bairros com o número de internações entre 10 e 18 (33,2%) foi 16. Entre os quais, Periperi e Liberdade (N=18) apresentaram juntos 5,8% das internações.

O bairro Bonfim apresentou 27 casos de internações (4,2%), pertencendo à faixa de 19 a 27 casos de internações, e apenas o bairro Pernambués apresentou mais de 27 casos (N=35), sendo responsável pelo total de 5,7% das internações.

Figura 1 - Número de internações provenientes de indivíduos moradores em cada um dos bairros que apresentaram ao menos uma internação

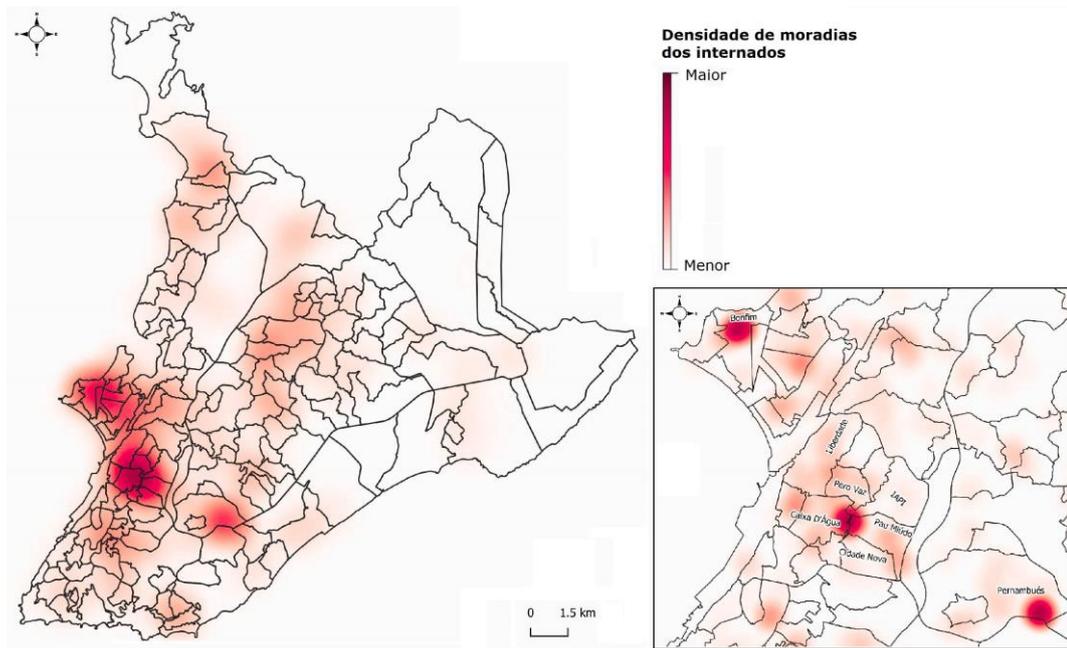


Fonte: própria autora.

O índice de Moran calculado para o período de 2014 a 2015 foi igual a 0,03 (valor de $p=0,21$), o que indica que as internações por DPOC apresentaram um padrão do tipo aleatório.

A partir do cálculo da densidade simples, verificaram-se três maiores regiões de concentrações de moradias dos indivíduos que se internaram, alcançando quatro bairros, durante o período 2014-2015: Pernambués, Bonfim, Caixa D'água e Pau Miúdo (Figura 2).

Figura 2 - Concentrações das moradias dos indivíduos internados por DPOC em Salvador, Bahia, durante o período 2014-2015



Fonte: própria autora.

As análises descritivas foram restritas a esses quatro bairros. Durante o período avaliado, ocorreram 85 internações por DPOC em indivíduos de 2 a 89 anos. Notificaram-se 54 internações no ano 2014 e 31 internações no ano de 2015.

O número mais elevado de internações ocorreu entre indivíduos do sexo masculino (55%) com média de idade de 57 anos. A maioria dos indivíduos internados pertencia às faixas etárias dos 40-64 anos (27%) e maior que 65 anos (60%), totalizando 87% de todos os casos registrados.

Avaliaram-se o número de internações segundo os bairros de residência e o momento em que houve a internação. No período avaliado, 72% das internações foram de indivíduos que residiam nos bairros Pernambués e Bonfim, sendo os dois bairros com maior número de registro de internações, seguidos por Pau Miúdo e Caixa D'água. No geral, quando comparados os anos 2014 e 2015, percebe-se uma redução nos números de internações, exceto no bairro Pau Miúdo (Tabela 1).

Tabela 1 - Número de internações por DPOC, segundo os bairros de residência, durante o período 2014-2015

Ano	Bairro	N	%
2014	Bonfim	15	28
	Caixa D'água	6	11
	Pau Miúdo	3	6
	Pernambués	30	56
2015	Bonfim	11	35
	Caixa D'água	5	16
	Pau Miúdo	10	32
	Pernambués	5	16
2014-2015	Bonfim	26	31
	Caixa D'água	11	13
	Pau Miúdo	13	15
	Pernambués	35	41

Fonte: Adaptação do Ministério da Saúde. DATASUS (6).

Verificou-se a distribuição das idades dos indivíduos internados segundo cada bairro de residência e o período da internação. Considerando o período 2014-2015, a menor idade registrada foi de uma criança de 2 anos moradora do bairro Pau Miúdo, enquanto a maior idade registrada foi 89 anos, tratando-se de um indivíduo que residia no bairro Bonfim. Os bairros apresentaram divergências quanto aos valores das médias de idade, embora as médias tenham sido todas acima de 40 anos. O maior valor médio foi verificado em Pernambués e a maior variabilidade registrada no Pau Miúdo (Tabela 2).

Tabela 2 - Distribuição das idades dos indivíduos internados por DPOC, segundo os bairros de residência, durante o período 2014-2015

Ano	Bairro	N	Mínimo	Média	Máximo	Desvio
2014	Bonfim	15	32	62	89	14,26
	Caixa D'água	6	4	55	75	26,65
	Pau Miúdo	3	65	77	87	11,06
	Pernambués	30	19	68	85	15,21
2015	Bonfim	11	49	60	82	11,2
	Caixa D'água	5	4	54	78	30,21
	Pau Miúdo	10	2	32	87	34,8
	Pernambués	5	60	70	81	7,63
2014-2015	Bonfim	26	32	61	89	12,84
	Caixa D'água	11	4	54	78	26,85
	Pau Miúdo	13	2	43	87	36,13
	Pernambués	35	19	68	85	14,3

Fonte: Adaptação do Ministério da Saúde. DATASUS (6).

Avaliaram-se os dados socioeconômicos e sociodemográficos dos bairros em estudo referentes ao último Censo Demográfico ocorrido em 2010. De forma geral, o bairro Bonfim apresentou a maior renda média por domicílio e o bairro Pau Miúdo a menor. A maior e a menor densidade populacional foram registradas nos bairros Pernambués e Bonfim, respectivamente, havendo uma diferença de resultados correspondente a 1,78 vezes entre esses bairros (Tabela 3).

Tabela 3 - Dados socioeconômicos e sociodemográficos dos bairros avaliados

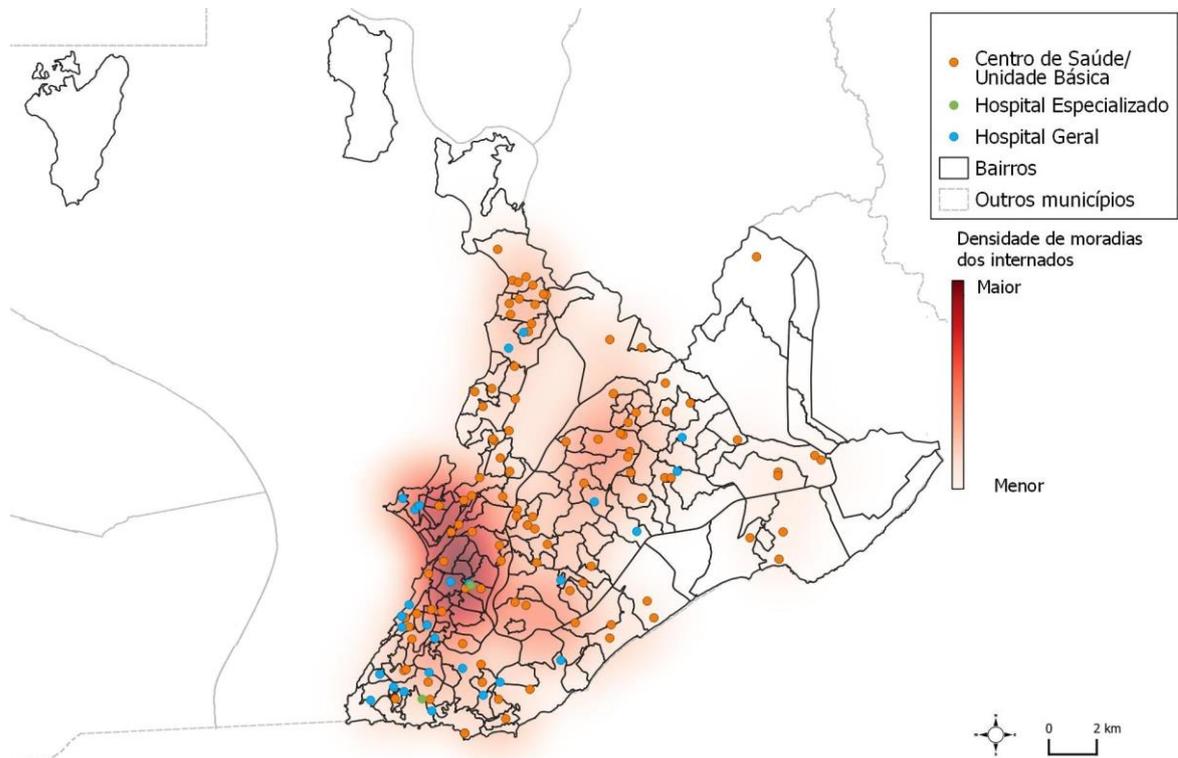
Bairro	Renda média por domicílio	Densidade populacional	Proporção de alfabetizados	Média de habitantes por domicílio	IDHM 2010
Bonfim	3237,77	22817,21	0,95	3,30	0,854
Caixa D'água	1907,96	36309,55	0,92	3,17	0,750
Pau Miúdo	1439,05	36813,05	0,90	3,15	0,743
Pernambués	1667,19	40728,90	0,90	3,02	0,805

Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)

Fonte: Adaptação do Censo 2010.

A Figura 3 apresenta o mapeamento dos estabelecimentos de saúde localizados em toda a cidade e nos bairros em estudo durante o período 2014-2015. O Bairro Pau Miúdo apresentou maior número de estabelecimentos de saúde, totalizando cinco: dois centros de saúde/unidades básicas de saúde (UBS), dois hospitais gerais e um hospital especializado, o Hospital Especializado Octávio Mangabeira, reconhecido como Centro de Referência para Doenças Respiratórias. Em Pernambués, identificaram-se apenas centros de saúde/UBS. No Bonfim, um centro de saúde/UBS e um hospital geral foram localizados. No bairro Caixa D'água, identificou-se um hospital geral.

Figura 3 - Distribuição dos estabelecimentos de saúde durante o período 2014-2015



Fonte: própria autora.

A partir dos cálculos das médias das distâncias entre as moradias de cada indivíduo internado e os estabelecimentos de saúde mais próximos, identificou-se o Hospital Especializado Octávio Mangabeira (código CNES 4065), localizado no bairro Pau Miúdo, como o hospital público especializado mais próximo das moradias para os quatro bairros em estudo (Tabela 7).

Para o bairro Bonfim, identificaram-se três hospitais gerais mais próximos das moradias com distância média de 376m e um Centro de Saúde/UBS com distância média de 453m entre as moradias. Para o bairro Caixa D'água, verificaram-se dois hospitais gerais com distância média de 309m entre as moradias e um Centro de Saúde/UBS com distância média de 555m entre as moradias. Para o bairro Pau Miúdo, constataram-se um hospital geral com distância média de 823m entre as moradias e dois Centros de Saúde/UBS com distância média de 431m entre as moradias. Para o bairro Pernambucoés, identificaram-se três hospitais gerais com distâncias médias de 1627m entre as moradias e dois Centros de Saúde/UBS com distância média de 981m entre as moradias (Tabela 4).

Tabela 4 - Médias das distâncias entre as moradias de cada indivíduo internado e os estabelecimentos de saúde mais próximos

Bairro	Hospital Especializado		Hospital Geral		Centro de Saúde/Unidade Básica	
	Código	Distância (m)	Código	Distância (m)	Código	Distância (m)
Bonfim	4065	4361	3001814 (19), 2470667 (6), 2802104 (1)		4197	453
Caixa D'água	4065	713	3875 (7), 4073 (4)		3999	555
Pau Miúdo	4065	726	4073		6823 (12), 3999 (1)	431
Pernambués	4065	3356	3827992 (24), 3859 (9), 6558143 (2)		4448 (33), 7222130 (2)	981

*Os números entre parênteses são o número de internações com aquele estabelecimento como mais próximo. Ex.: dezenove internações tem o hospital geral, código 3001814, como mais próximo no bairro Bonfim.

Quando não há número entre parênteses, todas as internações daquele bairro tiveram o mesmo estabelecimento como mais próximo.

Fonte: Adaptação do CNES.

4.2.4 Discussão

Durante o período 2014-2015, as internações por DPOC avaliadas neste estudo apresentaram um padrão do tipo aleatório, significando que não houve relação de dependência entre as internações e as localizações de moradias dos internados. Ao aplicar o cálculo da densidade simples para o período 2014-2015, verificou-se a existência de três grandes regiões de concentração das moradias dos indivíduos internados abrangendo quatro bairros: Bonfim, Caixa D'água, Pau Miúdo e Pernambués.

De maneira geral, o número de internações foi maior entre o sexo masculino, na faixa etária de 65 anos ou mais, conforme é comumente descrito na literatura (4,93,94). Quando verificada a média de idade dos internados, moradores de cada um dos bairros separadamente, obteve-se resultado superior a 40 anos. A única exceção foi o bairro Pau Miúdo, quando avaliado no ano de 2015, em que a média de idade foi 32 anos.

De acordo com o documento *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease* (GOLD), proposto pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pelo *National Heart, Lung, and Blood Institute* dos EUA, a idade costuma ser listada como um fator de risco para DPOC, contudo não está claro se o processo comum de envelhecimento, por si só, já predispõe o indivíduo a essa doença ou se a idade reflete a soma das exposições cumulativas ao longo da vida (4,95). Há estudos propondo que o envelhecimento prematuro acelerado dos pulmões pode ser um mecanismo de desenvolvimento da DPOC (96,97). O declínio da função

pulmonar ocorre comumente com o envelhecimento, havendo redução do volume expiratório forçado em um segundo (FEV1), da mesma forma que pacientes afetados por DPOC muitas vezes apresentam a relação FEV1/FVC $< 0,70$ e aumento do volume residual. Isso ocorre porque a fisiologia dos pulmões envelhecidos e os pulmões afetados por DPOC são semelhantes, sendo evidentes condições como recuo elástico dos pulmões, enrijecimento da parede torácica e alteração da troca gasosa (98).

Há um predomínio de homens portadores de DPOC em países menos desenvolvidos, ao passo que nos estudos realizados em países desenvolvidos ocorre uma prevalência de DPOC semelhante em ambos os sexos, fato explicado pelas mudanças nos padrões do tabagismo e ocupação (4,94). A DPOC é considerada historicamente uma doença mais observada no homem quando comparado à mulher (4), porém, em décadas recentes, houve uma rápida elevação na prevalência, morbidade e mortalidade em mulheres, que tem sido amplamente atribuída não apenas ao aumento no consumo de tabaco entre elas, como também ao fato de atualmente exercerem funções e empregos que antes eram ocupados por homens. Entretanto, a influência do sexo na DPOC é complexa e envolve vários outros fatores, incluindo suscetibilidade diferencial aos efeitos do tabaco, diferenças anatômicas, hormonais e comportamentais e resposta diferencial à terapia (72).

O maior número de moradores internados, durante o período avaliado, foi verificado no bairro Pernambués (N=35). Houve um decréscimo do número de internações desse bairro quando comparados os anos 2014 (N=30) e 2015 (N=5). Durante o período 2014-2015, os demais bairros seguiram em ordem decrescente de número de internações: Bonfim, Pau Miúdo e Caixa D`água.

A partir da análise dos dados socioeconômicos e sociodemográficos dos bairros em estudo, verificou-se que Pernambués, o bairro que registrou o maior número de moradores que se internaram durante 2014-2015, apresentou a maior densidade populacional e, assim como o Pau Miúdo, a menor proporção de alfabetizados, quando comparado aos demais bairros em análise. Maiores densidades populacionais podem indicar aglomerações, o que aumenta o risco de propagação de infecções, principalmente nos meses de inverno, quando a ventilação tende a ser insuficiente, promovendo aumento de temperatura e umidade no interior das moradias, o que pode desencadear o agravamento da DPOC. A menor proporção de moradores alfabetizados, também verificada em Pernambués, indica menor grau de instrução, determinando que as pessoas se exponham mais frequentemente a situações de risco, a exemplo do tabagismo, hábitos alimentares pouco saudáveis e negligência quanto à importância da busca de assistência médica, dentre outras questões (87). Observou-se também

que a proporção de alfabetizados nesses quatro bairros apresentou-se abaixo do dado encontrado para o município de Salvador – 0,99.

Durante o período 2014-2015, o bairro Caixa D'água foi o que registrou o menor número de moradores que se internaram. Em comparação ao bairro Pernambués, o bairro Caixa D'água apresentou maior renda média por domicílio, menor densidade populacional e maior proporção de alfabetizados, sugerindo que condições socioeconômicas menos favorecidas podem estar associadas à DPOC (4,85,87,88). No estudo de Grigsby et al. (99), compilaram-se dados da função pulmonar, dados demográficos e *status* socioeconômico de três estudos populacionais realizados em países da América do Sul, contando com 11.042 participantes de idades entre 35 e 95 anos. Verificou-se a associação entre a prevalência de DPOC e os indicadores de *status* socioeconômicos ajustados para idade, sexo, autorrelato de tabagismo diário e exposição à fumaça de biomassa. Nessa análise de vários estudos de base populacional, consideraram-se como fatores associados à DPOC as seguintes variáveis: menor grau de escolaridade, menor renda familiar e menor índice composto de *status* socioeconômico (99).

Ao verificar o total de estabelecimentos de saúde em cada bairro, constatou-se que não existiam hospitais em Pernambués, o bairro que apresentou maior número de moradores que foram internados, havendo apenas três Centros de saúde/UBS no mesmo. Uma hipótese a ser levantada é que, embora houvesse três Centros de Saúde/UBS, a atenção primária pode não ter sido suficiente para evitar internações. No Bonfim, o segundo bairro com maior número de moradores que foram internados, existia apenas um centro de saúde/UBS mais próximo de todas as moradias e, embora apresente uma menor distância (453m), talvez um único Centro de Saúde/UBS não tenha sido suficiente para atender a população inteira desse bairro, o que poderia levar ao agravamento da doença, podendo justificar o fato do número de internações nesse local ter sido um dos mais elevados.

Este trabalho apresenta algumas limitações. Uma delas é que, apesar de os dados das internações terem sido obtidos de uma fonte oficial (DATASUS), comumente utilizada, eles podem conter erros diagnósticos e/ou subnotificação dos casos, além de não oferecer informações adicionais sobre os pacientes internados, tais como o estado nutricional, ausência de comorbidades, histórico médico, condição de moradia ou trabalho, exposição a poluentes atmosféricos, uso doméstico de fogão a lenha, tabagismo, fumo passivo, entre outras condições que possam estar associadas à DPOC. Além do mais, os dados das internações neste trabalho referem-se apenas àqueles ocorridos na rede pública, excluindo as internações

de caráter privado ou por planos de saúde. É válido lembrar que a fonte utilizada se presta primordialmente para fins contábeis.

Outra limitação é quanto aos dados do Censo Demográfico, que são referentes ao mais recente, ocorrido em 2010. O Censo Demográfico é a única fonte de pesquisa capaz de oferecer dados intramunicipais, porém a situação socioeconômica pode ter se modificado durante os anos seguintes, após 2010.

Há uma escassez de estudos semelhantes disponíveis na literatura para embasar a discussão deste trabalho e, inclusive, acredita-se que não tenham sido realizados, até o momento, estudos com o mesmo objetivo, o que torna este trabalho pioneiro. Entretanto, mesmo considerando as limitações, foi possível responder aos objetivos propostos.

4.2.5 Conclusão

Não houve relação de dependência entre as internações e os locais das moradias dos internados, visto que o padrão de distribuição espacial dos casos de internações por DPOC foi do tipo aleatório. Identificou-se a existência de três regiões de maior concentração das moradias dos indivíduos internados, abrangendo quatro bairros: Bonfim, Caixa D'água, Pau Miúdo e Pernambués. O maior número de internações foi registrado entre os moradores de Pernambués e Bonfim, seguidos por Pau Miúdo e Caixa D'água. O número mais elevado de internações ocorreu entre indivíduos do sexo masculino (55%) com média de idade de 57 anos.

Em comparação ao bairro Pernambués, o bairro Caixa D'água apresentou maior renda média por domicílio, menor densidade populacional e maior proporção de alfabetizados, sugerindo que condições socioeconômicas menos favorecidas estejam associadas à DPOC.

Pode-se ainda inferir que uma provável insuficiência no atendimento básico à saúde supostamente favoreça o agravamento dos casos de DPOC, levando, conseqüentemente, a um maior número de internações por conta dessa doença.

Agradecimentos

À geógrafa Vívian Alessandra cujo auxílio e colaboração foram essenciais ao desenvolvimento deste trabalho.

5 DISCUSSÃO

De acordo com os resultados do primeiro estudo que integra este trabalho, o número mais elevado de internações ocorreu entre indivíduos do sexo masculino (57%) com média de idade de 63 anos. No segundo estudo, o número mais elevado de internações também ocorreu entre indivíduos do sexo masculino (55%), porém com média de idade de 57 anos. Esse perfil referente ao sexo e à faixa etária foi semelhante em ambos os estudos e está em concordância com o que é comumente descrito na literatura para a DPOC.

De acordo com o documento *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease* (GOLD), proposto pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pelo *National Heart, Lung, and Blood Institute* dos EUA, a idade costuma ser listada como um fator de risco para DPOC, contudo não está claro se o processo comum de envelhecimento, por si só, já predispõe o indivíduo a essa doença ou se a idade reflete a soma das exposições cumulativas ao longo da vida (4,95). Há estudos propondo que o envelhecimento prematuro acelerado dos pulmões pode ser um mecanismo de desenvolvimento da DPOC (96,97) e que o envelhecimento das vias aéreas e do parênquima pulmonar simula algumas das modificações estruturais associadas à DPOC (71). O declínio da função pulmonar ocorre comumente com o envelhecimento, havendo redução do volume expiratório forçado em um segundo (FEV1), da mesma forma que pacientes afetados por DPOC muitas vezes apresentam a relação $FEV1/FVC < 0,70$ e aumento do volume residual. Isso ocorre porque a fisiologia dos pulmões envelhecidos e os pulmões afetados por DPOC são semelhantes, sendo evidentes condições como recuo elástico dos pulmões, enrijecimento da parede torácica e alteração da troca gasosa (98).

Quando avaliadas as variáveis sexo e tempo de permanência (em dias) dos pacientes na internação, observou-se que, durante todo o período analisado, as internações foram mais frequentes nos indivíduos do sexo masculino e estes permaneceram por mais tempo hospitalizados. Esse achado talvez possa ser explicado pelo fato de o sexo provavelmente influenciar nas atividades profissionais e hábitos de consumo de tabaco, o que resultaria em certas exposições ocupacionais e/ou ambientais que podem favorecer o surgimento da doença e/ou consequente agravamento do quadro (72). De acordo com dados mais recentes da pesquisa elaborada pela Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (VIGITEL), no ano de 2019, nas 27 capitais brasileiras, a frequência de adultos fumantes foi de 9,8%, sendo maior no sexo masculino (12,3%) do que no feminino

(7,7%) (73). Esse padrão também foi observado nos anos de 2014 e 2015, conforme pesquisas elaboradas pela mesma entidade naquele período (74,75).

Apesar de terem sido observadas mudanças quanto ao perfil de ocorrência e evolução da DPOC entre homens e mulheres, os profissionais de saúde ainda continuam a fazer diagnósticos tardios da DPOC em mulheres (72,100). Supostamente, as mulheres podem sofrer atraso no diagnóstico de DPOC, em parte, devido ao adiamento voluntário do acesso a uma consulta ou, em alguns pacientes, pela prevalência de sintomas de fadiga ou depressão que apontam para outro tipo de patologia e conduta para tratamento (100).

Embora seja predominante a ocorrência de DPOC em homens em países menos desenvolvidos, estudos realizados em países desenvolvidos demonstram que ocorre uma prevalência de DPOC semelhante em ambos os sexos, fato explicado pelas mudanças nos padrões do tabagismo e ocupação (4,94). A DPOC é considerada historicamente uma doença mais observada no homem quando comparado à mulher (4), todavia, em décadas recentes, houve uma rápida elevação na prevalência, morbidade e mortalidade em mulheres, o que tem sido amplamente atribuído não apenas ao aumento no consumo de tabaco entre elas, como também ao fato de atualmente exercerem funções e empregos que antes eram ocupados por homens. Entretanto, a influência do sexo na DPOC é complexa e envolve vários outros fatores, incluindo suscetibilidade diferencial aos efeitos do tabaco, diferenças anatômicas, hormonais e comportamentais e resposta diferencial à terapia (72).

Sabe-se que o tabagismo é considerado o fator de risco mais bem estudado para a DPOC, mas este não é apenas o único fator. Além disso, entre os fumantes com carga tabágica alta, menos de 50% desenvolvem a doença. Há evidência consistente de estudos epidemiológicos que não fumantes também podem apresentar limitação crônica do fluxo aéreo (4). A exposição passiva ao fumo do cigarro, também conhecida como fumo do tabaco ambiental, pode contribuir para os sintomas respiratórios e DPOC (76) por conta do aumento da carga total de partículas e gases inalados. O fumo durante a gravidez pode colocar o feto em risco por afetar o crescimento e desenvolvimento do pulmão *in utero* e possivelmente o preparo do sistema imune (101).

A DPOC resulta de interações complexas entre genes e ambiente. Alguns fatores hospedeiros predispõem os indivíduos a desenvolver a doença, como anormalidades genéticas. O fator de risco genético que é mais bem documentado é uma deficiência hereditária grave da enzima alfa-1 antitripsina (AAT), doença hereditária que afeta os pulmões e fígado. A alfa-1 antitripsina é o principal inibidor circulante de serinas proteases e suas funções fisiológicas mais importantes são a proteção do tecido pulmonar contra enzimas

proteolíticas agressivas e a regulação dos processos imunológicos pulmonares. Tem-se atribuído o enfisema pulmonar relacionado à deficiência de AAT ao desequilíbrio na relação funcional protease-antiprotease, haja vista que níveis séricos reduzidos de AAT (ou moléculas disfuncionais) são insuficientes para proteger os pulmões da ação elastolítica da elastase neutrofílica e de outras agressões. Logo, a lesão resultante seria consequência do aumento dos fatores agressores (exposição a poluentes ambientais, tabagismo, infecções, eventualmente fatores ocupacionais) e/ou da redução dos mecanismos protetores (notadamente os níveis séricos de AAT) com desvio no equilíbrio em favor da ocorrência de dano pulmonar acelerado (4,78,79).

Para a realização do estudo 1, o valor médio de cada poluente e de cada variável ambiental foi obtido a partir dos seus valores máximos diários, em cada uma das oito estações de monitoramento do ar. Procedeu-se dessa forma devido ao fato de a distribuição dos dados terem apresentado um comportamento aproximadamente simétrico em torno da média. Além disso, o número de internações foi avaliado para a cidade de Salvador como um todo, então os valores das concentrações dos poluentes foram unificados para que fosse atribuído um valor único à cidade de Salvador.

Durante o período 2014-2015, o maior número de internações ocorreu nos meses de fevereiro, julho e outubro, quando também foram verificados os maiores valores totais de concentrações dos poluentes SO₂, NO₂ e O₃, respectivamente. Encontrou-se correlação positiva moderada entre o número de internações e o NO₂, indicando que o número de internações tenha relação com as concentrações desse poluente. Descobriu-se correlação negativa moderada entre o número de internações e o SO₂, significando que à medida que aumentaram os números de internações havia redução nas concentrações desse poluente. É válido ressaltar que tais correlações não foram estatisticamente significativas (estudo 1).

O papel da poluição do ar, como fator de risco para a DPOC, foi evidenciado em estudos que demonstram esse tipo de associação. De acordo com Ghozikali et al. (80), 2% (95% IC: 0,8-3,1%) das hospitalizações por DPOC são atribuídas a concentrações médias diárias do O₃ superiores a 10µg/m³ (80). Além disso, 0,7% (95% IC: 0,1-1,8%) e 0,5% (95% IC: 0-1%) dos casos de admissões hospitalares de DPOC foram atribuídos a concentrações de NO₂ e SO₂ acima de 10µg/m³, evidenciando que os poluentes O₃, NO₂ e SO₂ têm impacto significativo sobre a internação por DPOC. Estudos têm mostrado uma associação entre níveis ambientais de material particulado (MP_{2,5} e MP₁₀) e prevalência de DPOC (55,102).

Existem também evidências de que a poluição atmosférica tem um impacto significativo na maturação e desenvolvimento dos pulmões. Um estudo apontou que crianças

provenientes de comunidades apresentando níveis ambientais mais elevados de dióxido de nitrogênio (NO₂) e material particulado (MP_{2,5}) são cinco vezes mais prováveis de apresentar função pulmonar reduzida quando comparadas às crianças provenientes de comunidades apresentando níveis mais baixos desses poluentes (82). De maneira importante, os decréscimos nas concentrações do NO₂ e do MP_{2,5} no ambiente reduziram significativamente o risco de ocorrência do desenvolvimento pulmonar prejudicado (81). Estudos multicêntricos na América do Norte e em países da Europa ocidental relataram que um crescimento nos níveis de material particulado, ozônio, óxidos de nitrogênio (NO_x) e dióxido de enxofre ocasiona aumentos na prevalência, visitas ao pronto-socorro e hospitalização devido a doenças respiratórias crônicas, como a asma e DPOC (83).

No segundo estudo, ao verificar se as concentrações dos poluentes atmosféricos estiveram dentro dos padrões estabelecidos pela legislação nacional vigente durante o período de 2014 a 2015, representada pela Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990, e padrões da qualidade estabelecidos pela OMS (2005), constatou-se que as concentrações dos poluentes atmosféricos MP₁₀ e SO₂ ultrapassaram esses limites. Registraram-se concentrações do MP₁₀ que ultrapassaram os limites diários definidos pela Resolução CONAMA e pela OMS, como também ultrapassagens dos limites anuais definidos pela OMS. Quanto ao SO₂, verificaram-se ultrapassagens dos limites diários das suas concentrações definidos pela OMS.

É possível observar a existência de divergências entre os valores previstos para os padrões de concentração de poluentes determinados pelo CONAMA e os estabelecidos pelas diretrizes da OMS. Essa discrepância deve-se, principalmente, ao fato de os padrões CONAMA terem sido estabelecidos em 1990 com base no conhecimento vigente àquela época. As diretrizes da OMS, revisadas em 2005, já refletem o conhecimento acumulado nos diversos estudos científicos realizados mais recentemente, que indicam que os efeitos deletérios dos poluentes atmosféricos sobre a saúde humana são percebidos em concentrações muito menores que aquelas previstas anteriormente. A título de exemplo, constatou-se que o padrão CONAMA apresenta valor limite para MP₁₀ três vezes superior aos valores-guia definidos pela OMS (84).

Do total de 641 registros de internações que foram utilizados para a realização do primeiro estudo, foi possível georreferenciar 617 registros do banco de internamentos, ou seja, 96,25% do total de casos das intenções por DPOC nos anos de 2014 e 2015. Os registros que não foram encontrados na consulta à base dos Correios foram excluídos das etapas posteriores das análises do segundo estudo.

Verificou-se que as internações por DPOC apresentaram um padrão do tipo aleatório, significando que no conjunto de dados dessas internações, durante o período 2014-2015, não houve relação de dependência entre as internações e a localização das moradias (estudo 2).

Identificaram-se três grandes regiões de concentração das moradias dos indivíduos internados, abrangendo quatro bairros: Bonfim, Caixa D'água, Pau Miúdo e Pernambués (estudo 2).

No segundo estudo, a partir da análise dos dados socioeconômicos e sociodemográficos dos bairros em estudo, constatou-se que Pernambués, o bairro que registrou o maior número de moradores que se internaram durante 2014-2015, apresentou a maior densidade populacional e, assim como o Pau Miúdo, a menor proporção de alfabetizados, quando comparado aos demais bairros em análise. Maiores densidades populacionais podem indicar aglomerações, o que aumenta o risco de propagação de infecções, principalmente nos meses de inverno, quando a ventilação tende a ser insuficiente, promovendo aumento de temperatura e umidade no interior das moradias, o que pode desencadear o agravamento da DPOC. A menor proporção de moradores alfabetizados, também verificada em Pernambués, indica menor grau de instrução, determinando que as pessoas se exponham mais frequentemente a situações de risco, a exemplo do tabagismo, hábitos alimentares pouco saudáveis e negligência quanto à importância da busca de assistência médica, dentre outras questões (87). Percebeu-se também que a proporção de alfabetizados nesses quatro bairros apresentou-se abaixo do dado encontrado para o município de Salvador – 0,99.

Durante o período 2014-2015, o segundo estudo apresentou que o bairro Caixa D'água foi o que registrou o menor número de moradores que se internaram. Em comparação ao bairro Pernambués, o bairro Caixa D'água apresentou maior renda média por domicílio, menor densidade populacional e maior proporção de alfabetizados, sugerindo que condições socioeconômicas menos favorecidas podem estar associadas à DPOC (4,85,87,88). No estudo de Grigsby et al. (99), compilaram-se dados da função pulmonar, dados demográficos e *status* socioeconômico de três estudos populacionais, realizados em países da América do Sul, contando com 11.042 participantes de idades entre 35 e 95 anos (98). Identificou-se a associação entre a prevalência de DPOC e os indicadores de *status* socioeconômicos ajustados para idade, sexo, autorrelato de tabagismo diário e exposição à fumaça de biomassa. Nessa análise de vários estudos de base populacional, consideraram-se como fatores associados à DPOC as seguintes variáveis: menor grau de escolaridade; menor renda familiar; e menor índice composto de *status* socioeconômico (99).

O *status* socioeconômico pode estar relacionado ao baixo peso ao nascer, como o seu impacto no crescimento e desenvolvimento dos pulmões, e por sua vez a suscetibilidade à doença. Tais fatores citados, por exemplo, talvez possam explicar a ocorrência das internações registradas nessa população estudada, sobretudo nos indivíduos com faixas etárias inferiores a 40 anos.

Ao verificar, no segundo estudo, o total de estabelecimentos de saúde em cada bairro, constatou-se que não existiam hospitais em Pernambués, o bairro que apresentou maior número de moradores que foram internados, havendo apenas três Centros de saúde/UBS no mesmo. Uma hipótese a ser levantada é que, embora houvesse três Centros de Saúde/UBS, a atenção primária pode não ter sido suficiente para evitar internações. No Bonfim, o segundo bairro com maior número de moradores que foram internados, existia apenas um centro de saúde/UBS mais próximo de todas as moradias e, embora apresente uma menor distância (453m), talvez um único Centro de Saúde/UBS não tenha sido suficiente para atender a população inteira desse bairro, o que poderia levar ao agravamento da doença, podendo justificar o fato do número de internações nesse local ter sido um dos mais elevados.

6 CONCLUSÃO

No primeiro estudo que compõe este trabalho, o número mais elevado de internações ocorreu entre indivíduos do sexo masculino (57%), com média de idade de 63 anos. No segundo estudo, o número mais elevado de internações também ocorreu entre indivíduos do sexo masculino (55%), com média de idade de 57 anos.

No primeiro estudo, encontrou-se correlação positiva moderada, porém estatisticamente não significativa, entre o número de internações e o NO₂. Tais achados sugerem que a exposição a poluentes atmosféricos esteja associada ao número de internações.

As concentrações dos poluentes atmosféricos MP₁₀ e SO₂ ultrapassaram os limites estabelecidos pela legislação nacional vigente durante o período do estudo e pela recomendação da OMS (estudo 1).

No segundo estudo, identificou-se que o perfil da distribuição espacial dos casos de internações foi do tipo aleatório, significando que não houve relação de dependência entre as internações e os locais das moradias dos internados. Constatou-se a existência de três regiões de maior concentração das moradias dos indivíduos internados, abrangendo quatro bairros: Bonfim, Caixa D'água, Pau Miúdo e Pernambués. O maior número de internações foi registrado entre os moradores de Pernambués e Bonfim, seguidos por Pau Miúdo e Caixa D'água.

Em comparação ao bairro Pernambués, o bairro Caixa D'água apresentou maior renda média por domicílio, menor densidade populacional e maior proporção de alfabetizados, sugerindo que condições socioeconômicas menos favorecidas estejam associadas à DPOC (estudo 2).

Pode-se inferir, por meio do segundo estudo, que uma provável insuficiência no atendimento básico à saúde supostamente favoreça o agravamento dos casos de DPOC, levando, conseqüentemente, a um maior número de internações por conta dessa doença.

REFERÊNCIAS

1. World Health Organization (WHO). Chronic respiratory diseases [Internet]. 2016. [acesso em: 2016 Nov 08]. Disponível em: <http://www.who.int/respiratory/en/>.
2. World Health Organization (WHO). Chronic respiratory diseases [Internet]. [acesso em: 2020 June 06]. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/chronic-respiratory-diseases#tab=tab_1.
3. World Health Organization (WHO). Chronic respiratory diseases [Internet]. [acesso em: 2020 June 06]. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/chronic-respiratory-diseases#tab=tab_2.
4. Global Strategy For The Diagnosis, Management, And Prevention Of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (GOLD). Global initiative for chronic obstructive lung disease. Wisconsin, USA [Internet]. ©2020. [acesso em: 2020 Mar 05]. Disponível em: https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2019/12/GOLD-2020-FINAL-ver1.2-03Dec19_WMV.pdf.
5. World Health Organization (WHO). Cardiovascular diseases. Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) [Internet]. [acesso em: 2020 June 06]. Disponível em: [https://www.who.int/news-room/q-a-detail/what-is-chronic-obstructive-pulmonary-disease-\(copd\)](https://www.who.int/news-room/q-a-detail/what-is-chronic-obstructive-pulmonary-disease-(copd)).
6. Ministério da Saúde (BR). Departamento de Informática do SUS (DATASUS). Morbidade hospitalar do SUS – Por local de residência [Internet]. [acesso em: 2020 fev 17]. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/nruf.def>.
7. Ministério da Saúde (BR). Departamento de Informática do SUS (DATASUS). Morbidade hospitalar do SUS – Por local de residência [Internet]. [acesso em: 2020 fev 17]. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/nrba.def>.
8. Castro AHS, Araújo RS, Silva GMM. Qualidade do ar – Parâmetros e controle e efeitos na saúde humana: uma breve revisão. HOLOS. 2013;5(29):107-16.
9. Eisner MD, Anthonisen N, Coultas D, Kuenzli N, Perez-Padilla R, Postma D, et al. An official American Thoracic Society public policy statement: novel risk factors and the global burden of chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 2010;182(5):693-718.
10. Salvi SS, Barnes BJ. Chronic obstructive pulmonary disease in non-smokers. *Lancet*. 2009;374(9691):733-43.
11. Paulin LM, Diette GB, Blanc PD, Putchá N, Eisner MD, Kanner RE, et al. Occupational exposures are associated with worse morbidity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 2015;191(5):557-65.
12. World Health Organization (WHO). New report identifies four ways to reduce health risks from climate pollutants [Internet]. 2016. [acesso em: 2016 Oct 04]. Disponível

em: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/reducing-climate-pollutants/en/>.

13. Carvalho TS, Almeida E. A Hipótese da curva de Kuznets ambiental global: uma perspectiva econométrico-espacial. *Estudo Econômicos*. 2010;40(3):587-615.
14. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº491 de 19 de novembro de 2018 [Internet]. [acesso em: 2021 jan 20]. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058895/do1-2018-11-21-resolucao-n-491-de-19-de-novembro-de-2018-51058603.
15. Bártholo RM. Diferenças clínicas entre asma e doença pulmonar obstrutiva crônica. *Revista HUPE*. 2013;12(2):62-70.
16. Hogg JC, Timens W. The Pathology of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Annu Rev Pathol*. 2009;4:435-59.
17. Barnes PJ. Inflammatory mechanisms in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Allergy Clin Immunol*. 2016;138(1):16-27.
18. Sze MA, Dimitriu PA, Suzuki M, McDonough JE, Campbell JD, FI, et al. Host response to the lung microbiome in chronic obstructive pulmonary disease. *Am j Respir Crit care Med*. 2015;192(4):438-45.
19. Lee SH, Goswami S, Grudo A, Li-zhen C, Bandi V, Goodnight-White S, et al. Antielastin autoimmunity in tobacco smoking-induced emphysema. *Nat Med*. 2007; 13(5):567-9.
20. Lundgren F, Maranhão B, Jardim JR, Fernandes FLA, Mattos W. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia Associação de Medicina Intensiva Brasileira. Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica: exacerbação. 2012;1-32.
21. Arbex MA, Santos UP, Martins LC. A poluição do ar e o sistema respiratório. *J Bras Pneumol*. 2012;38(5):643-55.
22. Braga A, Böhm MG, Pereira LAA, Saldiva P. Poluição atmosférica e saúde humana. *Revista USP*. 2001;51:58-71.
23. Ministério do meio ambiente (MMA). Qualidade do ar [Internet]. 2016. [acesso em: 2016 out 28]. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar>.
24. Lui Y, Goodson JM, Zhang Bo, Chin MT. Air pollution and adverse cardiac remodeling: clinical effects and basic mechanisms. *Front Physiol*. 2015;6(162):1-7.
25. Brasil. Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde Ambiental (SISAM). Poluentes atmosféricos. Material Particulado Fino (PM_{2,5}) [Internet]. [acesso em: 2018 maio 15]. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas/sisam/poluentes-atmosfericos/>.

26. Sampaio JCM de S. Relação entre poluição do ar e internações por doenças respiratórias em crianças no município de São Paulo [dissertação Internet]. Santos-SP: Universidade Católica de Santos; 2015 [acesso em 2020 nov 05]. Disponível em: http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/SANT_14a5423701f617c103334cce85d5aa3e.
27. World Health Organization (WHO). Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen, dioxide and sulfur dioxide. Copenhagen: World Health Organization; 2005.
28. Künzli N, Perez L, Rapp R. Air quality and health. Lausanne: European Respiratory Society; 2010.
29. Cetesb. Qualidade do ar [Internet]. [acesso em: 06 nov 2020]. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>.
30. Zhu Y, Zhang Q. Ultrafine particles and other air pollutants In and Around School Buses 2014. Health Effects Institute [Internet]. [acesso em 2015 Apr 26]. Disponível em: <http://pubs.healtheffects.org/getfile.php?u=979>.
31. Horgnies M, Dubois-Brugger I, Gartner EM. NO_x de-pollution by hardened concrete and the influence of activated charcoal additions. *Cem Concr Res*. 2012; 42:1348-55.
32. Godowitch JM, Pouliot GA, Rao ST. Assessing multi-year changes in modeled and observed urban NO_x concentrations from a dynamic model evaluation perspective. *Atmosc Environ*. 2010;44(24):2894-901.
33. Saravanan S, Nagarajan G, Anand S, Sampath S. Correlation for thermal NO_x formation in compression ignition (CI) engine fuelled with diesel and biodiesel. *Energy*. 2012;42(1):401-10.
34. Salonena H, Salthammer T, Morawskab L. Human exposure to NO₂ in school and office indoor environments. *Environ Int*. 2019;130:104887.
35. Batisse E, Goudreau S, Baumgartner J, Smargiassi A. Socio-economic inequalities in exposure to industrial air pollution emissions in Quebec public schools. *Can J Public Health*. 2017;108:e505.
36. Demirel G, Ozden O, Doğeroğlu T, Gaga EO. Personal exposure of primary school children to BTEX, NO₂ and ozone in Eskişehir, Turkey: relationship with indoor/outdoor concentrations and risk assessment. *Sci Total Environ*. 2014;473-74: 537-48.
37. Ielpo P, Mangia C, Marra GP, Comite V, Rizza U, Uricchio VF, Fermo C. Outdoor spatial distribution and indoor levels of NO₂ and SO₂ in a high environmental risk site of the South Italy. *Sci Total Environ* 2019;648:787-97.
38. Meier R, Eeftens M, Phuleria HC, Ineichen A, Corradi E, Davey M, et al. Differences in indoor versus outdoor concentrations of ultrafine particles, PM_{2.5}, PM absorbance and NO₂ in Swiss homes. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2015;25:499-505.

39. Wang T, Cheung TF, Li YS, Yu XM, Blake DR. Emission characteristics of CO, NO_x, SO₂ and indications of biomass burning observed at a rural site in eastern China. *J Geophys Res.* 2002;107(12):9-10.
40. Inomata Y, Iwasaka Y, Osada K, Hayashi M, Mori I, Kido M, et al. Vertical distributions of particles and sulfur gases (volatile sulfur compounds and SO₂) over east Asia: comparison with two aircraft borne measurements under the asian continental out flow in spring and winter. *Atmos Environ.* 2006;40(3):430-44.
41. Cançado JED, Braga ALF, Pereira LAA, Arbex MA, Saldiva PHN, Santos UP. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. *J Bras Pneumol.* 2006;32(Supll 1):S5-11.
42. Kumar V, Abbas AK, Fausto N, Mitchell RN. *Robbins & Cotran Patologia - Bases patológicas das doenças.* 8.ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2005. p. 447-53.
43. Zhang JJ, Wei Y, Fang Z. Ozone pollution: a major health hazard worldwide. *Front. Immunol.* 2019;10:2518. doi: 10.3389/fimmu.2019.02518.
44. Pirani S. Application of ozone in food industries. Doctoral program in animal nutrition and food safety. *Universita degli Studi di Milano*, 2011.
45. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 491 de 19 de novembro de 2018 [Internet]. [acesso em: 2021 jan 20]. Disponível em: http://www.dca.iag.usp.br/material/fornaro/ACA410/Resolucao_CONAMA_491_2018.pdf.
46. Kolhy LMM, Martins LC. Avaliação da prevalência de sintomas respiratórios em duas categorias de trabalhadores portuários avulsos: estiva e conferentes de carga [dissertação]. Santos-SP: Universidade Católica de Santos; 2014. 87 p.
47. Almeida RS. A industrialização e a questão ambiental na Região Sudeste do Brasil. *Caminhos de Geografia.* 2004;4:53-66.
48. Arruda RJ. Análise da associação entre poluição atmosférica e internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças adolescentes e idosos na cidade de Cubatão entre 1997 e 2004 [dissertação]. Santos-SP: Universidade Católica de Santos; 2008. 95 p.
49. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 3 de junho de 1990 [Internet]. [acesso em: 2021 jan 20]. Disponível em: http://www.ibram.df.gov.br/images/institucional/qualidade/resol_03.pdf.
50. Pereira LAA, Assunção JV, Santos UP, Braga ALF, Andrade MF, André PA, et al. O ar da cidade, ruído e as desigualdades na saúde. In: Saldiva PHN, Vormitag EMPA de A, (coordenadores). *Meio ambiente e saúde: o desafio das metrópoles.* São Paulo: Ex-Libris Comunicação Integrada; 2010. p.146-61.
51. Gomes MJM. Ambiente e pulmão. *J Bras Pneumol.* 2002;28:261-69.

52. Li R, Zhou R, Zhang J. Function of PM_{2.5} in the pathogenesis of lung cancer and chronic airway inflammatory diseases (Review). *Oncol Lett*. 2018;15:7506-14.
53. Cortez-Lugo M, Ramírez-Aguilar M, Pérez-Padilla R, Sansores-Martínez R, Ramírez-Venegas A. Effect of personal exposure to PM_{2.5} on respiratory health in a Mexican panel of patients with COPD. *Int J Environ Res Public Health*. 2015;12:10635-47.
54. Rice MB, Ljungman PL, Wilker EH, Dorans KS, Gold DR. Long-Term exposure to traffic emissions and fine particulate matter and lung function decline in the Framingham heart study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2015;191(6): 656-64.
55. Liu S, Zhou Y, Liu S, Chen X, Zou W, Zhao D, et al. Association between exposure to ambient particulate matter and chronic obstructive pulmonary disease: results from a cross-sectional study in China. *Thorax*. 2016;0:1-8. doi:10.1136/thoraxjnl-2016-208910.
56. Moreira MAC, Barbosa MA, Jardim JR, Queiroz MCC, Inácio LU. Doença pulmonar obstrutiva crônica em mulheres expostas à fumaça de fogão à lenha. *Rev Assoc Med Bras*. 2013;59(6):607-13.
57. Machin AB, Nascimento LFC. Efeitos da exposição a poluentes do ar na saúde das crianças de Cuiabá, Mato grosso, Brasil. *Cad Saúde Pública*. 2018;34(3):1.
58. Patto NV, Nascimento LFC, Mantovani KCC, Vieira LCPFS, Moreira DS. Exposure to fine particulate matter and hospital admissions due to pneumonia: effects on the number of hospital admissions and its costs. *Rev Assoc Med Bras*. 2016;62(4):342-6.
59. Central de Tratamento de Efluentes Líquidos (CETREL) [Internet]. [acesso em: 2019 Nov 23]. Disponível em: <https://www.cetrel.com.br/>.
60. Cho G. *Spatial processes: models and applications* por AD Cliff e JK Ord. Londres: Pion Limited; 1981. doi: 10.1080/00690805.1983.10438243. ISBN: 08-85086-081-4.
61. Documentação do QGIS 2.8 [Internet]. [acesso em 2020 jul 30]. Disponível em: https://docs.qgis.org/2.8/pt_BR/docs/user_manual/plugins/plugins_heatmap.html?highlight=heatmap.
62. Barnes PJ, Burney PG, Silverman EK, Celli BR, Vestbo J, Wedzicha JA. Chronic obstructive pulmonary disease. *Nat Rev*. 2015;1:15076. doi: 10.1038 / nrdp.2015.76.
63. Kumar V, Abbas AK, Fausto N, Aster JC. *Robbins & Cotran Patologia- Bases patológicas das doenças*. Rio de Janeiro: Elsevier; 2010. 1458p.
64. Amâncio CT, Nascimento LFC. Asma e poluentes ambientais: um estudo de séries temporais. *Rev Assoc Med Bras*. 2012;58(3):302-7.

65. Jasinski R, Pereira LAA, Braga ALF. Poluição atmosférica e internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças e adolescentes em Cubatão, São Paulo, Brasil, entre 1997 e 2004. *Cad Saúde Pública* [Internet]. 2011 [acesso em: 2020 nov 13];27(11):2242-52. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2011001100017>.
66. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). População [Internet]. [acesso em: 2017 abr 21]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>.
67. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Salvador, 2017 [Internet]. [acesso em: 2017 mar 15]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/salvador/panorama>.
68. Peleteiro TS, Pereira LJX, Souza-Machado A. Análise descritiva das internações e óbitos por asma em Salvador, Bahia. *Rev Ciênc Méd Biol*. 2017;16(3):400-5.
69. Transalvador - Superintendência de Trânsito de Salvador. Frota de Salvador [Internet]. [acesso em: 2020 nov 20]. Disponível em: <http://transalvador.salvador.ba.gov.br/transparencia/index.php?ano=2020>.
70. Siqueira AL, Tibúrcio JD. Estatística na área da saúde: conceitos, metodologia, aplicações e prática. Belo Horizonte: Coopmed; 2011.
71. Mercado N, Ito K, Barnes PJ. Envelhecimento acelerado do pulmão na DPOC: novos conceitos. *Thorax*. 2015;70:482-9. doi:10.1136/thoraxjnl-2014-206084.
72. Aryal S, Diaz-Guzman E, Mannino DM. Influence of sex on chronic obstructive pulmonary disease risk and treatment outcomes. *Int J COPD*. 2014;9:1145-54.
73. Vigitel Brasil. Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico. Estimativas para 2019 – Tabagismo [Internet]. 2020 [acesso em: 2020 set 26]. p.27. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigitel_brasil_2019_vigilancia_fatores_risco.pdf.
74. Vigitel Brasil. Estimativas para 2014 – Tabagismo [Internet]. 2015 [acesso em: 2021 mar 03].p.35 Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigitel_brasil_2014.pdf.
75. Estimativas para 2015 – Tabagismo [Internet]. [acesso em: 2021 mar 03].p.35. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigitel_brasil_2015.pdf
76. Yin P, Jiang CQ, Cheng KK, Lam TH, Lam KH, Miller MR, et al. Passive smoking exposure and risk of COPD among adults in China: the Guangzhou Biobank Cohort Study. *Lancet*. 2007;370:751-7.
77. McEvoy CT, Spindel ER. Pulmonary effects of maternal smoking on the fetus and child: effects on lung development, respiratory morbidities, and life long lung health. *Paediatr Respir Rev*. 2016. doi:10.1016/j.prrv.2016.08.005.

78. Strnad P, McElvaney NG, Lomas DA. Alpha1-antitrypsin deficiency. *N Engl J Med*. 2020;382:1443-55. doi: 10.1056/NEJMra1910234.
79. Cazzola M, Stolz D, Rogliani P, Matera MG. Deficiência de α_1 -antitripsina e distúrbios respiratórios crônicos. *Eur Resp Rev*. 2020;29:190073. doi:10.1183 /16000617.0073-2019.
80. Ghozikali MG, Heibati B, Naddafi K, Kloog EU, Conti G, Polosa R, et al. Evaluation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) attributed to atmospheric O₃, NO₂, and SO₂ using Air Q Model (2011–2012year). *Environ Res*. 2016;144:99-105. doi: 10.1016 / j.envres.2015.10.030.
81. Gauderman WJ, Urman R, Avol E, Berhane K, McConnell R, Rappaport E, et al. Association of improved air quality with lung development in children. *N Engl J Med*. 2015;372:905-13. doi: 10.1056/NEJMoa1414123.
82. Gauderman WJ, Avol E, Gilliland F, Vora H, Thomas D, Berhane K, et al. The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. *N Engl J Med*. 2004;351:1057-67.
83. Bayram H. Impact of air pollution on COPD. Underlying mechanisms. *Tanaffos*. 2017;16(Suppl 1):S10.
84. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). Relatório da qualidade do ar, Vitória, 2016 [Internet]. [acesso em: 2020 set 03]. Disponível em: https://iema.es.gov.br/Media/iema/CQAI/Relatorios_anuais/Relat%C3%B3rio_Anuar_de_Qualidade_do_Ar_2016.pdf.
85. Burney P, Jithoo A, Kato B, Janson C, Mannino D, Nizankowska-Mogilnicka E, et al. Chronic obstructive pulmonary disease mortality and prevalence: the associations with smoking and poverty - a BOLD analysis. *Thorax*. 2014;69:465-73. doi:10.1136/thoraxjnl-2013-204460.
86. Torres-Duque CA. Poverty cannot be inhaled and it is not a genetic condition. How can it be associated with chronic airflow obstruction? *Eur Respir J*. 2017;49:1700823. doi: 10.1183/13993003.00823-2017.
87. Mannino DM. Chronic obstructive pulmonary disease and poverty: an association that respects no borders.. *Int J Tuberc Lung Dis*. 2020;24(2): doi: 10.5588/ijtld.19.0767.
88. Townend J, Minelli C, Mortimer K, Obaseki DO, Ghobain MA, Cherkaski H, et al. The association between chronic airflow obstruction and poverty in 12 sites of the multinational BOLD study. *Eur Respir J*. 2017;49:1601880.
89. Wang W, Ying Y, Wu Q, Zhang H, Ma D, Xiao W. A GIS-based spatial correlation analysis for ambient air pollution and AECOPD hospitalizations in Jinan, China. *Resp Med*. 2015;109:372e-8.
90. Rushton G. Public health, GIS, and spatial analytic tools. *Ann Rev Public Health*. 2003;24:43e56.

91. Naves LA, Porto LB, Rosa JW, Casulari LA. Geographical information system(GIS) as a new tool to evaluate epidemiology based on spatial analysis and clinical outcomes in acromegaly. *Pituitary*. 2015 Feb;18(1):8e15.
92. Salvador (BA). Lei nº 9.278 de 2017. Dispõe sobre a delimitação e denominação dos bairros do Município de Salvador [Internet]. [acesso em: 2020 ago 02]. Disponível em: <http://www.sucom.ba.gov.br/category/legislacoes/leis/>.
93. Menezes AMB, Perez-Padilla R, Jardim JRB, Muiño A, Lopez AV, Valdivia G, et al. Chronic obstructive pulmonary disease in five Latin American cities (the PLATINO study): a prevalence study. *Lancet*. 2005;366:1875-81. doi:10.1016/S0140-6736(05)67632-5.
94. Cedano S, Belasco AGS, Traldi F, Machado MCLO, Bettencourt AR de C. Influência das características sociodemográficas e clínicas e do nível de dependência na qualidade de vida de pacientes com DPOC em oxigenoterapia domiciliar prolongada. *J Bras Pneumol*. 2012;38(3).
95. Mercado N, Ito K, Barnes PJ. Accelerated ageing of the lung in COPD: new concepts. *Thorax*. 2015;70:482-9. doi:10.1136/thoraxjnl-2014-206084.
96. MacNee W. Is Chronic Obstructive Pulmonary Disease an Accelerated Aging Disease?. *Ann Am Thorac Soc*. 2016 Dec;13(5):S429-37.
97. Won-Kyung C, Lee CG, Kim LK. COPD as a disease of immunosenescence. *Yonsei Med J*. 2019 May;60(5):407-13.
98. Ito K, Barnes PJ. COPD as a disease of accelerated lung aging. *Chest*. 2009;135:173-80.
99. Grigsby M, Siddharthan T, Chowdhury MAH, Siddiquee A, Rubinstein A, Sobrino E, et al. Socioeconomic status and COPD among low- and middle-income countries. *Int J COPD*. 2016;11:2497-507.
100. Gut-Gobert C, Cavaillès A, Dixmier A, Guillot S, Jouneau S, Leroyer C, et al. Women and COPD: do we need more evidence?. *Eur Respir Rev*. 2019;28:180055. doi:10.1183/16000617.0055-2018].
101. McEvoy CT, Spindel ER. Pulmonary effects of maternal smoking on the fetus and child: effects on lung development, respiratory morbidities, and life long lung health. *Paediatr Respir Rev*. 2017 Jan;21:27-33. doi: 10.1016/j.prrv.2016.08.005.
102. Doiron D, de Hoogh K, Probst-Hensch N, Fortier I, Cai Y, De Matteis S, et al. Air pollution, lung function and COPD: results from the population-based UK Biobank study. *Eur Respir J*. 2019 July;54(1):1802140. doi: 10.1183/13993003.02140-2018.



Instituto de Ciências da Saúde
Programa de Pós-Graduação
Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas
Avenida Reitor Miguel Calmon s/n - Vale do Canela. CEP: 40110-100
Salvador, Bahia, Brasil

<http://www.ppgorgsistem.ics.ufba.br>