



Universidade de Brasília  
Faculdade de Ciências da Saúde  
Departamento de Enfermagem  
Programa de Pós-Graduação em Enfermagem

FERNANDA MONTEIRO DE CASTRO FERNANDES

ANÁLISE DA INCIDÊNCIA DE TUBERCULOSE EM TRÊS MUNICÍPIOS  
BRASILEIROS E O DISTRITO FEDERAL NA PERSPECTIVA DOS FATORES  
CLIMÁTICOS E SOCIAIS

BRASÍLIA

2018

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE ENFERMAGEM  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENFERMAGEM

FERNANDA MONTEIRO DE CASTRO FERNANDES

ANÁLISE DA INCIDÊNCIA DE TUBERCULOSE EM TRÊS MUNICÍPIOS  
BRASILEIROS E O DISTRITO FEDERAL NA PERSPECTIVA DOS FATORES  
CLIMÁTICOS E SOCIAIS

Tese apresentada como requisito parcial para a  
obtenção do título de Doutor em Enfermagem  
pelo Programa de Pós-Graduação em  
Enfermagem da Universidade de Brasília.

Área de Concentração: Cuidado, Gestão e  
Tecnologias em Saúde e Enfermagem

Linha de Pesquisa: Gestão de Sistemas e de  
Serviços em Saúde e em Enfermagem

Orientador (a): Dr. Maria do Socorro Nantua  
Evangelista

BRASÍLIA

2018

FERNANDA MONTEIRO DE CASTRO FERNANDES

ANÁLISE DA INCIDÊNCIA DE TUBERCULOSE EM TRES MUNICÍPIOS  
BRASILEIROS E O DISTRITO FEDERAL NA PERSPECTIVA DOS FATORES  
CLIMÁTICOS E SOCIAIS

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Enfermagem pelo Programa de Pós-Graduação em Enfermagem da Universidade de Brasília.

Aprovado em 27 de julho de 2018.

BANCA EXAMINADORA

---

Profª. Dr. Maria do Socorro Nantua Evangelista

Instituição: Universidade de Brasília

Presidente

---

Prof. Dr. José Ueles Braga

Instituição: Universidade Estadual do Rio de Janeiro

Membro Externo

---

Prof. Dr. Regina Maria Dias Buani dos Santos

Instituição: Escola Superior de Ciências da Saúde

Membro Externo

---

Prof. Dr. Antônio Felipe Couto Junior

Instituição: Universidade de Brasília

Membro Interno

---

Prof. Dr. Maria Cristina Soares Rodrigues

Instituição: Universidade de Brasília

Membro Interno

*Dedico esta tese a minha melhor amiga e conselheira, minha mãe, pela sua dedicação incondicional; ao meu pai que sempre se emociona com minhas conquistas, demonstrando orgulho diante do meu crescimento profissional; e sobretudo a minha filha, razão do meu viver em busca de sempre mais e mais conhecimentos.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por me guiar, encorajar e me dar sabedoria para seguir em frente, principalmente nos momentos que desanimei diante das dificuldades.

Agradeço a minha família, fonte de inspiração e energia, principalmente aos meus pais, que sempre me apoiaram, entenderam as minhas faltas e cuidaram de Julia na minha ausência.

Agradeço muito a Prof. Maria do Socorro, pelos ensinamentos acadêmicos e pela sua experiência de vida, foi mais que orientadora, foi mãe, amiga, conselheira e até companheira de viagens, enfim um ser humano único e de uma riqueza de conhecimentos invejável.

Também agradeço a oportunidade que este doutorado me proporcionou em conhecer profissionais fabulosos e o quanto aprendi com eles, ao Prof. Dr. Eder, que mesmo estranhando minha participação no departamento de Geografia me acolheu e contribuiu para meus estudos e aprendizado. Ao Prof. Dr. Ueles que me incentivou e forneceu orientações desde a qualificação do meu trabalho. Ao Prof. Dr. Felipe que além de dividir seus conhecimentos me aconselhou em diversos momentos do desenvolvimento da tese, disponível a contribuir com seus ensinamentos e experiência. Ao colega Daniel Barros que foi um excelente professor de georreferenciamento e ao Silvano Oliveira que sempre se disponibilizou a me esclarecer a análise estatística apropriada para meu estudo.

## RESUMO

FERNANDES, F M C. Análise da incidência da tuberculose em quatro municípios brasileiros na perspectiva dos fatores climáticos e sociais. 2018. 156. Tese (Doutorado) – Departamento de Enfermagem, Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

Indicadores de tuberculose (TB) no Brasil mostram disparidades entre as capitais brasileiras e a literatura mostra que fatores ambientais e sociais têm influência na carga da doença. Objetivou-se analisar a incidência da tuberculose em três municípios brasileiros e o Distrito Federal na perspectiva de fatores climáticos e sociais, entre 2003 a 2014. Trata-se de um estudo ecológico, descritivo, realizado com 131.576 casos novos de tuberculose registrados no Programa Nacional de Controle da Tuberculose. Utilizados dados ambientais (*Worldclim e Shuttle Radar Topographic Mission; INMET e IBRAN*) e socioeconômicos (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; CODEPLAN). Identificou-se maior incidência de tuberculose em homens com adoecimento no inverno (27,2%), a TB acometeu mais menores de 15 anos, no outono (28,6%). Jovens e adultos (15 a 64 anos) tiveram incremento de TB no inverno (44,3%) e em maiores de 64 anos, outono (27,1%). O adoecimento de TB no Distrito Federal (DF) predominou quando a radiação ultravioleta foi superior a 17MJ m<sup>2</sup> (67,8%) p=<0,001; umidade relativa do ar entre 31,0 e 69,0% (95,8% dos casos) p=<0,00; menos de 12 horas de luz solar diária (40,6%) p= 0,001 e temperatura entre 20°C e 23°C (72,4%), p=<0,001. A queda dos níveis de poluição no DF entre 2003 a 2012 foi de 15,2%, sendo que a fumaça, caiu 31,9% em Taguatinga, e em Sobradinho, as partículas foram menores em 13,1% e a fumaça, 19,3%, coincidindo com a diminuição dos coeficientes de incidência de TB no período. Também, observou-se maior incidência de TB na região central a sudoeste do DF (50 à ≥100 casos/100.000hab.), sendo que condições ambientais como a velocidade do vento e altitude apresentaram associação com a TB nas análises bivariada e multivariada, e a precipitação na multivariada. Adicionalmente, fatores socioeconômicos influenciaram no incremento da TB em domicílios com baixo acesso à rede de abastecimento de água, esgoto e na população analfabeta (análise bivariada), e também, nas áreas com maior densidade populacional e acesso a água potável (análise multivariada). Nos municípios de Recife, Porto Alegre, Rio de Janeiro (RJ) e o Distrito Federal, identificaram-se indicadores ambientais relacionados com TB (análise univariada), sendo a velocidade do vento (4,6 a 5,8 vezes maior) e pressão do vapor (4,6 a 5,4 vezes) os maiores riscos para o adoecimento de TB (p<0,001). O maior risco de adoecer por TB em Recife associou-se à variáveis sociais: “presença de banheiro” (153 vezes); ausência de “saneamento básico” (33 vezes); “coleta de

lixo” (49,7 vezes) e falta de “água potável” (28 vezes). Na análise multivariada, ao comparar dados ambientais e sociais, o RJ apresentou maior número de variáveis associadas à TB, dentre eles a precipitação ( $p=0,002$ ), radiação ( $p=0,020$ ) e vapor de água ( $p=0,055$ ), bem como foram fatores de proteção, a temperatura ( $p=0,003$ ) e a velocidade do vento ( $p=0,033$ ) um risco de 1,4 e 3,6 vezes maior, respectivamente. Presença de banheiro e água potável evidenciaram fator de proteção para o não adoecimento por TB ( $p<0,001$ ) no Recife e Rio de Janeiro, e ausência de tratamento de esgoto no RJ apresentou risco de 13,5 vezes maior para adoecer dessa enfermidade ( $p<0,001$ ). Enfim, a incidência de TB nos três grandes municípios e o DF foi afetada por condições sociais e ambientais, mostrando a influência destes aspectos na variação da carga de TB nas diversas áreas do país, o que oportuniza orientações preventivas na vigilância para controle da doença em grandes aglomerados urbanos, além de subsidiar gestores nas políticas de urbanização e no planejamento ambiental das cidades.

Palavras chave: Tuberculose. Determinantes sociais. Alterações climáticas.

## ABSTRACT

FERNANDES, F M C. Analysis of the incidence of tuberculosis in three Brazilian municipalities and Federal District from the perspective of climatic and social factors. 2018. 156. Thesis (Doctorate) - Department of Nursing, Faculty of Health Sciences, University of Brasília, Brasília, 2018.

Indicators of tuberculosis (TB) in Brazil show disparities between Brazilian capitals and the literature shows that environmental and social factors influence the burden of the disease. The objective of this study was to analyze the incidence of tuberculosis in three Brazilian municipalities and Federal District from the perspective of climatic and social factors between 2003 and 2014. This is an ecological, descriptive study carried out with 131,576 new cases of Tuberculosis of the Tuberculosis Control Program. Environmental data (Worldclim and Shuttle Radar Topographic Mission; INMET and IBRAN) and socioeconomic data (Brazilian Institute of Geography and Statistics, CODEPLAN) were used. In chapter I, a higher incidence of tuberculosis was identified in men with illness in winter (27.2%), the most frequent was in children under 15 years of age, in autumn (28.6%). Young people and adults (15 to 64 years) had an increase in tuberculosis in winter (44.3%) and over 64 years, autumn (27.1%). TB disease in the Federal District (DF) predominated when ultraviolet radiation exceeded 17MJ m<sup>2</sup> (67.8%)  $p = <0.001$ ; relative air humidity between 31.0 and 69.0% (95.8% of the cases)  $p = 0.000$ ; less than 12 hours of daily sunlight (40.6%),  $p = 0.001$  and temperature between 20°C and 23°C (72.4%),  $p = 0.000$ . The fall in pollution levels in the Federal District between 2003 and 2012 was 15.2%, and smoke, 31.9% in Taguatinga, as well as in Sobradinho, the particles were lower in 13.1% and smoke, 19.3%, coinciding with the incidence of tuberculosis in the same period. In Chapter II, there was a higher incidence of tuberculosis in the central region south-west of the Federal District (50 to  $\geq 100$  cases / 100,000 inhab.). Environmental conditions such as wind speed and altitude were associated with tuberculosis in multi and bivariate analyzes; and multivariate precipitation. In the socioeconomic factors, there was an increase in tuberculosis in households with low access to the water, sewage and illiterate population (bivariate analysis), as well as in areas with higher population density and access to drinking water (multivariate analysis). The environmental indicators, wind velocity (4.6 to 5.8 times) and vapor pressure (4.6 to 5.8) were identified in the univariate analysis in the municipalities of Recife, Porto Alegre, Rio de Janeiro and Federal District. 5.4 times) the highest risks for illness in municipalities ( $p <0.001$ ). Presence



of bathroom and drinking water showed a protection factor for non-TB disease ( $p < 0.001$ ) in Recife and Rio de Janeiro, and lack of sewage treatment in RJ presented a risk of 13.5 times greater to get sick of this disease ( $p < 0.001$ ). Finally, the incidence of TB in the three large municipalities and the Federal District was affected by social and environmental conditions, showing the influence of these aspects on the variation of the burden of TB in the different areas of the country, which provides preventive guidance in surveillance for disease control in large urban agglomerations, besides subsidizing managers in urbanization policies and in the environmental planning of these cities.

**Keywords:** Tuberculosis. Social determinants. Climate change.

## RESUMEN

FERNANDES, F M C. Análisis de la incidencia de la tuberculosis en tres municipios brasileños y Distrito Federal en la perspectiva de los factores climáticos y sociales. 2018. 156. Tesis (Doctorado) - Departamento de Enfermería, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Brasilia, Brasilia, 2018.

Indicadores de tuberculosis (TB) en Brasil muestran disparidades entre las capitales brasileñas y la literatura muestra que factores ambientales y sociales tienen influencia en la carga de la enfermedad. Se objetivó analizar la incidencia de la tuberculosis en tres municipios brasileños y Distrito Federal en la perspectiva de factores climáticos y sociales, entre 2003 y 2014. Se trata de un estudio ecológico, descriptivo, realizado con 131.576 casos nuevos de tuberculosis del Programa de Control de la Tuberculosis. Se utilizaron datos ambientales (Worldclim y Shuttle Radar Topographic Mission, INMET e IBRAN) y socioeconómicos (Instituto Brasileño de Geografía y Estadística, CODEPLAN). En el capítulo I se identificó mayor incidencia de tuberculosis en hombres con enfermedad en el invierno (27,2%), la franja más frecuente fue en menores de 15 años, en el otoño (28,6%). Jóvenes y adultos (15 a 64 años) tuvieron incremento de tuberculosis en el invierno (44,3%) y arriba de 64 años, otoño (27,1%). La enfermedad de TB en el Distrito Federal (DF) predominó cuando la radiación ultravioleta fue superior a 17MJ m<sup>2</sup> (67,8%)  $p = <0,001$ ; humedad relativa del aire entre 31,0 y 69,0% (95,8% de los casos)  $p = <0,00$ ; (menos de 12 horas de luz solar diaria (40,6%)  $p = 0,001$  y temperatura entre 20°C y 23°C (72,4%),  $p = <0,001$ . La caída de los niveles de contaminación en el DF entre 2003 a 2012 fue del 15,2% y el humo, el 31,9% en Taguatinga, así como en Sobradinho, las partículas fueron menores en el 13,1% y el humo, el 19,3%, coincidiendo con la disminución de los coeficientes de incidencia de tuberculosis en el mismo período. En el capítulo II, se observó mayor incidencia de tuberculosis de la región central al suroeste del Distrito Federal (50 a  $\geq 100$  casos / 100.000hab.). Las condiciones ambientales como la velocidad del viento y la altitud se asociaron con la tuberculosis en los análisis multi y bivariada; y la precipitación en la multivariada. En los factores socioeconómicos hubo incremento de la tuberculosis en domicilios con bajo acceso a la red de abastecimiento de agua, alcantarillado y en población analfabeta (análisis bivariada), y también en áreas con mayor densidad poblacional y acceso a agua potable (análisis multivariado). En el capítulo III, en los municipios de Recife, Porto Alegre, Río de Janeiro y Distrito Federal, se identificaron en la univariada los indicadores ambientales, velocidad del viento (4,6 a 5,8 veces) y presión del vapor (4,6 a 5,8 veces) 5,4 veces) los mayores riesgos para la enfermedad

en los municipios ( $p < 0,001$ ). La presencia de baño y agua potable evidenció un factor de protección para el no enfermarse por TB ( $p < 0,001$ ) en Recife y Río de Janeiro, y ausencia de tratamiento de aguas residuales en el RJ presentó riesgo de 13,5 veces mayor para enfermarse de esta enfermedad ( $p < 0,001$ ). En fin, la incidencia de TB en los tres grandes municipios y el DF fue afectada por condiciones sociales y ambientales, mostrando la influencia de estos aspectos en la variación de la carga de TB en las diversas áreas del país, lo que oportuniza orientaciones preventivas en la vigilancia para control de la enfermedad en grandes aglomerados urbanos, además de subsidiar gestores en las políticas de urbanización y en la planificación ambiental de esas ciudades.

Palabras clave: Tuberculosis. Determinantes sociales. Cambio climático.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação climática de Köppen-Geiger, segundo as regiões do Brasil, 1950.....	26
Figura 2 – Altimetria no Estado de Góias e Distrito Federal. Cardoso, 2014.....	45
Figura 3 – Classificação Climática de Koppem-Geiger para o Estado de Góias e Distrito Federal. Cardoso, 2014.....	46
Figura 4 - Distribuição espacial da taxa de incidência de tuberculose e das condições socioeconômicas e ambientais/hidrográficas no Distrito Federal, 2003 a 2015.....	64
Figura 5 - Relação entre os coeficientes de incidência de tuberculose, as condições socioeconômicas e os fatores ambientais das Regiões administrativas-ambientais/hidrográficas do Distrito Federal - Brasil de 2003 a 2015.....	66
Figura 6 - Boxplot da taxa de incidência de tuberculose segundo diferentes condições de velocidade média do vento (Q1: 1.707 km/h, Q2: 1.769 km/h, Q3: 1.801 km/h e Q4: 1.833 km/h).....	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação e níveis de cautela dos principais poluentes atmosféricos. EPA, 2012.....	34
Tabela 2 – Variáveis estudadas por unidade de medida e fonte.....	54
Tabela 3 – Características demográficas dos casos novos de tuberculose por estações do ano, de 2003 a 2012, Distrito Federal.....	58
Tabela 4 - Características climáticas por estações do ano e casos novos de tuberculose de 2003 a 2012, Distrito Federal.....	59
Tabela 5 - Características da qualidade do ar por estação do ano e casos novos de tuberculose de 2003 a 2012. Distrito Federal.....	60
Tabela 6 - Condições socioeconômicas e ambientais das 77 Regiões Administrativas-Ambientais/hidrográficas do Distrito Federal, 2003 a 2015.....	62
Tabela 7 - Associação entre a taxa de incidência de tuberculose e as condições socioeconômicas e ambientais/hidrográficas no Distrito Federal de 2003 a 2015.....	65
Tabela 8 - Distribuição dos casos de tuberculose segundo características clínicas e demográficas por município. Distrito Federal, Porto Alegre, Recife e Rio de Janeiro - 2003 a 2014.....	68
Tabela 9. Estimativas do risco de tuberculose segundo variáveis ambientais, na análise univariada. Distrito Federal, Porto Alegre, Recife e Rio de Janeiro, 2003 a 2014.....	68

Tabela 10. Estimativas do risco de tuberculose segundo variáveis sociais na análise univariada. Distrito Federal, Porto Alegre, Recife e Rio de Janeiro, 2003 a 2014.....69

Tabela 11. Estimativas do risco de tuberculose segundo variáveis sociais e ambientais por município no modelo multivariado, 2003 a 2014.....71

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características físico-químicas dos poluentes e sua relação com a saúde, Brasil, 2016.....	30
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TB – Tuberculose

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

SINAN – Sistema de Informação dos Agravos de Notificação

CODEPLAN – Companhia de Planejamento do Distrito Federal

DF – Distrito Federal

RJ – Rio de Janeiro

PA – Porto Alegre

RE - Recife

UV – Ultravioleta

OMS – Organização Mundial da Saúde

MS – Ministério da Saúde

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IBRAN – Instituto Brasília Ambiental

PTS – Partículas totais em suspensão

EPA – Environmental Protection Agency



## SUMÁRIO

<b>1.0 Introdução</b> .....	19
1.1 Crise ambiental, busca de sustentabilidade e doenças .....	20
1.2. Transição Epidemiológica .....	23
1.3. Transição Demográfica .....	25
1.4. O espaço urbano e a saúde nas grandes cidades .....	27
1.4.1. Espaço urbano saudável x doente .....	29
1.4.2. “Medicalização” da sociedade e do espaço.....	29
1.5. Aspectos da climatologia na saúde.....	30
1.5.1. A classificação climática de Köppen-Geiger.....	32
1.6. Tuberculose e sua interação com fatores ambientais.....	33
1.6.1 A sazonalidade e a tuberculose .....	34
1.6.3 Umidade e Vapor de Água .....	36
1.6.4 Temperatura .....	37
1.6.5 Vitamina D.....	38
1.6.6 Radiação UV .....	39
1.6.7. Altitude .....	41
1.6.8. Velocidade do Vento.....	42
1.7. Poluição x saúde .....	43
1.7.1 Qualidade do ar no Brasil.....	45
1.7.2 Poluentes atmosféricos .....	46
1.7.3 Poluição do ar e o adoecimento por tuberculose.....	32
1.7.4 Monitoramento da qualidade do ar .....	33
1.8. Determinação social e a Tuberculose .....	34
1.8.1 Populações vulneráveis.....	37
1.8.2. Epidemiologia da tuberculose .....	38
1.9. Características do <i>Mycobacterium tuberculosis</i> .....	39
<b>2.0. JUSTIFICATIVA</b> .....	40
<b>3.0. OBJETIVOS</b> .....	41
3.1. Objetivo Geral .....	41
3.2. Objetivos Específicos .....	41
<b>4.0 MÉTODO</b> .....	42

4.1. Áreas do estudo .....	42
4.1.1. Caracterização do Distrito Federal.....	42
4.1.2. Caracterização do município de Porto Alegre (SPM - RS, 2015).....	46
5.1.3. Caracterização do município do Rio de Janeiro .....	48
4.1.4. Caracterização do município de Recife.....	50
4.2. População.....	52
4.2.1 Critérios de inclusão.....	52
4.2.2 Critérios de exclusão.....	52
4.3. Classificação de caso de TB.....	52
4.4. Desenvolvimento do Estudo .....	52
4.5. Variáveis de Análise .....	53
4.5.1 Variáveis de Análise do Capítulo I.....	53
4.5.2 Variáveis de Análise do Capítulo II.....	54
4.5.3 Variáveis de Análise do Capítulo III.....	54
4.6. Análise estatística .....	55
4.6.1. Análise estatística do Capítulo I .....	55
4.6.2. Análise estatística do Capítulo II.....	55
4.6.3 Análise estatística do Capítulo III.....	56
4.7. Aspectos éticos .....	56
<b>5.0 RESULTADOS.....</b>	<b>56</b>
5.1 Capítulo I - Relação de fatores climáticos e qualidade do ar com a tuberculose no Distrito Federal- Brasil, 2003 a 2012.....	57
5.2 Capítulo II - Aspectos ambientais e sociais como determinantes da tuberculose no Distrito Federal- Brasil, de 2003 a 2015.....	60
5.3 Capítulo III - Riscos ambientais e sociais na incidência de tuberculose em três municípios brasileiros e o Distrito Federal, de 2003 a 2014.....	66
<b>6.0. DISCUSSÃO .....</b>	<b>73</b>
6.1 Capítulo I - Relação de fatores climáticos e qualidade do ar com a tuberculose no Distrito Federal- Brasil, 2003 a 2012.....	73
6.2. Capítulo II - Aspectos ambientais e sociais como determinantes da tuberculose no Distrito Federal- Brasil, de 2003 a 2015.....	77
6.3. Capítulo III - Riscos ambientais e sociais na incidência de tuberculose em três municípios brasileiros e o Distrito Federal, de 2003 a 2014.....	80
<b>7.0 CONCLUSÃO.....</b>	<b>84</b>
<b>8.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>86</b>

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	89
<b>APÊNDICE</b> .....	109
<b>ANEXOS</b> .....	135

## 1.0 INTRODUÇÃO

A emergência e re-emergência de doenças no mundo atual estão fortemente associadas às interações com fenômenos da degradação ambiental, sendo que a extensa urbanização, transforma os padrões de comportamentos sociais, com impacto na saúde das pessoas, particularmente, nas doenças de transmissão aérea, dentre elas a tuberculose (TB). Neste sentido, a tuberculose é problema de saúde pública, sendo que a maior parte dos casos ocorre no mundo em desenvolvimento (WHO, 2013). Trata-se de uma doença contagiosa causada por bactéria álcool-ácido-resistente, pertencente à espécie *Mycobacterium tuberculosis* (AMANFU, 2006) e até recentemente, não existiam fundamentos de que a tuberculose estivesse associada a fatores ambientais, tais como a poluição do ar e fumaça do tabaco, favorecidas pelas residências pequenas e mal ventiladas, bem como prisões superlotadas. Posteriormente, outros achados da literatura apontavam que fatores ambientais se associavam à TB, dentre eles a sazonalidade, temperatura, pluviosidade, umidade, altitude, vento e radiação, em estudos realizados em Camarões, Índia, Grã-Bretanha, Kuwait, Espanha, América, Japão e África do Sul (WINGFIELD, *et al*, 2014); temperatura (WINGFIELD *et al*, 2014), precipitação (SADEQ & BOURKADI, 2016), pressão de vapor de água (ARAÚJO, 2011), altitude (PÉREZ-GUZMÁN *et al*, 2014), velocidade do vento (CAO *et al*, 2016) e radiação solar (REZA *et al*, 2016).

Outros aspectos sociais, como pobreza, baixa renda, nível de escolaridade, desnutrição, moradia inadequada, condições ambientais desfavoráveis, desemprego, falta de saneamento, bem como, o estilo de vida pelo uso de álcool e fumo; barreiras culturais à assistência de saúde, entre outros estão associados a determinação social da tuberculose (CORTEZ, 2008). Por sua vez, quanto mais desfavorecido um país em termos de gasto *per capita* com saúde, maior dificuldade de acesso das pessoas aos serviços sanitários, inclusive para ampliar a taxa de detecção de TB e assim, identificar maior número de casos de TB (MUNAYCO, 2015).

Considerando o contexto da TB no Brasil, a enfermidade não tem uma distribuição igual, mas ao contrário a carga da doença difere por região, município e ou regional, por vezes, muito desigual, com áreas de elevada incidência de TB e outros cenários, muito baixos. E a compreensão atual sobre a produção da TB no país, é de que ela se dá em cenários de vulnerabilidades ambientais e sociais. Como entender o problema e criar estratégias programáticas em ambientes, dada as condições sociais tão adversas? Além disso, porque o Distrito Federal (DF) apresenta baixa incidência de TB em relação ao país? Será que questões

climáticas e ou sociais têm contribuído nessa redução? E na comparação do DF com outros municípios brasileiros de alta carga da TB, que fatores estão implicados nessa relação? E considerando a sazonalidade no DF é possível identificar determinadas épocas do ano ou cortes temporais em que a TB apresente maior incidência?

### **1.1 CRISE AMBIENTAL, BUSCA DE SUSTENTABILIDADE E DOENÇAS**

A degradação socioecológica resultante de processos de transformação social revelou-se como responsável pela disseminação de antigos e novos agentes etiológicos, bem como são determinantes nas mudanças do padrão epidemiológico de doenças na atualidade (WOODHOUSE, 2001; MORSE, 1998; DROTMAN, 2001). Nesse contexto, se insere as doenças re-emergentes decorrentes do ressurgimento de enfermidades após o declínio ou controle de sua incidência, tais como: dengue, leptospirose, rickettsioses, tuberculose, dentre outras doenças negligenciadas (GRECO, 2001) e de doenças respiratórias, sendo essas últimas como etiologia agravadas pela qualidade do ar das regiões e grandes aglomerados urbanos.

Adicionalmente, a emergência e ou a re-emergência de doenças estão potencializadas pela degradação dos programas de saúde pública, da globalização e da transformação rápida dos padrões de comportamentos sociais, além do impacto da pandemia de aids (MINAYO, 2002). O advento da aids introduziu ou reintroduziu nos países ricos a tuberculose, sendo que a epidemia do HIV modificou a epidemiologia dessa enfermidade, com a necessidade de revisão de conceitos e atitudes, que orientavam a prática e o controle das doenças de saúde pública (BRASIL, 2012).

Incluem-se, ainda, nesta perspectiva analítica, as transformações ocorridas na dinâmica populacional, tais como o envelhecimento, o aumento da expectativa de vida (com elevação de doenças crônicas-degenerativas e comorbidades), como também a expansão acelerada de novas situações de vida das populações submetidas a inúmeros riscos, como os moradores de rua, migrantes e refugiados das guerras civis, indígenas, usuários de drogas e grupos marginalizados dos grandes centros urbanos, dentre outros, bem como os acidentes de trânsito, homicídio e suicídios (BARATA, 2005). Todas essas situações de vulnerabilidades acima referidas repercutem nos indicadores e controle da tuberculose.

Ainda do ponto de vista do ambiente, associam-se às transições epidemiológicas e demográficas, o prognóstico futuro e catastrófico das condições climáticas, dentre eles, o efeito estufa, o aquecimento global, as tempestades e furacões, o aumento das áreas

desertificadas e a elevação do nível dos oceanos, sendo estes os aspectos levantados na discussão internacional sobre o clima terrestre (CAVALCANTI, 2009), conseqüentemente, com implicações sobre o processo saúde-doença das populações.

Atualmente, a preocupação mundial das atividades humanas no meio ambiente e a garantia da sustentabilidade dos recursos naturais para às futuras gerações, é fruto de uma negociação histórica travada desde a década passada. Na época, a grande maioria dos países integrantes das Nações Unidas adotou postura concordante com os objetivos estabelecidos na "Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima", apresentada inicialmente em Nova York e assinada na Cúpula da Terra, no Rio de Janeiro (CORDANI, 1997).

Tais convenções sobre o clima tiveram sua importância não somente por reconhecerem o problema de aquecimento global do planeta, mas, também por levarem em conta as evidentes relações ambientais com a saúde das pessoas. A partir de então, construíram-se propostas de redução e controle das emissões de gases na atmosfera (HAINES, 1992), incluindo medidas direcionadas à mitigação das indesejadas emissões no ambiente com impacto no clima (VASCONCELOS, 2011).

As discussões sobre a destruição da natureza desde a Conferência de Estocolmo (1972) propõem o conceito de ecodesenvolvimento, e posteriormente, ampliado para desenvolvimento sustentável, onde enfatiza a necessidade de planejar formas de harmonização entre as atividades socioeconômicas e o trabalho de gestão do meio ambiente, buscando “desenvolvimento que atenda às necessidades do presente, sem comprometer as possibilidades das gerações futuras atenderem às próprias” (SACHS, 2000). Posteriormente, o desenvolvimento sustentável segundo o *Relatório Brundtland (Nosso Futuro Comum, 1997)*, é definido “como aquele capaz de atender as necessidades das atuais gerações sem comprometer a capacidade das gerações futuras de também atenderem suas necessidades”.

Esta concepção incorpora diferenças entre países e culturas, além de implicar na integração entre meio ambiente e estrutura socioeconômica – num processo que melhora as condições de vida das comunidades humanas e, ao mesmo tempo, respeita os limites da capacidade de uso e carga dos ecossistemas (SACHS, 2000).

Retomando a questão do ambiente, nos últimos tempos, a sociedade capitalista manteve e estimulou o consumo exagerado de produtos industrializados e tóxicos, que polui cada vez mais a natureza e ao descartá-los, acumulam estas substâncias no ambiente, com danos ao planeta e à própria existência humana (SACHS, 2000).

Essa produção de resíduos em larga escala - entenda-se que não só no sentido de resíduos sólidos, mas também no sentido social de miséria, fome, além de exclusão,

caracteriza a sociedade de consumo desde o século passado e avança no início do terceiro milênio (ZANETTI & MOURÃO, 2009). Ou seja, a crescente ameaça de colapso ambiental e esgotamento dos recursos naturais associada à exclusão humana, requer necessariamente a busca de soluções, como a revisão de paradigmas e de rumo, no sentido de repensar as condições sociais, políticas e tecnológicas voltadas ao desenvolvimento sustentável.

Então, a ideia de sustentabilidade implica na articulação entre passado, presente e futuro, natureza e cultura, tecnologia e relações humanas, no sentido de possibilitar a realização dos ciclos necessários à existência de uma humanidade social e ambientalmente equilibrada (DANSA & MOURÃO, 1998), além de considerar o espaço rural e urbano, sem esquecer a influência climática nesta articulação (SACHS, 2000) e o reflexo no cotidiano das pessoas. A questão que se coloca nesse contexto é saber qual o impacto dos fatores ambientais na saúde das pessoas?

Até pouco tempo acreditava-se que a qualidade de vida se encontrava condicionada quase exclusivamente ao nível de desenvolvimento econômico. Por isso, este desenvolvimento era perseguido a qualquer custo e, para atingi-lo, era aceitável toda concessão. Posteriormente, uma série de experiências malsucedidas serviu para mostrar que o custo do desenvolvimento poderia implicar na sobrevivência do planeta, caso outros fatores não-econômicos deixassem de ser considerados no planejamento global. Adicionalmente, algumas ações locais poderiam atingir o desenvolvimento de toda uma região, um continente ou mesmo todo o planeta (MINAYO, 2002). Daí a necessidade de busca de mudança com a implantação de novos modelos de desenvolvimento, que permitiram superar a herança predatória, em termos ambientais e sociais, originada nas raízes coloniais e escravistas que marcaram profundamente a sociedade brasileira (PADUA, 1987), com repercussão na degradação socioecológica.

Fazem parte do cotidiano atual do planeta as diferentes doenças causadas pela poluição atmosférica, poluição dos rios e solos. Dentre elas, assinalam-se (BUSS, 2012):

- I. Disenteria, esquistossomose, gastroenterite, paralisia infantil, febre tifoide, giardíase, salmonelose, cólera, hepatite, diarreia, (transmitidas pelas águas);
- II. Dengue, febre amarela, malária, elefantíase (transmitidas por vetores que se desenvolvem nas águas);
- III. Asma, rinite, bronquite, tuberculose, intensificação de alergias (transmitidas pelo ar), manchas e até câncer de pele (pela destruição da camada de ozônio), intoxicação alimentar (pela poluição dos solos);

#### IV. Leptospirose, e outras parasitoses (causadas pelo acúmulo de lixo).

Nos meados do século XVII, em relação a tuberculose, houve o desenvolvimento de cidades com elevada densidade de habitantes e pobreza, daí a ocorrência de epidemias de TB na Europa do Leste e América do Norte, com bacilos levados pelos imigrantes (BUSS, 2012).

Na África, a tuberculose chegou à zona costeira no início do século XIX, mas só se inseriu na região perto de 1910. Os africanos foram expostos à doença com a chegada dos europeus infectados por tuberculose ativa. Essa migração para a África ocorreu em função da procura de cura da doença nesta região devido ao clima ameno. Mais tarde, somente no início do século XX, que a epidemia começou no continente (ODONE et al., 2014).

No Brasil, a doença chega com os jesuítas que durante a catequese e com isso um grande desafio se coloca, onde as epidemias de varíola devastaram a população ameríndia. Tendo atravessado os mares, trazida pelos colonizadores, iniciou seu flagelo no Brasil em 1559, na costa, para depois se alastrar para o norte. No Espírito Santo, por exemplo, dizimou, neste ano, cerca de seiscentos escravos indígenas, e chegou ao auge em 1662, quando faleceram mais de 30 mil dos que estavam submetidos aos portugueses no litoral (CALAINHO, 2005).

Também é fato, que com a melhoria social e econômica, o perfil epidemiológico das doenças e demográfico se modifica. Entretanto, estes fenômenos não ocorrem com a mesma natureza e período, mas, a distribuição e magnitude dos eventos se apresentam com configurações diversas, a partir de cada contexto dos países, quer seja desenvolvido ou em desenvolvimento (SACHS, 2000).

A seguir, se mostra a ocorrência da transição epidemiológica e demográfica no Brasil e consequentemente como são afetadas na incidência de doenças infecciosas, como a tuberculose.

### **1.2. TRANSIÇÃO EPIDEMIOLÓGICA**

A definição do termo transição epidemiológica deve ser integrada a um conceito mais amplo (SCHRAMM, 2004) como o de transição da saúde, que considera a inclusão de elementos, concepções e de comportamentos sociais como base para saúde das populações humanas. A transição da saúde, então, pode ser classificada em duas vertentes: uma delas contempla a mudança das condições de saúde com impacto na frequência, magnitude, amplitude e nas condições de saúde, refletindo no quantitativo de mortes, doenças e



incapacidades. A outra diz respeito à resposta social organizada a estas condições, que se articulam e se materializam por meio dos sistemas de atenção à saúde, ou seja, de transição da atenção sanitária, construída em grande parte pelo desenvolvimento social, econômico e tecnológico.

As doenças infecciosas durante o século XX provocaram profundas transformações nos indicadores demográficos, sociais, econômicos e de saúde, com repercussão expressiva nas condições da vida humana. São de especial destaque as diarreias, cujo declínio determinou uma queda significativa da mortalidade geral e, principalmente, a infantil, com reflexos positivos na expectativa de vida. Formou-se a crença de que doenças infecciosas, fome, miséria, falta de saneamento e baixo nível de instrução poderiam ser facilmente erradicados, baseando-se no fato de que a varíola havia sido erradicada e outras seis doenças estavam em via de extinção, entre elas a poliomielite e a hanseníase. Entretanto, esta expectativa não se consolida e a principal preocupação atual passa a ser a busca de meios para redução das doenças crônico-degenerativas e a violência. (PEDROSO & ROCHA, 2009).

No estudo da mortalidade por causas básicas nas capitais do país no período de 1930 a 1985, observou-se uma semelhança entre o ocorrido nos países europeus. Em 1930, as doenças infecto-parasitárias foram responsáveis por 46,0% do total de óbitos, valor com considerável declínio quando comparado a 1985, que representou 7,0%. Entretanto, na análise da situação em relação aos óbitos por doenças cardiovasculares, em 1930 representaram 12,0% e em 1985, 33,0% dos óbitos totais. As neoplasias e mortes por causas externas tiveram aumento proporcional de 3,0% para 12,0% no período (PEREIRA, 2015).

No Brasil, o controle dos casos das enfermidades infecciosas e o controle das epidemias datam desde o início do século XX, quando as doenças assolavam a capital do país, o Rio de Janeiro. Oswaldo Cruz foi o médico designado para atuar no controle da febre amarela, peste bubônica e a varíola. Naquele momento, algumas estratégias de controle foram impostas à sociedade como medida de contenção dos agravos, dentre elas a aplicação de multas e ou intimação aos proprietários de imóveis insalubres para reformá-los ou demoli-los e, posteriormente, implanta-se a notificação compulsória da peste bubônica e a obrigatoriedade de vacinação da varíola. Ou seja, dá início a vigilância destes agravos, a partir de ações de promoção e prevenção junto à população, com posterior impacto nas doenças infecto-parasitárias (LUNA, 2002).

Até a metade do século, se mantem as doenças infecto-parasitárias particularmente, em função das condições sanitárias, como a falta de saneamento básico, água potável e o tratamento de esgoto (PEDROSO & ROCHA, 2009). Na década de oitenta, se agrega novas

doenças como a síndrome de imunodeficiência adquirida, a resistência microbiana e a influenza (PEDROSO & ROCHA, 2009), entre outras, associada a doenças da pobreza e miséria.

A partir da década de 80 com o surgimento das doenças da modernidade, dentre elas as doenças cardiovasculares, com destaque as isquemias do coração e as cerebrovasculares, se ressaltam a primeira causa de morte nos países desenvolvidos, e, a segunda, naqueles em desenvolvimento (CAMPOLINA, 2013). Também, figuram entre as doenças crônicas – a depressão, diabetes, hipertensão, cânceres, asma e doenças autoimunes.

Enfim, a análise dos determinantes que influenciaram as mudanças de padrões epidemiológicos, têm ressaltado duas questões importantes nesse processo, uma delas, diz respeito ao papel das alterações sociais e econômicas e a outra, às ações de intervenções de saúde pública. Por sua vez, as modificações estruturais na economia, também tiveram impacto nas doenças crônico-degenerativas e infecciosas (MANSUR, 2009).

Entretanto, o cenário brasileiro atual é de superposição de enfermidades da pobreza e miséria e de doenças ditas da modernidade, diferentemente do ocorrido no mundo desenvolvido onde a transição epidemiológica ficou bem demarcada a partir do desenvolvimento social e econômico (BRASIL, 2014). Campolina, (2013) classifica o Brasil no estágio intermediário da transição, destacando o declínio das doenças infecciosas e o aumento da morbidade como também a queda da mortalidade.

### **1.3. TRANSIÇÃO DEMOGRÁFICA**

Pelo Censo Demográfico de 2010, são aproximadamente 190 milhões de habitantes residentes contados no Brasil, resultado de uma história populacional que iniciou há mais de cem anos. Esta história se caracteriza por um crescimento populacional expressivo, o que alcançou um incremento de 19 vezes entre 1872 e 2010 (MERRICK, 1981).

De maneira geral, essa transição pode ser descrita em quatro fases. Na primeira, abrange desde o final do século XIX até aproximadamente 1930, onde a população apresentava taxas de natalidade e mortalidade relativamente alta e, conseqüentemente, taxas moderadas de crescimento vegetativo, ligeiramente abaixo de 2,0% ao ano. No entanto, entre 1870 e 1930, observou-se um incremento populacional significativo, com taxas de crescimento acima de 2,0%, como resultado da imigração internacional. Desta forma,

considera-se a imigração internacional como a variável demográfica que caracteriza esta fase (CAMARANO, 2014).

A partir de 1940, inicia-se a segunda fase, quando os níveis de mortalidade começaram a declinar e os movimentos populacionais de origem internacional perderam importância no contexto da população nacional. A mortalidade passou a experimentar um declínio rápido e sustentável, que, apesar de ter beneficiado todos os grupos etários, foi mais expressiva na infância. A queda da mortalidade se tornou responsável pela variação no ritmo de crescimento da população brasileira até 1970, levando a que este crescimento atingisse o seu ápice nas décadas de 1950 e 1960 (taxas médias anuais em torno de 3,0 %). Isto foi possível, também, pelos altos níveis de natalidade prevalentes, sendo essa fase diferenciada pela redução acelerada da mortalidade (MENDES, 2008).

Camarano, (2014) caracteriza a terceira fase da transição demográfica pela redução dos níveis de fecundidade e natalidade, que contrabalançou na redução também em curso na mortalidade, impedindo que a taxa de crescimento da população brasileira continuasse a aumentar. Como consequência da diminuição acelerada da fecundidade, a taxa de crescimento populacional também reduziu de forma acentuada. Dos aproximados 3,0% a.a. observados entre 1950 e 1970, esta taxa passou para 1,6% a.a. na última década do século XX.

Nesta fase, a redução da fecundidade foi a variável que desempenhou o papel mais importante, uma vez que a fecundidade brasileira atingiu no final do século passado níveis abaixo do de reposição. Acredita-se que a dinâmica da população brasileira caminhe para uma quarta fase, caracterizada pela diminuição da população e pelo seu superenvelhecimento. Neste caso, tanto a continuação da redução da fecundidade quanto à da mortalidade nas idades avançadas serão as variáveis determinantes da transição (CAMARANO, 2014).

As transformações demográficas pela queda da fecundidade e da mortalidade, além de afetarem o ritmo de crescimento populacional, provocaram importantes mudanças na estrutura etária desta população, como o seu envelhecimento (CAMARANO, 2014).

As estimativas de Souza et al. (2013) mostram ainda que o impacto sobre a mortalidade varia conforme o grupo etário, sendo a população idosa particularmente sensível aos fatores climáticos. A maior vulnerabilidade da população idosa está semelhante com os resultados obtidos por Deschênes e Greenstone (2011) nos Estados Unidos. No novo perfil demográfico brasileiro, o envelhecimento da população aumentaria, assim, a vulnerabilidade às mudanças climáticas incluindo a sua relação aos riscos à saúde.

No início do século XXI o Brasil vivencia um momento de transição demográfica acentuada, mesmo com baixas taxas de fecundidade. Ressalta-se o aumento no

envelhecimento populacional devido à queda da fecundidade e o aumento da expectativa de vida. O percentual de jovens de zero a 14 anos em 1960 que era de 42,0%, passou para 30,0% em 2000, com expectativa de queda de 18,0% em 2050. Em relação à população idosa acima de 65 anos, o percentual de 2,7% em 1960 foi para 5,4% em 2000, com expectativa de alcançar 19,0% em 2050, ultrapassando o número de jovens (MENDES, 2008).

Sabe-se que, no país a taxa geral de mortalidade declinou de 18/1.000hab., em 1940, para uma taxa estimada entre 6/1.000hab. e 8/1.000hab. em 1985. A expectativa de vida da população aumentou em 20 anos nesse período e a mortalidade infantil decresceu de 160/1.000hab., em 1940, para 85/1.000, em 1980 (MENDES, 2008). Isto também ocorre devido ao crescimento e desenvolvimento urbano que tem impacto direto no adoecimento da população, inclusive no adoecimento desses idosos à doença tuberculosa.

#### **1.4. O ESPAÇO URBANO E A SAÚDE NAS GRANDES CIDADES**

As relações sociais estabelecidas neste espaço chamado “cidade” são, acima de tudo, a mola propulsora das atividades estabelecidas com o intuito de gerar o desenvolvimento econômico do país e o estabelecimento de novas redes urbanas, novas metrópoles, novos centros regionais, por fim, novas cidades (CORREA, 2000). Ou seja, o espaço urbano está em constante mutação.

O fenômeno da urbanização pode ser classificado como sendo espontâneo, embora haja muitos casos de implantação urbana planejada. As cidades surgem como sendo organismos permanentes de ação cumulativa, aumentando a população e ampliando a área ocupada. Esse processo se intensificou do decorrer do século XX. As mudanças no meio ambiente são diretas no cenário local, premeditadas no sentido da implantação, mas imprevistas acerca das alterações nos fluxos de energia e meio ambiente. Se a urbanização diretamente cria ambientes que são avaliados como positivos à saúde e ao bem-estar das pessoas, ao mesmo tempo gera efeitos que podem promover a desestabilização do ecossistema. Muitos impactos indiretos encontram-se associados à urbanização normalmente imprevistos e não planejados, ocasionando consequências positivas ou negativas, tanto a curto como a longo prazo (CAIAFFA, 2008).

A reconfiguração do espaço urbano se dá por meio das novas funções e características que uma cidade pode vir a assumir ou abandonar. Cidades crescem, enquanto outras diminuem lentamente. Nossas metrópoles perpassam por contínuas transformações, o mesmo

acontece com cidades outrora incipientes no ramo produtivo e com competitividade capitalista (CAIAFFA, 2008).

Após o Iluminismo europeu, foi constituído, institucionalmente, serviços de saúde pública pelos Estados, em decorrência as novas práticas médicas, no que diz respeito às intervenções do meio para melhorar a salubridade dos lugares, auxiliar na ocupação humana quanto à habitação e na produção de recursos (CAVALCANTI, 2001).

Contudo, percebe-se o meio ambiente dentro de uma perspectiva ampliada - de espaço de reprodução das espécies e fonte de recursos, concebido pela ciência ecológica como meio ambiente humano que engloba as criações do trabalho humano e as relações sociais, entendendo-o assim como espaço socialmente produzido (CORREA, 2000).

Atualmente o espaço socialmente produzido ou seja, o “*locus*” da produção e (re)produção da vida humana, da (des)ordem social e dos problemas de saúde são considerados os pontos cruciais na caracterização de problemas para a qualidade de vida das populações, ou seja, a cidade, configurando-se nos dias de hoje como o eixo central do olhar sanitário epidemiológico moderno (CAIAFFA, 2008).

A medicina define a doença sob a ótica ecológica e geográfica, onde há cinco séculos antes de Cristo, o Grego Hipócrates - o Pai da medicina relacionou a origem das doenças com meio ambiente. No tratado hipocrático: água, ares e lugares eram ressaltados em relação aos constituintes atmosféricos, com impacto na variação das estações e de localização da cidade na determinação de doenças (COSTA, 2002).

Em meados de século XVIII, as teorias hipocráticas voltam a dominar com foco nas observações e uso do “meio” como fator fundamental para explicar as epidemias, o chamado neo-hipocratismo. Neste sentido, foi estabelecido uma relação entre o homem doente, natureza e sociedade (COSTA, 2002).

Assim, compreende-se a história natural da doença no modelo multicausal, sistematizado por Leavell e Clark (LEAVELL; CLARK, 1976), onde o conceito de saúde ganha estruturação explicativa proporcionada pelo esquema da tríade ecológica (agente, hospedeiro e meio ambiente). Com esses elementos estrutura-se um "conjunto de processos interativos que cria o estímulo patológico no meio ambiente, ou em qualquer outro espaço, passando pela resposta do homem ao estímulo, até as alterações que levam a um defeito, invalidez, recuperação ou morte" (LEAVELL; CLARK, 1976, p. 46).

### **1.4.1. ESPAÇO URBANO SAUDÁVEL X DOENTE**

Com relação ao modelo de cidade saudável, Duhl (*apud* WESTPHAL e MENDES, 2000) estabelece quatro condições essenciais para que isso ocorra. Inicialmente, é necessário que a cidade dê respostas efetivas para as necessidades de desenvolvimento, às organizações e para a população; a segunda condição refere-se à capacidade da cidade em lidar com as crises do sistema e de seus membros; a terceira é que a cidade tenha habilidade para modificar-se e atender às exigências emergentes; e a quarta condição é que se deve capacitar sua população para usufruir das vantagens do desenvolvimento com vistas ao seu bem-estar, o que remete a consideração de que se faz necessário um processo educativo e de mobilização rumo ao movimento por cidades saudáveis.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) os dez requisitos para uma cidade saudável são o ambiente físico limpo e seguro; ecossistema estável e sustentável; alto suporte social, sem exploração; alto grau de participação social; necessidades básicas satisfeitas; acesso a experiências, recursos, contatos, interações e comunicações; economia local diversificada e inovativa; orgulho e respeito pela herança biológica e cultural; serviços de saúde acessível a todos; e alto nível de saúde.

Riani (1997) comenta que a cidade é uma forma de expressão da sociedade, assim, a cidade só será saudável quando sua sociedade se tornar saudável, quando se organizar de forma diferente da forma que é posto atualmente, modificando a relação de nossa forma de vida, nossos valores, bem como mudar as bases do sistema produtivo da sociedade, ou seja, requer uma reorganização da vida na cidade.

Neste sentido, atendido os requisitos de cidade saudável teremos uma população sadia, tanto ao nível social quanto econômico impactando na melhoria das condições de vida e controle das enfermidades como a tuberculose.

### **1.4.2. “MEDICALIZAÇÃO” DA SOCIEDADE E DO ESPAÇO**

A partir do século XVIII a cidade doente dá lugar a uma crença com base em mitos e tabus, com pânico e preocupações à população em geral, colocando sobre vigilância médica todo um conjunto de ordenamento de território, de construções e de instituições (COSTA, 2002).

Os médicos higienistas/sanitaristas que criticavam a falta de salubridade nas cidades acusavam como responsáveis às condições de vida e trabalho, o amontoamento da população,

a desordem do espaço urbano e apontavam e localizavam os focos produtores de miasmas, os quais deveriam ser alvo de intervenções (COSTA, 2002).

Depois de diagnosticado o problema, de localizada a doença no espaço, o médico vai tornar o ambiente salubre, através da “medicalização”, da higienização da sociedade e do espaço.

As três formas principais pelas quais o ambiente urbano afeta à saúde são por meio das mudanças sociais que acompanham o urbanismo, modificando comportamentos de risco; o risco proporcionado pela urbanização por meio de novos agentes tóxicos e infecciosos e por último, pelo impacto, em grande escala, no ecossistema da biosfera, levando ao desequilíbrio ecológico (CHOA, 1997).

O impacto direto e imediato no meio ambiente consiste na mudança paisagística, substituindo o cenário expressivo da cobertura vegetal pelo do casario e ruas, com a aglutinação de um contingente populacional. Ao lado do aspecto visual externo, implanta-se também uma rede de comunicações e novos fluxos para o abastecimento das necessidades. Interligam-se transformações outras ligadas com a agricultura e o comércio regional. Nesse sentido a análise do impacto ocasionado pela urbanização no meio ambiente insere-se no contexto da organização espacial e deve ser acompanhada na escala histórica, e avaliada em termos das mudanças no âmbito regional (CAVALCANTI, 2001).

*“Essa concentração industrial engendra problemas de poluição do ar e da água, gerando situações de graves riscos à saúde da população, sobretudo para as famílias mais pobres que passam a residir exatamente nos lugares mais poluídos, porque desvalorizados. Desse modo, os efeitos da degradação ambiental não são distribuídos igualmente pelo conjunto da população.” (GONÇALVES, 1999).*

Enfim, com a medicalização das cidades espera-se criar estratégias de minimização de riscos, de neutralização ou mitigação de espaços contaminados por agentes tóxicos e ou infecciosos, que se não tomadas medidas saneadoras podem interferir no ecossistema da biosfera, levando ao desequilíbrio ecológico, e considerando que o ambiente impacta diretamente no estado de saúde da população. Adicionalmente, outros fatores, como o climático, além do social e biológico tem interferido também no adoecimento da TB.

## **1.5. ASPECTOS DA CLIMATOLOGIA NA SAÚDE**

A aplicação prática dos dados climáticos tem influenciado o seu uso, a partir dos dados meteorológicos com a intenção de descobrir, explicar e explorar o comportamento normal e ou anormal dos fenômenos atmosféricos sobre a população.

Segundo Vianello e Alves (1991), o termo “bioclimatologia” se refere à relação dos elementos climáticos e os seres vivos, daí a subdivisão da bioclimatologia humana, animal e vegetal, na qual interessa nesse estudo a relação climática de saúde x doença.

De acordo com Grisolet et al. (1962), apud Ferreira (1965) “o clima é o conjunto de elementos que... no curso de um período determinado, caracterizam a atmosfera e concorrem para dar a cada ponto da terra sua individualidade“. Do ponto de vista meteorológico e geográfico, o clima é definido pela combinação de uma série de elementos, tais como: temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitações, ventos e a radiação solar. Estes elementos variam sob a ação de fatores regionais como a latitude, altitude, relevo, vegetação, massas de ar, dentre outros aspectos, e que por sua vez, interfere no aumento ou diminuição da temperatura local. A temperatura do ar, por exemplo, é mais elevada quando mais próximo da linha do equador (latitude 0°) e apresentará maiores variações quanto mais distante do oceano.

A altitude também exerce influência sobre as amplitudes térmicas (diferença entre a temperatura máxima e a temperatura mínima registradas num determinado período de tempo), uma vez que, com o aumento da altitude, o ar se torna mais rarefeito, com menor capacidade de absorção da radiação solar (VIANELLO & ALVES, 1991).

Considerando estes aspectos, assinala-se que cada região apresenta características diferenciadas em relação aos diversos fatores, considerando as especificidades da localização geográfica, bem como, as diferentes manifestações e combinações dos elementos climáticos. Daí, tornam-se complexas as avaliações, dada as limitações de uma classificação que agregue os diversos tipos de clima (FERREIRA, 1965).

Para a análise bioclimática de uma região, considerando o conforto humano, se aceita uma classificação mais geral da distribuição dos climas, que procura distinguir os tipos mais representativos como as classificações realizadas por Koppen (aceita universalmente). De acordo com Koenigsberger et al (1980), os parâmetros utilizados nessa avaliação local do clima são os mesmos para uma região, sendo possível iniciar a caracterização a partir de um resumo dos dados regionais, e, subsequentemente examinar quais parâmetros serão afetados por fatores locais específicos, bem como, quais elementos costumam interferir nos possíveis desvios. Outra classificação tradicional de clima identifica a faixa tropical (entre os trópicos de câncer e capricórnio) com três tipos: o quente seco, o quente e úmido e o composto ou chamado de monções (KOENIGSBERGER et al., 1980).

Contudo, é possível relacionar mudanças climáticas e o impacto sobre a saúde humana por diferentes vias. Por um lado, de forma direta, como no caso das ondas de calor ou mortes



causadas por outros eventos extremos como furacões e inundações. Também, por repercussão indireta, mediado por alterações no ambiente como nos ecossistemas e ciclos biogeoquímicos com aumento da incidência de doenças infecciosas, como a tuberculose e até mesmo as doenças não-transmissíveis, que incluem a desnutrição e doenças mentais (BRASIL, 2008).

### **1.5.1. A CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN-GEIGER**

A classificação climática de Köppen-Geiger ou classificação climática de Köppen é um sistema mais utilizado em geografia, climatologia e ecologia. A classificação foi proposta em 1900 pelo climatologista alemão Wladimir Köppen, aperfeiçoada em 1918, 1927 e 1936 com a publicação de novas versões, preparadas em colaboração com Rudolf Geiger (daí o nome Köppen-Geiger). Esta classificação se baseia no pressuposto de que a vegetação natural de cada grande região da terra é essencialmente uma expressão do clima que nela prevalece, com origem na fitossociologia e ecologia. Assim, as fronteiras entre regiões climáticas devem corresponder, tanto quanto possível, às áreas de predominância de cada tipo de vegetação, razão pela qual a distribuição global dos tipos climáticos e a distribuição dos biomas apresentam elevada correlação (KÖPPEN, 1950).

Para determinação dos tipos climáticos na perspectiva de Köppen-Geiger são considerados a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e precipitação. Cada grande tipo climático é representado por um código, constituído por letras maiúsculas e minúsculas, cuja combinação os classifica por tipos e subtipos. Contudo, a classificação de Köppen-Geiger, em certos casos não distingue regiões com biomas muito distintos, mas, existem outras derivações como a classificação climática de Trewartha (KÖPPEN, 1950).

A estrutura geral da classificação climática de Köppen-Geiger divide os climas em 5 grandes grupos ("A", "B", "C", "D", "E") e diversos tipos e subtipos, o que pode ser observado na Figura 1, a seguir.

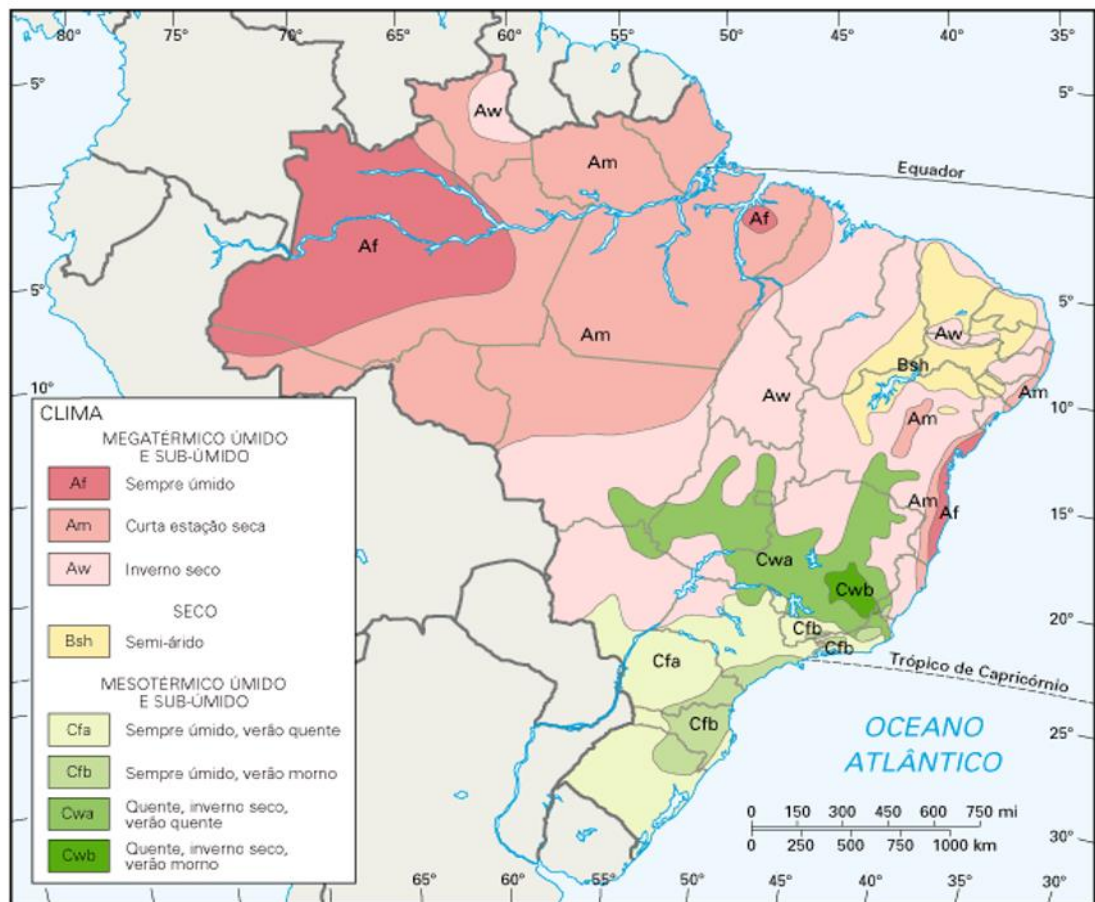


Figura 1. Classificação climática de Köppen-Geiger, segundo as regiões do Brasil. Fonte: KOPPEN, 1950.

## 1.6. TUBERCULOSE E SUA INTERAÇÃO COM FATORES AMBIENTAIS

A tuberculose é conhecida como uma doença dos pobres em toda sua trajetória histórica, onde 2,3 milhões de pessoas morrem de TB anualmente e a maioria tem origem dos países pobres ou em desenvolvimento, daí ser considerado um problema de saúde pública (COSIVI, 1998; WHO, 2015). Apesar de não existir fundamentos claros sobre a associação da TB e fatores ambientais, são consistentes o adoecimento devido a condições de pobreza e exclusão, a poluição do ar, fumaça do tabaco, desnutrição, residências e prisões pequenas e superlotadas, falta de saneamento, péssimas condições de vida e renda, entre outros (CORTEZ, 2008).

### 1.6.1 A SAZONALIDADE E A TUBERCULOSE

Considerando a sazonalidade, determinadas doenças apresentam relação com uma maior ocorrência por estação do ano, épocas ou cortes temporais. O reconhecimento de padrões sazonais na ocorrência de doenças infecciosas permite a compreensão da interação patógeno-hospedeiro e a criação de estratégias para os sistemas de vigilância e sua previsibilidade na saúde pública.

Insights sobre padrões de doenças sazonais podem ser obtidas por meio da utilização de métodos de autocorrelação ou construção de periodogramas, enquanto oscilação sazonal de doenças infecciosas pode ser facilmente simulada usando modelos de transmissão simples. Demonstrar que pequenas mudanças sazonais por fatores do hospedeiro ou do agente podem ser suficiente para criar grandes surtos sazonais de incidência da doença, especialmente no contexto da mudança climática global. Ou seja, a sazonalidade representa uma área rica para futuras pesquisas (FISHMAN et al., 2008) e a seguir, serão apresentados inúmeros artigos mostrando a implicação da sazonalidade na doença tuberculosa.

Dados de Camarões, Índia, Grã-Bretanha, Kuwait, Espanha, América, Japão, e África do Sul revelaram uma associação entre a tuberculose e a sazonalidade, onde a maioria dos trabalhos relataram ocorrência de novos casos de tuberculose durante o inverno, além da primavera e verão (WINGFIELD et al., 2014); na cidade de Limbe, Camarões a prevalência da TB variou e foram registrados mais casos de TB na estação chuvosa quando comparada à seca e a diferença foi estatisticamente significativa. Este estudo foi o primeiro a apresentar um relatório mais concreto sobre os efeitos da estação na prevalência de TB em Camarões (ANYANGWE et al, 2006)

Em Nova York a proporção de casos de TB foi menor no outono ( $p < 0,0001$ ) e maior na primavera ( $p < 0,0002$ ). Possíveis explicações para essas variações sazonais na incidência de TB incluem os baixos níveis de vitamina D no inverno, levando à supressão imune e subsequente reativação de TB latente. A aglomeração de pessoas em ambientes fechados no inverno aumenta a probabilidade de transmissão da doença, além de diagnósticos equivocados que atribuem os sintomas da tuberculose a outras doenças respiratórias, resultando em atraso no diagnóstico da TB até alcançar a primavera (PARRINELLO, CROSS, HARRIS, 2012).

A média de notificações de TB por trimestre na Cidade do Cabo na África do Sul em 2003 comparado a 2010, foi menor em abril a junho (inverno) e mais elevado de outubro a dezembro (verão) (MARTINEAU, NHAMOYEBONDE, ONI, 2011).

Wingfield et al (2014), apresentou uma análise ecológica avaliando a sazonalidade da TB em uma favela do Peru ao longo de 4 anos. Ao contrário de outras infecções respiratórias o diagnóstico de tuberculose aumentaram no verão naquela região, onde o verão ocorre entre os meses de novembro e março, costuma ser chuvoso e úmido, com baixa incidência solar devido a elevada nebulosidade.

No Reino Unido, com notificações sendo 24,1% maior no verão do que no inverno em 28 anos de estudo. O verão no Reino Unido inicia em junho com temperaturas amenas e constante umidade (KOH, 2013).

No norte da Índia, o diagnóstico de tuberculose com baciloscopia positiva atingiu elevada incidência entre abril e junho (verão), seguido do período entre outubro e dezembro (inverno). Em geral, as taxas de casos novos de tuberculose com baciloscopia positiva na época de maior carga foram de 57/100.000 hab. e de 46/100.000hab. em outras estações. Também, a sazonalidade foi maior em casos pediátricos, sugerindo uma transmissão recente (THORPE, 2004; NARULA *et al.*, 2015).

No Kwait foi verificado em estudo realizado entre 1997 à 2006 uma maior incidência de casos de TB a partir do final do mês de abril, cujo clima tem como característica o clima de deserto, compreendendo o período do verão, com alto percentual de umidade e vento (AKHTAR, 2008), bem como na Austrália também apresentou maior incidência no verão (MACLACHLAN *et al.* 2012).

De 1996 à 2004 também se verificou uma ocorrência maior de tuberculose na Espanha, no mês de junho, ou seja, na primavera (LUQUERO *et al.* 2008). Naranbat et al. (2009); Mabaera *et al.* (2009), identificaram na Mongólia, o dobro de casos de tuberculose notificados no mês de abril, ou seja início da primavera, em comparação com os meses de outubro até dezembro correspondendo ao período de inverno.

Considerando a faixa etária e a sazonalidade, diferentes autores relacionam os grupos de idade com a sazonalidade onde ocorre maior incidência de TB, por exemplo na África do Sul foi identificado que culturas positivas em crianças durante o final do inverno e início da primavera, sugere-se um aumento da transmissão da infecção tuberculosa no outono e inverno naquela comunidade (SCHAAF *et al.* 1996). Nos Estados Unidos, observou-se um pico da doença em crianças na primavera seguido do período do final de outono (WILLIS *et al.* 2012). No Japão os casos de TB na infância foram identificados na primavera e em idosos no verão com baciloscopia positiva (NAGAYAMA, OHMORI, 2006).

Na China a incidência de TB observada foi de 15,7% em menores de 15 anos e 34,0% nos grupos de 15 a 64 anos, predominantemente no inverno e outono, respectivamente (LI *et al.*, 2012).

Enfim, a sazonalidade da doença tuberculose parece indicar que há presença de fatores de risco específicos relacionadas às estações do ano, que poderiam ser controladas ou prevenidas se fossem melhores compreendidos (WILLIS *et al.*, 2012).

Frente as variáveis ambientais a seguir serão apresentadas sua relação com a tuberculose.

### **1.6.3 UMIDADE E VAPOR DE ÁGUA**

Com relação à umidade, 50,0% das micobactérias em geral sobrevivem por 43 dias, com 100,0% de umidade, cerca de oito dias a 57,0% de umidade e menos de um dia a 5,0% (COSTA, 2008). Adicionalmente, associadas às condições adequadas de temperatura e umidade, cerca de 70,0% dos bacilos de Koch aerolizados permanecem viáveis por até 3 horas, 50,0% por até 6 horas e 30,0% por até 9 horas (LOUDON, 1969). Alguns fatores ambientais reduzem as probabilidades de as partículas infectantes serem inaladas, como as correntes de ar que dispersam as partículas no ambiente, a luz ultravioleta e a radiação gama os quais inviabilizam os bacilos, proporcionando uma maior segurança na prevenção da transmissão (BRASIL, 2002).

Também em temperaturas muito elevadas associadas ao grau de umidade elevado, podem aumentar a concentração de alguns poluentes, nomeadamente fungos e bactérias. O ar quente e seco ou muito frio e úmido, são irritantes ao aparelho respiratório e podem facilitar o aparecimento de infecções respiratórias (ARAÚJO, 2011). Alguns estudos a seguir, assinalam associação da umidade com o adoecimento por TB.

Relatos na África, República dos Camarões, foi registrado mais casos de TB na estação chuvosa, quando comparada com a estação seca e a diferença foi estatisticamente significativa ( $p=0,000$ ) (ANE-ANYANGWE, 2006).

Farinha e Sartori (2000) correlacionaram as moléstias do aparelho respiratório com o tempo, a partir de dados meteorológicos diários, imagens de satélites e registros, por faixas etárias, internações e óbitos nos hospitais de Santa Maria-RS, entre 1987 e 1991. As autoras constataram que houve elevações episódicas no número de casos de doenças respiratórias durante todo o ano, mas foi no período de outono-inverno que se verificam as maiores ocorrências, inclusive de tuberculose.

No Reino Unido foi evidenciado maior notificação de casos de TB, quando a umidade alcança uma constante de 75,0% (KOH, 2013).

Barros (2006), estudou em Brasília - DF a ocorrência de doenças respiratórias, como a TB, e os tipos de estação, por meio da análise climática, no período de outono e inverno de 2003 à 2005, concluindo que ocorre um aumento nos atendimentos de urgência e emergência por doenças respiratórias, quando há diminuição da umidade relativa do ar, redução da precipitação e da temperatura, com o aumento da amplitude térmica, típicos dos tempos seco do outono e inverno, exercendo clara influência sobre o aumento das doenças das vias aéreas (BARROS, 2006, p.115). Enfim nota-se a influência da umidade, ou seja, a importância da precipitação na interferência do adoecimento por tuberculose e outras doenças respiratórias.

A seguir, outro aspecto climático também está implicado no adoecimento de TB, a temperatura.

#### **1.6.4 TEMPERATURA**

Souza et al. (2013) avaliaram o impacto dos fatores climáticos sobre as taxas de mortalidade no caso brasileiro e observaram que a ocorrência de temperaturas extremas esteve associada a um aumento de mortes. Ou seja, meses com temperatura média abaixo de 15°C resultariam em um aumento de aproximadamente cinco mortes por 100.000 habitantes em relação aos meses nos quais a temperatura média situa-se na faixa entre 21°C e 24°C. Enquanto, nos meses que apresentam uma temperatura média acima de 28°C, haveria um aumento de duas mortes por 100 mil habitantes, em relação aos meses de temperatura entre 21°C e 24°C.

Também se evidenciou que a temperatura tem implicação nos dados de TB, Ane-Anyangwe (2006), em seu estudo na África - República dos Camarões, observou mais casos de TB onde houve variação da média de temperaturas entre 21°C a 28°C. No Perú, uma análise ecológica sobre sazonalidade da TB em uma favela ao longo de quatro anos, assinalou maior incidência de TB nas temperaturas de 21°C à 30°C (WINGFIELD et al., 2014).

No norte da Índia, o diagnóstico de tuberculose atingiu maior incremento em temperaturas entre 21°C à 39°C (THORPE, 2004). Foi observado no Kwait que em temperaturas altas a incidência de TB esteve mais presente, e variou de 20°C à 38°C (AKHTAR, 2008).

Entretanto, em temperaturas mais amenas a incidência de TB aumentou em Nova York com temperaturas que variou entre as médias de 20°C e 25°C (PARRINELLO, 2007).

Achados na Espanha, mostrou que a tuberculose teve maior incidência no mês de junho, com temperaturas que variavam entre 16°C à 24°C (LUQUERO *et al.*, 2008). Assim como, para a Cidade do Cabo na África do Sul, a maior incidência de TB ocorreu em temperaturas de 13°C e 23°C, com média de 19°C e a menor em temperatura de 9°C a 20°C (MARTINEAU, NHAMOYEBONDE, ONI, 2011).

No Reino Unido foi evidenciado maior notificação de casos de TB na época de temperaturas mais amenas e com constante umidade (75,0%), variando entre 11,7°C a 21,1°C (KOH, 2013). Um estudo no Japão assinalou quantitativamente que o número de casos de tuberculose aumentou significativamente com o calor extremo de 30°C e temperaturas frias em torno de 5°C (ONOZUKA, HAGIHARA, 2015). Naranbat *et al.* (2009); Mabaera *et al.* (2009) identificaram na Mongólia, o dobro de casos de tuberculose notificados no mês de abril, ou seja início da primavera, com temperatura observada entre -5°C à 9°C, em comparação com os meses de outubro-dezembro correspondente ao inverno, bem rigoroso (-5°C à -15°C).

Nota-se que a presença de casos de TB em sua maioria é verificada em temperaturas mediana, entre 16°C à 28°C, embora também ocorra em extremos de temperaturas, e deve-se considerar o desenvolvimento do país. Outros aspectos importantes ressaltados na literatura no não adoecimento por TB é o nível de Vitamina D no organismo humano, descrito abaixo.

### **1.6.5 VITAMINA D**

Possíveis explicações para variações sazonais na incidência de TB incluem os baixos níveis de vitamina D no inverno, levando à supressão imune e subsequente reativação de TB latente; ocasionado por aglomeração de pessoas em ambientes fechados no inverno, aumentando a probabilidade de transmissão da doença; e diagnósticos equivocados que atribuem os sintomas da tuberculose a outras doenças respiratórias no inverno, resultando em um atraso no diagnóstico da TB até a primavera (PARRINELLO, CROSS, HARRIS, 2012).

Adicionalmente, outros achados da literatura mostram, como o de Nnoaham (2008), que observou que baixos níveis de vitamina D no soro estão associados com maior risco de tuberculose ativa. Indiretamente relacionado ao clima, a produção de vitamina D tem tido um papel importante na imunidade adaptativa e inata. O principal metabólito ativo da vitamina D, 25-hidroxi-vitamina D, tem efeitos imunossupressores de células T auxiliares e células dendríticas, mas, ao contrário, um efeito imunestimulante de monócitos e macrófagos (NNOAHAM, 2008). As baixas concentrações de vitamina D contribuem para um risco

elevado de Prova Tuberculínica positiva. Historicamente, a suplementação de vitamina D foi utilizada no tratamento de tuberculose pulmonar e cutânea. Enfim, a interação tuberculose x vitamina D tem estimulado o interesse na variação sazonal nas concentrações de vitamina D, como um potencial fator de risco para a susceptibilidade à TB (WINGFIELD, *et al*, 2014).

Os picos de incidência de TB no inverno do Peru coincidem com a baixa de luz solar e consequente deficiência de vitamina D (WINGFIELD, 2014). Kho, (2013) no Reino Unido, identificou que os níveis de vitamina D decorrentes da exposição reduzida ao sol no inverno podem diminuir a defesa do hospedeiro da tuberculose.

Na Austrália, a sazonalidade do diagnóstico de tuberculose foi mais pronunciada nas áreas onde a exposição UV era reduzida e a deficiência de vitamina D foi mais prevalente (MACLACHLAN *et al*, 2012). Estudo em Londres mostrou que houve uma diferença estatisticamente significativa nas concentrações séricas de vitamina D entre os pacientes e contatos de origens étnicas e sociais semelhantes, onde os pacientes de TB apresentavam concentrações de Vit. D muito baixas (SITA-LUMSDEN *et al*, 2007).

Visser, Schoeman e Van, (2013) apoiam a hipótese de que a vitamina D pode desempenhar um papel na patofisiologia da TB, onde a incidência varia de acordo com a estação do ano. Na África do Sul foi observado que os níveis de vitamina D variam de acordo com a época do ano, estabelecendo uma relação direta com o período de maior incidência de TB, onde observa-se um déficit de vitamina D (MARTINEAU, 2011). Douglas *et al*. (1996) afirmam que baixos níveis pós-inverno de vitamina D na Inglaterra, podem resultar em imunidade celular comprometida conduzindo, após um período latente, a reativação de uma infecção micobacteriana.

Compreender a sazonalidade relacionada à tuberculose e suas possíveis associações com fatores endógenos e exógenos, incluindo a vitamina D e aglomeração, podem informar os efeitos na saúde a partir das alterações climáticas e orientar os programas para a prevenção da TB por meio de intervenções que reduzam a deficiência de vitamina D. Outro aspecto que interfere no adoecimento ou não por TB é a exposição do agente etiológico à radiação UV.

### **1.6.6 RADIAÇÃO UV**

A radiação ultravioleta (UV) pode ser utilizada para desinfecção de superfícies (PFYFFER, 2001; LAUZARDO; RUBIN, 1996) uma vez que a maioria das bactérias são sensíveis ao calor úmido (121°C durante pelo menos 15 min) (PFLUG, HOLCOMB, GOMEZ, 2001). Yeki *et al*. (2006) refere o uso da luz UV como ação germicida de



micobactérias sob exposição de 5 a 15 minutos, ou seja, no mínimo 5 min. Isto ocorre por meio do uso de lâmpada ultravioleta com potência de 30W que dura aproximadamente 2000 horas e colocada numa distância de cerca de 50cm das placas com micobactérias. Os microorganismos atingidos pela radiação UV sofrem modificações no DNA ou RNA, por formação de dímeros de pimidina que formados entre moléculas adjacentes, podem interromper a replicação ou a transcrição do material genético levando à morte da bactéria (MASTROENI, 2004).

Quanto a sobrevivência dos bacilos da tuberculose, estes resistem a ambientes secos, vivem por mais de 2 anos em material congelado e durante 6 meses no solo (CARTER *et al.*, 1994; COETZER *et al.*, 1994; HIRSH e ZEE, 1999). Contudo a exposição à luz solar (durante 5 minutos) e à radiação ultravioleta, e uma temperatura acima de 60°C (durante 15 a 20 minutos) causam uma destruição rápida das micobactérias da tuberculose (COETZER *et al.*, 1994; MISAU-DNS, 2005).

Enfim, foi consensuado que a efetividade dos sistemas de desinfecção de ambiente com radiação UV depende de fatores como a intensidade de radiação, tempo de exposição dos microorganismos, configuração do reator, além das características do produto a ser desinfetado (USEPA, 1999). Assim a radiação ultravioleta tem sido estudada e utilizada de forma crescente como alternativa aos agentes químicos tradicionais no processo de desinfecção em laboratório (MASSCHELEIN, 2002).

Ressalta-se que o efeito germicida da UV foi reportado pela primeira vez por Downs e Blunt, em 1878 (GOLIMOWSKI e GOLIMOWSKI, 1996). Devido aos problemas de confiabilidade dos equipamentos, tecnológicos e para tornar competitivo economicamente seu uso em comparação com outras técnicas, como a cloração, as primeiras instalações de desinfecção com radiação ultravioleta ocorreram em 1955 na Suíça e Áustria, em 1985, ambos os países contavam com aproximadamente 500 e 600 instalações, respectivamente (WRIGTH e CAIRNES, 1998). No Brasil, as pesquisas com UV foram iniciadas em 1977, tendo por objetivo a desinfecção de esgotos (CAMPOS e PIZZIRANI, 1977, DANIEL, 1993).

Por fim, o *M. tuberculosis* pode sobreviver por meses em superfícies inanimadas secas (KRAMER, SCHWEBKE, KAMPF, 2006), e, em ambiente por 4°C (HIRAI, 1991), bem como em fezes de baratas durante 8 semanas, escarro no tapete (19 dias) e na madeira (por mais de 88 dias), local úmido e solo seco (4 semanas), e no meio ambiente por mais de 74 dias, se protegido da luz (e possivelmente mais tempo nas fezes) (ALLEN, 1987; RICKARDS *et al* 1909; PHILLIPS *et al*, 2003; DUFFIELD, YOUNG, 1985).

A literatura salienta a importância do uso de calor úmido e da própria radiação no combate as bactérias, uma vez que são sensíveis ao calor ou luz ultravioleta, dessa forma interrompemos a replicação da bactéria levando-a à morte.

### **1.6.7. ALTITUDE**

Há relatos nas variações da incidência de tuberculose pulmonar entre os diferentes países, e dados diversos nas regiões do mesmo país, fato observado no México, onde as taxas de notificação de TB variaram entre diferentes estados, assim como no Brasil. Essa variabilidade geralmente foi atribuída às diferenças nas condições socioeconômicas locais e /ou na disponibilidade de serviços de saúde. Entretanto, um estudo recente relatou uma relação inversa entre altitude acima do nível do mar e a tuberculose, indicando que a altitude de 1.600 a 2.500m associou-se inversamente à notificação de TB entre 10 a 15 casos/100.000hab. e essa relação superou a influência de fatores como alfabetização, urbanização ou número de cômodos, ou seja em áreas litorâneas a incidência de TB foi maior (Pérez-Guzmán et al, 2014).

A altitude pode modificar a incidência ou gravidade de várias doenças. Em altitudes mais altas, tanto em pressões barométricas quanto em pressão parcial o nível de oxigênio (PO<sub>2</sub>) inspirado diminui, assim como a temperatura ambiente e humidade absoluta. Por outro lado, em clima quente úmido, de planícies o crescimento de alguns vetores e microorganismos é reforçado, dando origem ao chamado aparecimento das doenças tropicais, como a malária, que tende a ser mais frequente ao nível do mar (Mishra V K, Retherford R D, Smith, 1999).

A altitude também pode influenciar a tuberculose devido às mudanças conhecidas na PO<sub>2</sub>, temperatura, umidade e exposição à luz ultravioleta (UV) que ocorre progressivamente acima do nível do mar. Em altas altitudes, o resfriamento ambiental pode levar a períodos prolongados de domicílios fechados e mal ventilados, com aglomeração e exposição de poluição no interior, todos os fatores que aumentam a probabilidade de desenvolvimento de TB (PÉREZ-PADILLA, FRANCO-MARINA, 2004).

Por outro lado, a hipoxemia causada pela elevada altitude pode diminuir o crescimento intrapulmonar de *Mycobacterium tuberculosis*. Além disso, um ambiente seco com mais radiação UV poderia ser hostil para micobactérias, reduzindo o risco de infecção. Portanto, condições ótimas para infecção por TB podem variar com a altitude acima do nível do mar (PEREZ-PADILLA R, PEREZ-GUZMAN C, BAEZ-SALDANA R, TORRES CRUZ, 2001).

Na Turquia as cidades com altitude de 1.700m mostraram 3,28 vezes (65 a 160/100.000hab.) maior o risco de desenvolver TB do que em áreas com extrema altitude de 5.000m ( $p=0,000$ ) (Tanrikulu et al., 2008). A incidência de tuberculose no Quênia diminuiu fortemente com o aumento da altitude, entretanto, em altitudes de 1000 m ou mais, as taxas de notificação foram inferiores a 30,0% do que nos distritos com altitudes inferiores a 500 m. (MANSOER, KIBUGA, BORGDORFF, 1999).

Enfim, em diversos países a variável ambiental “altitude” também está associada à taxa de notificação de tuberculose, ou seja, influenciando o adoecimento dependendo dos valores em relação a proximidade ou não do mar, em certas regiões quanto menor a altitude, maior a taxa de notificação de TB e esta relação, em alguns casos pode ser mais forte do que fatores socioeconômicos (VARGAS; FURUYA; PÉREZ-GUZMÁN, 2004), portanto a altitude deve ser levada em conta para uma interpretação adequada da epidemiologia da tuberculose, obtendo assim uma melhor compreensão da doença e este indicador ambiental.

A seguir, se apresenta outro aspecto ambiental envolvido com a tuberculose que é a velocidade do vento.

#### **1.6.8. VELOCIDADE DO VENTO**

Embora haja falta de prova biológica para demonstrar definitivamente o impacto da ventilação na transmissão da tuberculose, estudos utilizando modelos matemáticos sugerem fortemente que a transmissão pode ser reduzida com o aumento do fornecimento de ventilação ambiente. Assim, melhorar a ventilação ambiente, particularmente em conjunto com outras intervenções, pode ajudar a reduzir o risco de infecção no ar (COX *et al*, 2012).

Os bacilos expelidos por pacientes dentro de casa, em espaço confinado e mal ventilado podem permanecer viáveis, e, com potencial para causar infecção por um período de tempo mais prolongado. Por sua vez, isso expõe todas as pessoas que adentrem este espaço, mesmo após o abandono do ambiente pelo doente bacilífero (BARNES *et al*, 2009).

Dada às características da circulação do ar, ou seja, a ventilação do ambiente é possível diminuir a concentração de gotículas infecciosas, de modo que o vento funciona como um meio eficaz para reduzir a transmissão do bacilo (CAMINERO *et al*, 2001). No clima quente, os bacilos da tuberculose expelidos ao ar livre dispersam-se rapidamente, enquanto, no frio, onde se concentram pessoas dentro de casa, aumentando a probabilidade de exposição, quando em um contato com tuberculose bacilífero. Em climas temperados ou tropicais, o arejamento das casas tende a ser melhor, uma vez que as janelas podem ser

mantidas abertas por períodos mais longos do que em climas frios (FARGA e CAMINERO, 2011).

Na China a correlação entre TB e velocidade do vento foi o fator com maior influência na tuberculose dentre os indicadores meteorológicos (ZHANG *et al*, 2015). Em Chinghai na China, a incidência de TB foi positivamente associada a velocidade do vento ( $p < 0,05$ ), a cada 1km/s de aumento da velocidade do vento foi associada a um incremento de 7,0% na incidência de TB (RAO *et al*, 2016). Em Mainland (China) verificou-se que a velocidade do vento teve um efeito negativo na prevalência da tuberculose, com um aumento na unidade da velocidade do vento, o risco de novos casos de TB diminui em 0,83518 unidades.

Teoricamente, a alta velocidade do vento pode acelerar a ventilação e assim diluir a concentração de bactérias, ajudar a reduzir o risco de infecção. Em medições de troca de ar para testar se a ventilação pode reduzir o risco de transmissão no ar, os resultados mostraram que a ventilação limitou os riscos de infecção TB entre 0,1% e 3,6% (CAO *et al*, 2016). Também, pode-se verificar que a ventilação natural criada pela abertura de janelas e portas proporciona altas taxas de troca de ar e com isto proteção contra a infecção por TB devido sua disseminação no ar (ESCOMBE *et al*, 2007).

Estudos demonstram que o vento pode ser visto como um fator de proteção para a transmissão da doença, pois desta forma limita a permanência do bacilo num determinado local mas, por outro lado pode funcionar como instrumento de disseminação da doença, levando os bacilos para áreas fechadas e mal ventiladas, deixando-os confinados e elevando assim o risco da infecção por TB nestes locais.

Outro aspecto ambiental que diz respeito à questão que favorece o adocimento por tuberculose é a da poluição do ar, incluindo a fumaça e as partículas totais em suspensão.

## **1.7. POLUIÇÃO X SAÚDE**

O crescimento da população mundial tem sido acompanhado pelo aumento do número de habitantes nas áreas urbanas, realidade que resulta em pressões sobre os espaços, os ecossistemas, as infraestruturas, os equipamentos e os modos de vida nas cidades (UNEP, 2002; STRUM *et al.*, 2006). A problemática da qualidade de vida assume relevância crescente, sobretudo frente à questão ambiental, em função de diferentes fatores, dentre eles, o tráfego motorizado, as indústrias e as fontes domésticas, que respondem, particularmente, pelas emissões de contaminantes, os quais comprometem decisivamente no quadro de qualidade ambiental obtidas nos espaços das cidades (UNEP, 2002; STRUM *et al.*, 2006). A

avaliação deste cenário envolve um conjunto amplo de dimensões e indicadores, dos quais a qualidade do ar e as alterações climáticas estão inseridas.

Os efeitos globais, atribuídas a presença de determinados gases na atmosfera, como a intensificação do efeito estufa, a destruição da camada de ozônio e a incidência de chuva ácida, foram observações intensamente veiculados na mídia e comunidade científica no final do século XX e início do XXI, tanto em países industrializados quanto em países em industrialização (UNEP, 2002; TSAI & CHEN, 2006; XIAO *et al.*, 2006). A não resolução ou equacionamento de tais problemas globais a curto e médio prazo vem causando sérios impactos sobre a população e o planeta. Novamente, os grandes centros urbanos têm sido particularmente afetados, sobretudo os segmentos sociais mais carentes, em função da magnitude da população exposta a condições de vulnerabilidade (STRUM *et al.*, 2006).

Junto aos temas globais, a contaminação atmosférica no nível local, constatada pelas frequentes ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar por poluentes das grandes cidades, reconhecidamente são capazes de trazer danos à saúde do homem (CASTRO *et al.*, 2003; LATHA & HIGHWOOD, 2006; OLIVEIRA, & FERREIRA, 2007a; OLIVEIRA & FERREIRA, 2007b).

Atualmente, na Europa, existe uma priorização nesse aspecto, para a introdução de ações que reduzam a emissão de contaminantes atmosféricos por fontes móveis, a fim de manter os níveis de poluição em patamares aceitáveis, uma vez que o controle da poluição de fontes industriais já foi enfatizado nas décadas de 1950 e 1960 (WILLIAMS, 2004). Na América Latina e Caribe, a Organização Mundial de Saúde – OMS estima que aproximadamente 100 milhões de pessoas estão expostas a níveis de concentração de poluentes do ar acima dos valores indicados como adequado, e portanto, capazes de provocar danos à saúde (KORC, 2000).

Entretanto, os problemas atuais são mais complexos que aqueles enfrentados na década de 1950. Na Europa, por exemplo, o desejo público de continuar usando carvão era consideravelmente menor do que o atual desejo de utilizar veículos automotores (WILLIAMS, 2004), daí apesar da mudança da percepção da sociedade, ela se mantém com dificuldade de abrir mão do uso dos recursos naturais para se beneficiarem com a queda da poluição.

Estudos atuais sobre a poluição atmosférica local têm adotado uma nova abordagem, o qual avalia os efeitos das exposições à contaminantes atmosféricos em concentrações relativamente mais baixas (abaixo dos padrões de qualidade do ar) a fim de analisar à saúde

de populações em pessoas mais susceptíveis durante longo período de exposição (SEGALA *et al.*, 1998).

É importante frisar a necessidade de programas urgentes para diminuir a poluição do ar, a qual é vista como um problema grave de saúde que necessita de ações urgentes para que os índices de poluentes sejam diminuídos.

### **1.7.1 QUALIDADE DO AR NO BRASIL**

No Brasil, a discussão sobre a qualidade do ar avançou ao longo dos anos, e se discutiu desde uma abordagem relacionada às concentrações máximas permitidas nos diferentes setores da produção industrial, vinculadas à saúde do trabalhador, até a avaliação dos níveis de exposição a poluentes atmosféricos em ambientes “*out door*”, com ênfase nos efeitos à saúde de grandes contingentes populacionais (KORC, 2000). Assim, a discussão da qualidade do ar, desde as décadas de 1980 e 1990 no Brasil se centrava nas principais regiões metropolitanas do país.

A partir da década de 2000, tornou-se tema de estudos também em áreas rurais e de florestas, como o “Arco do Desmatamento”, área da Amazônia Legal onde se observou a maior degradação ambiental da região, em função do acelerado processo de ocupação nas últimas 3 décadas. As políticas de colonização e de crescimento econômico, vinculadas à exploração madeireira e a expansão da agropecuária, com destaque para a produção de oleaginosas e cana-de-açúcar, desencadearam uma forte migração para a região, onde os modelos de ocupação e uso do solo basearam-se em desmatamento de grandes áreas e queima da vegetação, com liberação de gases e material particulado que poderiam afetar a qualidade do ar de outras regiões do país (IGNOTTI *et al.*, 2007).

Adicionalmente, a poluição do ar associada aos efeitos danosos à saúde, fortaleceu-se através do processo de reflexão sobre a utilização de combustíveis fósseis. Tais combustíveis têm assumido um papel de destaque na interpretação de eventos de poluição atmosférica em níveis global e local, e têm sido um importante instrumento de envolvimento da sociedade na discussão sobre as necessidades de crescimento econômico e os padrões de qualidade ambiental desejáveis para as sociedades.

Majid Ezzati, (2010) mostraram que as taxas de incidência de tuberculose, em parte da China poderia ser de 14,0 a 52,0% mais baixa se o tabaco e o fumo fossem evitados em

ambientes fechados até 2033, bem como a poluição proveniente da cozinha tradicional em fogões a lenha, eliminados (EZZATI, 2010).

A qualidade do ar, atualmente, é prejudicada principalmente pelas emissões gasosas veiculares nas grandes cidades e embora seja classificada em sua maioria como boa vem afetando a população, principalmente crianças e idosos, aumentando os atendimentos por problemas respiratórios no inverno ou em algumas épocas do ano, quando a umidade do ar é menor.

### **1.7.2 POLUENTES ATMOSFÉRICOS**

Os poluentes atmosféricos possuem características físico-químicas que determinam comportamentos e mecanismos de toxicidades específicos à saúde, para tal é preciso conhecê-los a fim de evitar os danos à saúde (Quadro 1)

**QUADRO 1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS POLUENTES E SUA RELAÇÃO COM A SAÚDE**

<b>Poluente</b>	<b>Características físico-químicas</b>	<b>Relação com à saúde</b>
Material Particulado	Mistura complexa de partículas heterogêneas, sólidas ou líquidas, sendo classificadas em função da sua granulometria como: em suspensão (PTS) – diâmetro aerodinâmico menor que 100 µm; grossas (PM 10) – diâmetro inferior a 10 µm; finas (PM 0,1 – 2,5) – diâmetro entre 0,1 e 2,5µm; ultrafinas – diâmetros menores que 0,1 µm.	Aumento de mortalidade, pois podem adsorver e carrear outros poluentes, aumentando a incidência e a severidade de doenças respiratórias. A toxicidade varia de acordo com seu tamanho, forma, área, composição química e propriedades físicas. As partículas grossas geralmente não chegam aos pulmões, ao contrário das partículas finas, agravando os quadros alérgicos.
CO	É um gás incolor e inodoro. Trata-se de óxido neutro, pouco reativo na atmosfera.	A afinidade do CO pela hemoglobina é 250 vezes maior que o O <sub>2</sub> . Com isso, a intoxicação por CO pode gerar um quadro de interferência no transporte de O <sub>2</sub> , diminuição de reflexos, anóxia celular e arritmias cardíacas, levando a admissão hospitalar e mortalidade por doenças cardíacas.
O <sub>3</sub>	É um gás incolor e um agente oxidante altamente reativo e muito tóxico. Está associado a reações fotoquímicas ou a descargas elétricas; é o principal representante dos oxidantes fotoquímicos.	Irritante das mucosas do sistema respiratório, reduz a função pulmonar e sensibiliza os pulmões a outros irritantes, através da diminuição da resistência a doenças infecciosas e devido à destruição dos tecidos pulmonares, exacerbações de asma brônquica pela irritação e inflamação da mucosa respiratória, hiper reatividade brônquica, facilitação da ação de alérgenos, podendo agravar enfisemas e doenças do coração. A exposição crônica a altos níveis de O <sub>3</sub> pode provocar o envelhecimento prematuro dos tecidos pulmonares.



SO <sub>2</sub>	É um gás estável com cor variando de incolor a amarelado. Não é inflamável ou explosivo. Em contato com superfícies úmidas, converte-se em ácido sulfuroso (H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> ) e ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) em função da sua alta solubilidade em água, podendo provocar um aumento da acidez da chuva.	Irritante das vias aéreas superiores e inferiores. Ocasiona a broncoconstrição, mesmo em curtos períodos de exposição ou em concentrações ambientais menores. Aumenta a resposta respiratória a outros agentes ambientais que exacerbam o bronco espasmo. Em altas concentrações, pode causar graves inflamações nas mucosas das vias respiratórias, podendo ser fatal. Os sulfatos podem diminuir a resistência ao câncer de colo e de mama e agravar doenças cardíacas.
NO <sub>x</sub> (óxidos de nitrogênio)	Trata-se da mistura de NO (óxido nítrico ou monóxido de nitrogênio), e um agente oxidante. Outros óxidos podem estar presentes, como o N <sub>2</sub> O (óxido nitroso), o trióxido de dinitrogênio (N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) e o pentóxido de dinitrogênio (N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ). O NO <sub>2</sub> é um produto da reação entre o NO e o O <sub>2</sub> ou O <sub>3</sub> . Convertem-se em ácido nítrico (HNO <sub>3</sub> ) e ácido nitroso (HNO <sub>2</sub> ), podendo provocar um aumento da acidez da chuva.	Instalação de infecções respiratórias e o surgimento de sinais de obstrução brônquica. Intenso irritante da mucosa respiratória superior e dos bronquíolos e alvéolos. Intensas exposições podem provocar conjuntivite, tosse, dispneia e reação broncoscópica, podendo evoluir a edema pulmonar e morte.

Fonte:

BRASIL,

2016.

Dada à implicação dos poluentes do ar no processo de adoecimento das pessoas, particularmente, nas grandes cidades, apresentar-se-á a poluição e sua implicação na produção da doença tuberculosa.

### 1.7.3 POLUIÇÃO DO AR E O ADOECIMENTO POR TUBERCULOSE

O uso abusivo dos recursos naturais, dos ecossistemas e a devastação de áreas verdes por meio do desmatamento e queimadas, torna cada vez mais o ar impuro, de modo que a cada dia aumenta a necessidade de dar maior atenção ao monitoramento da qualidade do ar, daí a necessidade de o poder público realizar o monitoramento da concentração dos principais poluentes, para a adoção de medidas mitigadoras necessárias para manter a qualidade do ar em índices que garantam a saúde e o bem-estar da população (DISTRITO FEDERAL, 2011).

Por sua vez, ressalta-se que os grandes centros urbanos têm sido particularmente afetados, sobretudo nos seus setores mais carentes, em função da grande população exposta e das altas condições de vulnerabilidade (STRUM *et al.*, 2006; CASTRO *et al.*, 2003; LATHA & HIGHWOOD, 2006; OLIVEIRA, & FERREIRA, 2007a; OLIVEIRA & FERREIRA, 2007b; OLIVEIRA & FERREIRA, 2008).

Dentre as associações entre poluição do ar e a tuberculose, estudo nos EUA analisou as concentrações médias no nível individual de monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), o ozônio (O<sub>3</sub>) e partículas totais em suspensão, sendo indicada uma relação significativa da tuberculose com os valores de NO<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> nos grandes centros urbanos (SMITH, 2014; ARBEX, 2012).

Na Coreia do Sul o impacto da poluição do ar sobre o desenvolvimento de TB, mostraram que a exposição a longo prazo de SO<sub>2</sub> no ambiente aumentou o risco de TB em 7,0% nos homens (HWANG, 2014).

Um estudo na China relataram que a exposição às concentrações de partículas totais em suspensão elevaram a taxa de incidência de TB para 1,27 vezes (KIM, *et al.*, 2014). Também a

Kuan-Yuan Chen, *et al.*, (2016) em Taiwan registraram 4,0% de aumento no risco de adquirir TB devido exposição aos materiais particulados, além disso, verificaram-se uma interferência no resultado na baciloscopia, onde a exposição crônica nos níveis  $\geq 50$  g/m<sup>3</sup> ppm<sub>10</sub> podem prolongar a conversão da cultura de escarro dos pacientes com tuberculose.

Adicionalmente, a poluição do ar e a TB pulmonar apresentaram associação positiva com a concentração de CO ambiente e NO<sub>2</sub>, independentemente se o paciente era fumante ou

não. Também, havia uma relação entre o gás carbônico, o NO<sub>2</sub> e o adoecimento por TB em estudo nos EUA (GENEÉ *et al.*, 2015).

Shilova MV, *et al.*, (2004), na Rússia, referiram um risco de adoecimento por Tb devido à poluição (óxido nítrico, dióxido de nitrogênio, monóxido de carbono e dióxido de enxofre e partículas em suspensão). Lai *et al.*, (2015) em Taiwan observaram que a poluição atmosférica esteve relacionado ao tráfego de automóveis, incluindo dióxido de azoto, monóxido de azoto e monóxido de carbono, além da associação ao risco de tuberculose confirmada por cultura.

Como então monitorar a qualidade do ar?

#### **1.7.4 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR**

O efeito da poluição atmosférica sobre a saúde é estimado por meio do Índice de Qualidade do Ar (IQAr) onde a concentração do poluente está relacionada com um valor adimensional desses indicados que, por sua vez, pode ser associado à uma escala de cores em função dos possíveis efeitos esperados na população. Desta forma, conhecendo a concentração de poluentes, o ar analisado pode ser classificado como de qualidade: boa, regular, inadequada, má e péssima (EPA, 2012).

De acordo com o Instituto Brasília Ambiental – IBRAM (2011) o monitoramento da qualidade do ar tem como objetivo a quantificação de poluentes atmosféricos, bem como a avaliação da qualidade do ar em relação aos limites estabelecidos. Em razão da maior concentração na atmosfera e dos efeitos nocivos que apresentam, os principais poluentes atmosféricos são: Partículas totais em suspensão (PTS) - partículas de até 100 µm de diâmetro; Partículas inaláveis (PI) - partículas de até 10 µm de diâmetro; Fumaça – parâmetro determinado pelo escurecimento de um filtro através da deposição de partículas em suspensão; Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>); Monóxido de carbono (CO); Dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e Ozônio (O<sub>3</sub>).

---

Tabela 1- Classificação e níveis de cautela dos principais poluentes atmosféricos.

Classificação	Índice	Níveis de cautela	PM-10 Media 24h( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SO <sub>2</sub> Media 24h( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CO Media 8h(ppm)	O <sub>3</sub> Media 1h( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NO <sub>2</sub> Media 1h( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Boa	0-50	Nenhum	50	80	4,5	80	100
Regular	51-100	Nenhum	150	365	9	160	320
Inadequada	101-199	Atenção	250	800	15	400	1130
Má	200-299	Alerta	420	1600	30	800	2260
Péssima	300-399	Emergência	500	2100	40	1000	3000
Crítica	Acima de 400	Crítica	600	2620	50	1200	3750

Fonte: EPA, 2012.

Neste sentido, a Resolução Conama nº 3/1990 estabeleceu para cada um desses poluentes, os padrões de qualidade do ar, ou seja, limites máximos de concentração que, quando ultrapassados podem afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos ao meio ambiente em geral.

A seguir, serão considerados outros aspectos dentre eles o de determinantes sociais e biológicos que podem favorecer também o adoecimento por TB.

## 1.8. DETERMINAÇÃO SOCIAL E A TUBERCULOSE

A crescente conscientização sobre a importância dos determinantes sociais na saúde tem estimulado a discussão dos problemas das doenças transmissíveis, associado a outros fatores e não só os biológicos. Neste sentido, a tuberculose tem sido priorizada devido à sua magnitude, por ser uma doença contagiosa, progressiva e de curso crônico. Um terço da população do mundo está infectado com as cepas do *Mycobacterium tuberculosis*, mas apenas de 5,0 a 10,0% dos indivíduos infectados irão desenvolver doença ativa. E isto, por si só, já é motivo para que sejam eliminados, ou pelo menos, reduzidos os fatores de risco (CORTEZ, 2008).

Para a Comissão Nacional sobre os Determinantes Sociais da Saúde (CNDSS, 2006 apud BUSS & FILHO, 2007), os determinantes sociais da saúde são os fatores sociais, econômicos, culturais, étnicos/raciais, psicológicos e comportamentais que influenciam na ocorrência de problemas de saúde e nos fatores de risco na população.

Buss & Filho (2007) utiliza o *modelo de Dahlgren e Whitehead* sobre determinantes sociais da saúde, o qual dispõe de diferentes camadas, desde uma camada mais próxima dos

determinantes individuais até uma camada distal, onde se situam os macrodeterminantes. Os indivíduos como um todo se situam:

- Base do modelo, com características individuais de idade, sexo e fatores genéticos que, evidentemente, exercem influência sobre seu potencial e suas condições de saúde.
- Na camada imediatamente externa aparecem o comportamento e os estilos de vida individuais. Esta camada está situada no limiar entre os fatores individuais e os determinantes sociais da saúde. Uma vez que os comportamentos, muitas vezes são entendidos apenas como de responsabilidade individual, dependentes de opções feitas pelo livre arbítrio das pessoas, na realidade podem também ser considerados como parte de determinação social da saúde. Essas opções estão fortemente condicionadas por determinantes sociais – como informações, propaganda, pressão dos pares, possibilidades de acesso a alimentos saudáveis e espaços de lazer etc.
- A camada seguinte destaca a influência das redes comunitárias e de apoio, cuja maior ou menor riqueza expressa o nível de coesão social que, como vimos, é de fundamental importância para a saúde da sociedade como um todo.
- No próximo nível estão representados os fatores relacionados a condições de vida e de trabalho, disponibilidade de alimentos e acesso a ambientes e serviços essenciais, como saúde e educação, indicando que as pessoas em desvantagem social correm um risco diferenciado, criado por condições habitacionais mais humildes, exposição a condições mais perigosas ou estressantes de trabalho e acesso menor aos serviços.
- Finalmente, no último nível estão situados os macrodeterminantes relacionados às condições econômicas, culturais e ambientais da sociedade e que possuem grande influência sobre todas as demais camadas.

Os determinantes estruturais são a chave da epidemiologia da tuberculose e inclui desigualdades socioeconômicas globais, altos níveis de mobilidade da população, dada a rápida urbanização e o crescimento populacional, ou seja, são estas as condições que geram as distribuições desiguais dos principais níveis de saúde e ou doença na comunidade. Por sua vez, as quatro fases da patogenia da TB, como a exposição à infecção, a progressão para doença, o diagnóstico tardio ou inadequado, o tratamento e baixa adesão, também tem tido baixa resposta dos pacientes com problemas sociais (HARGREAVES, *et al.*, 2011).

Adicionalmente, várias barreiras surgem para o paciente acessar o serviço de saúde, incluindo o de tuberculose, entre eles estão os horários de consultas, marcação de exames, as

incapacidades crônicas e pessoais (HARGREAVES, *et al.*, 2011) que implicam com a não conclusão do tratamento da TB.

Estratégias de proteção social (transferências de renda, microcrédito e treinamento), podem ser aproveitadas para melhorar a prevenção da TB, pelo menos de quatro maneiras (HARGREAVES, *et al.*, 2011):

1. Disponibilizar os incentivos sociais em comunidades com alto nível de TB, o que iria melhorar as condições materiais para muitas famílias e na redução das barreiras financeiras do diagnóstico da TB.
2. A participação nos programas de saúde pode incentivar a ação comunitária e educação sobre a TB, estas intervenções podem orientar os pacientes de TB e as pessoas próximas sobre a transmissão e o tratamento da doença;
3. Favorece o apoio para o desenvolvimento de metas a longo prazo de redução da doença, e pode ser fornecida aos doentes de TB ou agregados familiar que não sofrem com TB.
4. Oportunidades de formação e desenvolvimento de ocupação e oportunidades para todos. Estas estratégias criam mais incentivos para maximizar a adesão ao tratamento de TB.

Outras estratégias recomendadas pelo Ministério da Saúde no sentido de ampliar a cura e envolve o tratamento de TB com o uso do Tratamento Diretamente Observado (TDO), a prevenção com a vacina BCG e o tratamento da Infecção Latente da Tuberculose (ILTb) (DISTRITO FEDERAL, 2015).

Como já apontado anteriormente, a TB se encontra também determinada por problemas sociais ligados à questão de gênero, os grupos desfavorecidos, os pobres e as minorias étnicas (HARGREAVES, BOCCIA, EVANS, 2011; LÖNNROTH *et al.*, 2009). Além do adoecimento, as desigualdades socioeconômicas influenciam na eficácia do tratamento e, portanto, da continuidade da transmissão da doença devido a contatos domiciliares (GOODYEAR, FABIAN, 2012; BAKER *et al.*, 2009), particularmente, nos grandes aglomerados urbanos as circunstâncias psicossociais, os fatores de risco comportamentais e biológicos também tem implicação no adoecimento por TB (HARGREAVES, *et al.*, 2011) e na não adesão ao tratamento.

### 1.8.1 POPULAÇÕES VULNERÁVEIS

A dimensão da transmissão da TB em grupo vulneráveis no Brasil foi priorizado pelo Programa Nacional de Controle da Tuberculose (PNCT), que definiu entre as populações prioritárias, aquelas em situação de rua, a população privada de liberdade, indígenas e as pessoas vivendo com HIV/aids (BRASIL, 2012a).

Faz parte desses grupos populacionais, aquelas pessoas que vivem em condições desfavoráveis de moradia e alimentação, em grandes aglomerados humanos, albergues, favelas e presídios estão entre os mais vulneráveis. Isto significa que a transmissão da tuberculose é maior nestas circunstâncias em função da proximidade do contato com bacilífero e maior risco de TB nesse grupo, que em geral, têm moradias com limitada ventilação, sem acesso à luz solar e sistema imune comprometido, além de dificuldades de acesso aos serviços de saúde. Em virtude da transmissibilidade aérea da TB, entende-se que a aglomeração domiciliar e a co-habitação com tuberculosos são fatores de risco de desenvolvimento de tuberculose.

#### I. População em situação de rua

Esse segmento social vive nas ruas das grandes cidades e em geral, não conta com apoio social, apresenta déficit escolar, alimentar, higiene e tem acomodação inadequada o que implica em contato com álcool e drogas, particularmente, consumidos em espaços pequenos e mal ventilados, favorecendo o contato e o adoecimento pelo (BRASIL, 2012). Existem poucos dados disponíveis sobre a população em situação de rua no Brasil, mas, eles apresentam elevada incidência de tuberculose e abandono de tratamento. Estudos realizados no Rio de Janeiro e São Paulo evidenciaram que a população em situação de rua apresenta entre 48 a 67 vezes maior risco de TB do que a população em geral (BRASIL, 2012a).

#### II. População privada de liberdade

Os espaços físicos das carceragens brasileiras são pequenos, com baixa presença de luz solar e ventilação para acomodarem o grande quantitativo de presos. Este cenário mostra a facilidade de transmissão do bacilo da tuberculose naqueles espaços (BRASIL, 2012). A incidência da doença na população privada de liberdade é maior do que entre a população em geral, ou seja, o coeficiente de incidência da doença nessa população foi de 936,9/100 mil hab. em 2012. Em 2013, a população privada de liberdade representou 0,3% da população do país e contribuiu com 7,8% dos casos novos de tuberculose notificados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) (BRASIL, 2014).

### III. População indígena

Neste caso, a população indígena brasileira vive em geral, em condições de pobreza e exclusão, além de conviver em espaços pequenos, com poluição do ar na casa devido a fumaça da lenha e/ou tabaco, desnutrição, bem como, mostram uma baixa resistência ao adoecimento por tuberculose (BRASIL, 2012). A incidência por TB, em indígenas no ano de 2010, foi de 95,5 casos/100 mil hab., quase três vezes o valor da média nacional, sendo que grande parte dos indígenas residem em áreas urbanas, sobretudo nas capitais e regiões metropolitanas (BRASIL, 2012a).

### IV. A coinfeção TB/HIV

Pacientes portadores da coinfeção TB/HIV têm maior probabilidade de apresentar TB e um desfecho desfavorável ao tratamento da tuberculose (BRASIL, 2012b). Isso ocorre devido à baixa imunidade, condições de vida e de acesso aos serviços de saúde. A pobreza e a miséria tem influência direta no diagnóstico e no curso do tratamento de ambas enfermidades, daí, a TB, ser a primeira causa de morte em pacientes vivendo com aids no Brasil. Em 2010, entre os casos de TB notificados no SINAN/TB, cerca de 10,0% apresentavam coinfeção (TB/HIV) (BRASIL, 2012b).

Enfim, ficou evidente que subgrupos específicos da população, em situações de fragilidades sociais e ambientais tais como: sem-abrigo, migrantes, pessoas que vivem em ambientes urbanos e população privada de liberdade, continuam a apresentar um risco elevado de contrair a infecção por TB, e em desenvolver a doença ativa em cenários que representam um desafio para os programas de controle da TB no país (ODONE *et al.*, 2014), particularmente com o Plano pelo Fim da TB como problema de saúde pública a fim de reduzir o coeficiente de incidência para menos de 10 casos por 100 mil hab. até o ano de 2035 (BRASIL, 2017).

## 1.8.2. EPIDEMIOLOGIA DA TUBERCULOSE

O Brasil em 2017 se encontrava entre os 22 países de alta carga de tuberculose (TB) no mundo (35,4/100.000hab.), na região Centro-Oeste (CO) o cenário da doença é de baixa carga (24,1/100.000hab.), sendo que o Distrito Federal (DF) 11,0/100.000hab. e mostra queda anual de 2,2% com tendência a pré-eliminação (BRASIL, 2016). Na região Nordeste (NE) a incidência encontrada foi de 50,7/100 mil habitantes para todas as formas de tuberculose, sendo que no Recife, 96,7/100.000hab., na região Sudeste (SE) cerca de 58,5/100.000hab.,



com o Rio de Janeiro apresentando um coeficiente de 89,3/100.000hab. e a região Sul (S) uma incidência de 54,6/100.000hab., com Porto Alegre, 105,0/100 mil habitantes (BRASIL, 2016).

A TB se concentra em áreas urbanas, representando um bilhão de pessoas vivendo em favelas urbanas nos países em desenvolvimento, o que é um grave problema de saúde pública. A urbanização é um dos maiores obstáculos para a implementação do controle da TB, dado os elevados riscos de transmissão e dos altos coeficientes de TB. Projeto de habitação, reabilitação urbana, urbanização de favelas tem uma grande influência no controle da TB, uma vez que afetam a sua epidemiologia de duas formas: eles podem influenciar na transmissão da TB diretamente, afetando os ambientes físicos e sociais das comunidades e melhora a qualidade da habitação em termos de poluição interna e ventilação do ar (HARGREAVES, *et al.*, 2011). Ou seja, o ambiente onde as pessoas vivem.

### **1.9. CARACTERÍSTICAS DO *MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS***

Trata-se de uma doença transmissível, causada por bactéria álcool-ácido resistente, pertencente ao gênero *Mycobacterium*. A doença é progressiva e, geralmente, de curso crônico que afeta animais e seres humanos. Os agentes envolvidos pertencem ao Complexo *Mycobacterium tuberculosis* (MTC) e incluem: *Mycobacterium bovis*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Mycobacterium africanum*, *Mycobacterium caprae*, *Mycobacterium microti* (ABRAHÃO, 1999), *Mycobacterium pinnipedii* (BROSCH *et al.*, 2002) e ainda o *Mycobacterium canetti* (PELCZAR *et al.*, 1993; ABALOS & RETARNAL, 2004), dentre estas espécies, as mais patogênicas para o homem são o *M. tuberculosis* e o *M. bovis* (AMANFU, 2006).

O gênero *Mycobacterium* divide-se em dois grupos principais: micobactérias de crescimento lento e micobactérias de crescimento rápido, que representam grupos distintos, tanto do ponto de vista fenotípico como genotípico. Este gênero compreende patógenos (*M. tuberculosis* e *M. leprae*) e outras espécies encontradas no meio ambiente, denominadas de micobactérias ambientais. Tais micobactérias existem livremente na natureza, particularmente, em áreas alagadas como pântanos, rios e sistemas de água canalizada. Algumas das espécies ambientais causam infecções oportunistas em humanos, em particular nos indivíduos com sistema imunitário debilitado, tais como, *M. avium* - complexo intracelular (MAC), *M. kansasii*, *M. abscessus*, *M. fortuitum*, *M. xenopi* e *M. ulcerans*.

Há evidências de que a exposição de humanos a estas espécies pode condicionar respostas imunitárias, que podem assemelhar-se a reações fracas à tuberculina e também,

interferir na proteção imunitária conferida pela vacinação com o bacilo Calmette-Guérin (BCG). Tal fato pode explicar a variação regional da protetora eficácia da BCG (GRANGE, 2014).

A grande maioria de estirpes de *M. tuberculosis* produz colônias de consistência rugosa que se assemelham a migalhas de pão ou couve-flor em meio sólido, mas uma variante muito incomum, designada por tipo Canetti, produz colônias de aspecto liso; esta variante apresenta maior relação com uma forma ancestral de *M. tuberculosis* (GRANGE, 2014).

As micobactérias têm grande capacidade de permanecer viáveis em condições ambientais adversas. Em condições laboratoriais, foi demonstrado que 50% de *M. bovis* sobrevivem a 0°C por 36 dias, mas menos de 50% conseguem sobreviver por um dia a 16°C. Também, o *Mycobacterium bovis* pode permanecer viável em estábulos, pastos e esterco por até dois anos, e até por um ano na água, até 10 meses em produtos de origem animal contaminado (RUSSEL *et al.*, 1984). São destruídos pela pasteurização do leite e apresentam maior resistência aos ácidos, aos álcalis e aos desinfetantes químicos como amônia quaternária e Clohexidine. Os agentes desinfetantes como fenólicos, formol, álcool e em especial pelo hipoclorito de sódio são bastante eficientes no combate ao bacilo, contudo sua ação pode ser afetada pela concentração do produto, o tempo de exposição, a temperatura e a presença de matéria orgânica (ARAÚJO, 2004; COSTA, 2008).

O *M. tuberculosis* é resistente ao frio e a baixa umidade, no entanto é muito sensível ao calor. Os bacilos da tuberculose expelidos ao ar livre dispersam-se rapidamente, e expostos à luz solar, morrem muito depressa devido aos raios ultravioleta. A melhor forma de destruir os bacilos é deixá-los expostos ao sol, para tal recomenda-se que os portadores de tuberculose permaneçam em locais ventilados e ensolarados. Além disso, o bacilo apresenta multiplicação lenta, fator que favorece sua tendência a cronicidade (BARNES *et al.*, 2009).

## **2.0. JUSTIFICATIVA**

Frente ao cenário de possibilidades de adoecimento por tuberculose ser diverso, em função das diferentes facetas que a doença abarca, que vai desde fatores genéticos, sociais, comportamentais, a diversidade de carga da enfermidade local, das condições e oferta de serviços de saúde à população, além do modo de vida das pessoas, outros aspectos ainda não se encontram bem esclarecidos, dentre eles os ambientais. Questões como a de explicar, por exemplo, porque existem cenários tão distintos de TB dentro de um país, como no Brasil? O

que ocorre na região Centro-Oeste que justifique uma baixa incidência de TB, como no DF? Para responder estes questionamentos, entende-se que há necessidade de fazer uma comparação considerando as condições ambientais e sociais em municípios com elevada carga da TB e o DF? Ou seja, onde a carga da TB é elevada, as questões ambientais e sociais têm influenciado o incremento da TB naqueles ambientes? Ou ao contrário, não existe nenhuma interferência quanto a esses aspectos?

Essa hipótese tem por base diferentes artigos, os quais sustentam que o aumento da incidência da TB sofre influência de variáveis ambientais e sociais, fato esse observado em várias evidências científicas mostradas anteriormente, onde assinalam que esses fatores implicam no adoecimento da TB, seja por inadequada ventilação capaz de remover o *Mycobacterium tuberculosis* do ambiente, pela duração da exposição e a proximidade com o caso infeccioso, a ausência de sol e radiação UV, a falta de vitamina D pela dificuldade de exposição solar das pessoas, a umidade ou vapor de água, a altitude e velocidade do vento, além da inadequada prevenção da infecção por TB, a pobreza, a baixa escolaridade, a habitação pequena com superlotação do espaço físico e a limitação do saneamento básico das pessoas estão entre os responsáveis pela vulnerabilidade à doença.

Conhecer estes resultados ambientais e sociais em cada contexto, vai subsidiar programas de TB a melhorar a vigilância dessa enfermidade, por sua vez, oportuniza orientações preventivas na vigilância para controle da doença em grandes aglomerados urbanos, além de subsidiar gestores nas políticas de urbanização e no planejamento ambiental dessas cidades.

### **3.0. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GERAL**

Analisar a incidência de tuberculose em três municípios brasileiros e o Distrito Federal na perspectiva dos fatores climáticos e sociais.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar a relação de fatores climáticos e de qualidade do ar com a tuberculose no Distrito Federal-Brasil, 2003 a 2012.

- Analisar os aspectos ambientais e sociais como determinantes da tuberculose no Distrito Federal-Brasil, 2003 a 2015.

- Identificar os riscos ambientais e sociais na incidência da tuberculose nos municípios do Rio de Janeiro, Recife, Porto Alegre e Distrito Federal, 2003 a 2014.

#### **4.0 MÉTODO**

Trata-se de um estudo ecológico (PEREIRA, 2012) e descritivo. Este tipo de estudo se caracteriza pelos atributos de uma população e contexto ambiental em que estão inseridos. Os estudos ecológicos são uteis para detectar áreas com excesso de enfermidades; serve para gerar hipóteses sobre a etiologia de doenças, além de testar hipóteses em diferentes bancos de dados e locais (BRASIL, 2006).

A pesquisa descritiva examina como a incidência (casos novos) ou a prevalência (casos novos e antigos) de uma doença ou condição relacionada à saúde que varia de acordo com determinadas características, como sexo, idade, escolaridade e renda, entre outras. Quando a ocorrência da doença/condição relacionada à saúde difere segundo o tempo, lugar ou pessoa e desta forma pode-se não apenas identificar grupos de alto risco para fins de prevenção, mas também gerar hipóteses etiológicas para investigações futuras (SZKLO, 2000).

#### **4.1. ÁREAS DO ESTUDO**

O universo da pesquisa foi composto por três municípios brasileiros (Porto Alegre, Rio de Janeiro e Recife) e o Distrito Federal, todos de grande densidade populacional. A escolha baseou-se nos maiores coeficientes de incidência de tuberculose nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste e no Distrito Federal, o menor coeficiente da região Centro-Oeste (IBGE, 2010).

##### **4.1.1. CARACTERIZAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL**

###### **Histórico**

Em 1823, José Bonifácio de Andrade e Silva, o Patriarca da Independência, propôs a criação de uma nova capital no interior do Brasil (sugerindo o nome Brasília), longe dos portos para garantir a segurança do país.

A vocação mística de Brasília se inicia quando é incorporada à sua história o sonho de Dom Bosco. O Santo Italiano sonhou com uma depressão bastante larga e comprida, partindo de um ponto onde se formava um grande lago, entre os paralelos 15° e 20°, e que

repetidamente uma voz lhe dizia que "...quando vierem escavar as minas ocultas, no meio destas montanhas, surgirá aqui a terra prometida, vertendo leite e mel. Será uma riqueza inconcebível..."

No ano de 1892, foi nomeada a Comissão Exploradora do Planalto Central do Brasil, liderada pelo astrônomo Luiz Cruls e integrada por médicos, geólogos e botânicos, que fizeram um levantamento sobre topografia, o clima, a geologia, a flora, a fauna e os recursos materiais da região do Planalto Central. A área ficou conhecida como Quadrilátero Cruls e foi apresentada em 1894 ao Governo Republicano (CODEPLAN, 2015).

Somente em 1955 foi delimitada uma área de 50 mil Km<sup>2</sup> onde localiza-se o atual Distrito Federal. A construção da nova capital teve início em abril de 1956, no comando do então presidente Juscelino Kubitschek de Oliveira, após a criação da Companhia Urbanizadora da Nova Capital (NOVACAP), cujo projeto de lei 2.874, o governo lançou o edital do Concurso Público para a construção do Plano Piloto. Lúcio Costa foi o vencedor do projeto urbanístico (que partiu do traçado de dois eixos cruzando em ângulo reto como o sinal da cruz. Um destes eixos leva às áreas residenciais, sendo levemente inclinado, dando à cruz a forma de um avião. O outro denominado Monumental, com 16 Km de extensão, abriga os prédios públicos e os palácios do Governo Federal no lado leste; no centro a rodoviária e a torre de TV e no lado oeste os prédios do Governo do Distrito Federal, e sendo Oscar Niemeyer o autor dos principais projetos arquitetônicos da cidade.

No dia 21 de abril de 1960, a estrutura básica da cidade está edificada e Brasília é inaugurada. Os candangos (nome dado aos primeiros habitantes da nova cidade) comemoram ao lado de Oscar Niemeyer, Israel Pinheiro, Lúcio Costa e Juscelino Kubitschek, os principais responsáveis pela construção de Brasília (CODEPLAN, 2015).

### **Clima, relevo e vegetação do Distrito Federal**

Brasília se localiza a 15°50'16" de latitude sul e a 47°42'48" de longitude oeste, com altitudes entre 1 000 e 1 200 metros acima do nível do mar, chamado Planalto Central, cujo relevo é na maior parte plano, com leves ondulações. O Distrito Federal ocupa uma área de 5.814km<sup>2</sup>, cerca de 0,07% do território do País, está localizado na Região Centro-Oeste com divisa dos estados de Goiás e Minas Gerais. O Planalto Central, corresponde ao que restou dos aplainamentos que afetam a região - as chapadas (EMBRAPA, 2015).

As formações concepionárias são abundantes no Distrito Federal, na sua formação, contribuíram não apenas os processos morfogenéticos atuais, mas também aqueles

decorrentes de alternância paleoclimática. Os processos de erosão e acumulação se fazem em função desta alternância paleoclimática, ocorrendo períodos secos ou úmidos. As formas de relevo do Distrito Federal resultam da atuação destes processos ou condições.

Um importante fator que influencia o clima de uma determinada região é a altitude. No Distrito Federal não existem grandes altitudes que sirvam, por assim dizer, de barreiras naturais às massas de ar que passem por essa região. A região mais baixa dessa área está localizada no Noroeste goiano, com altitudes mínimas chegando a 186 m, próximas ao curso do Rio Araguaia. As maiores altitudes podem ser observadas em uma faixa meridional que percorre pela região do Nordeste Goiano às proximidades da capital federal. O ponto mais alto atinge 1670 m e está localizado na Chapada dos Veadeiros, mais precisamente no município de Alto Paraíso (Figura 2) (NASA, 2002).

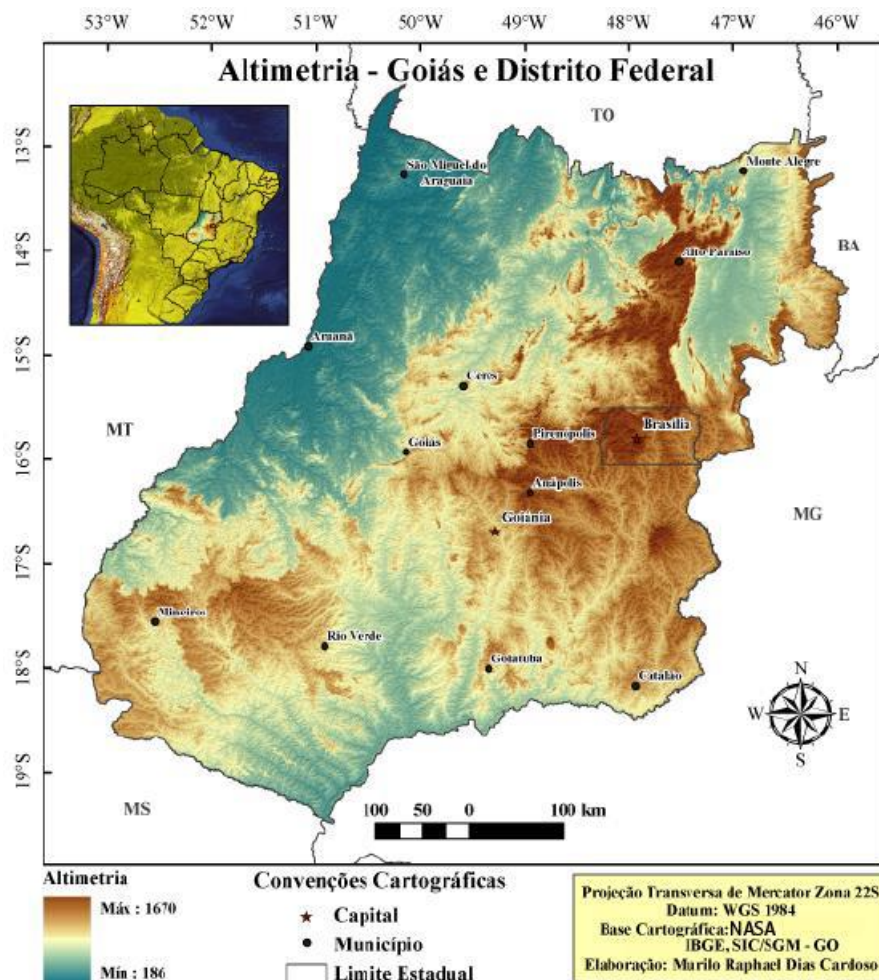


Figura 2. Altimetria no Estado de Goiás e Distrito Federal (CARDOSO, 2014).

Como pode ser observado na figura 3, o Distrito Federal apresentou apenas um tipo de clima, segundo a Classificação de Köppen-Geiger simplificada por Setzer. No Distrito

Federal, foi encontrado o clima Aw, que caracteriza essa região como Tropical com estação seca no inverno.

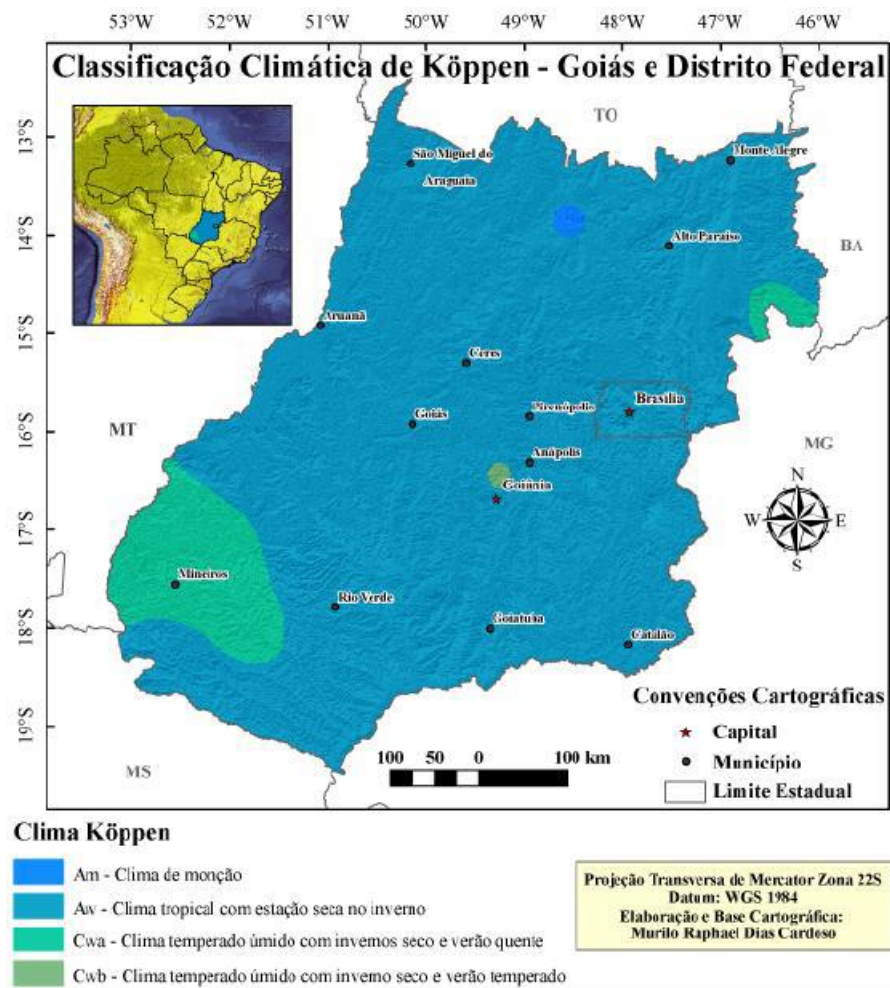


Figura 3. Classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal (CARDOSO, 2014).

O clima tropical de altitude da área, compreende o pediplano de Brasília, entre 1000 e 1200 metros de altitude, apresenta temperatura média, para o mês mais frio, inferior a 18°C, com média superior a 22°C no mês mais quente. Acima de 1200 metros, na região do pediplano de Contagem e Rodeador, também é caracterizado o clima tropical de altitude, porém com temperatura média, para o mês mais frio, inferior a 18°C, com média inferior a 22°C no mês mais quente.

Segundo NIMER (1979) a região do Distrito Federal raramente apresenta temperatura negativa. Em compensação, a elevada altitude impede temperaturas muito altas mesmo no verão. De acordo com a CODEPLAN (1984) e os dados das Normais Climatológicas de 1960-1990, Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (1992), o período mais chuvoso

corresponde aos meses de outubro a abril, e o período seco ocorre no inverno, especialmente, de junho a agosto.

De acordo com os dados do INMET (1992) observa-se que o regime pluviométrico anual é de 1.552 mm, sendo dezembro o mês mais chuvoso com cerca de 248mm. De acordo com COELHO (1995), existem algumas massas de ar que influenciam o clima da região, o verão sofre influência da massa equatorial continental. No inverno, acontece o encontro da Massa Tropical Atlântica com a massa Polar Atlântica.

Segundo NIMER (1979) podem ocorrer mudanças bruscas de temperatura durante o inverno quando, sob a ação do anticiclone polar, as temperaturas mínimas descem a níveis muito baixos. As modificações provocadas pelas massas de ar são as responsáveis pela existência e distinção dos períodos quente, úmido e seco.

O vento predominante é o vento Leste durante quase todo o ano, e de acordo com FERREIRA (1965) e GOULART et al (1997), e a velocidade média é baixa, entre 2 e 3 m/s predominantemente. A insolação anual é de cerca de 2.370 horas de acordo com dados do INMET (1992). O clima predominante no Distrito Federal conhecido como tropical de altitude, com umidade relativa de 20% ou abaixo e frio. A temperatura média anual é de 21°C, com máxima histórica de 35,8°C e mínima histórica de 1,6°C. Apesar de ter como característica poucos ventos (o ar fica praticamente parado), em agosto costuma ocorrer ventanias que levantam poeira e cinzas de queimadas a grandes alturas, além de redemoinhos.

Em relação a vegetação se encontra na região do Cerrado, conhecido também como Savana Brasileira. Sua vegetação para se proteger dos períodos mais secos, apresenta algumas características peculiares: que é normalmente baixa, com plantas esparsas e rasteiras de troncos retorcidos, raízes profundas, cascas grossas e folhas espessas. Dentro do bioma Cerrado ainda é possível diferenciar algumas variações conhecidas como cerradões, campos limpos, campos sujos e matas secas, entre outras.

#### **4.1.2. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE (SPM - RS, 2015)**

##### **Histórico**

A cidade de Porto Alegre tem como data oficial de fundação o dia 26 de março de 1772, com a criação da Freguesia de São Francisco do Porto dos Casais, um ano depois para Nossa Senhora da Madre de Deus de Porto Alegre. O povoamento, contudo, começou em



1752 com a chegada de 60 casais portugueses açorianos trazidos por meio do Tratado de Madri, para se instalarem em Missões, região noroeste do estado e sendo entregue ao governo português em troca da Colônia de Sacramento, nas margens do Rio da Prata. A demarcação dessas terras demorou e os açorianos permaneceram no então chamado Porto de Viamão, primeira denominação de Porto Alegre.

A partir de 1824, passou a receber imigrantes, em particular alemães, italianos, espanhóis, africanos, poloneses, judeus e libaneses. A capital do Rio Grande do Sul é também a capital dos Pampas, como conhecida a região da fauna e flora e característica formada por extensas planícies que dominam a paisagem do Sul do Brasil, parte da Argentina e Uruguai. É nessa região que nasceu o gaúcho, figura histórica, dotada de bravura e espírito guerreiro, resultado de lendárias batalhas e revoltas por disputas de fronteiras entre os Reinos de Portugal e Espanha, a partir do século XVI.

As revoltas se sucederam, mas foi o século XIX que marcou o seu povo, após uma longa guerra por independência contra o Império Português. A chamada Guerra dos Farrapos iniciou com enfrentamento ocorrido na própria capital, nas proximidades da atual ponte da Azenha, no dia 20 de setembro de 1835. Mesmo sufocado, foi este conflito que gravou na história o mito do gaúcho e é até hoje cantado em hino, comemorada em desfiles anuais e homenageada com nomes de ruas e parques.

Com o fim da Guerra dos Farrapos, a cidade retomou seu desenvolvimento e passa por uma forte reestruturação urbana nas últimas décadas do século XVIII, movida principalmente pelo rápido crescimento das atividades portuárias e estaleiros. O desenvolvimento foi contínuo ao longo do tempo e a cidade se manteve no centro dos acontecimentos culturais, políticos e sociais do país como terra de grandes escritores, intelectuais, artistas, políticos e acontecimentos que marcaram a história do Brasil.

### **Clima, Relevo e Vegetação de Porto Alegre**

O sul do país é a única região que se localiza quase inteiramente na região temperada (com exceção ao extremo norte do Paraná), por este motivo, os estados da região têm um clima conhecido como subtropical, com temperaturas baixas diferentemente do restante do Brasil.

A região conta com uma amplitude térmica elevada, uma vez que no verão as temperaturas podem alcançar 30°C, principalmente no litoral, e no inverno menor que 20°C. Na serra catarinense e gaúcha, são comumente registradas temperaturas negativas, inclusive com frequentes geadas e até neve. As chuvas geralmente são bem distribuídas durante o ano.

O vento também é responsável pela temperatura da região, e sofre grande influência da temperatura, seja no verão ou inverno.

O relevo sulista constitui-se principalmente de duas diferentes divisões do planalto brasileiro. Um deles é o planalto cristalino ou planalto atlântico, que formam as elevações no leste da região, algumas até próximas ao litoral. Esta elevação é responsável pelo grande número de morros na região, conhecido como "mar de morros". O planalto meridional ocupa a maior parte da região sul, formando as conhecidas serras, como a Serra Geral. Planícies também são encontradas na região (CANAL, VERDUM, 2013).

A vegetação sulista é variada, observa-se a devastada Mata das Araucárias nas regiões mais frias, além dos campos limpos do pampa gaúcho. No litoral, a minoria da vegetação costeira divide-se em mangues e restingas (CANAL, VERDUM, 2013).

### **5.1.3. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO**

#### **Histórico**

A cidade é mencionada oficialmente pela primeira vez quando na baía a segunda expedição exploratória portuguesa, comandada por Gaspar Lemos, chegou em janeiro de 1502. O navegador supôs, se encontrar na foz de um rio, por conseguinte, deu o nome à região do Rio de Janeiro (CIDE, 2015).

Em 1530 a corte portuguesa mandou uma expedição para colonizar a região, além de manter suas aventuras marítimas. Os franceses, por sua vez, tinham se estabelecido no estado no Rio de Janeiro e arredores desde o começo do século, e, dispostos a lutar pelo domínio da região. Em 1560, depois de uma série de escaramuças, os portugueses expulsaram os franceses da área (SEPLAG - RJ, 2015).

O começo da cidade como tal foi no Morro de São Januário, mais tarde o Morro do Castelo, e depois na Praça Quinze até hoje centro vital do Rio. A cidade desenvolveu-se graças à sua vocação natural como porto. Na mesma época em que ouro foi descoberto no Estado de Minas Gerais, no final do século XVII, o Governador do Brasil foi feito Vice-rei. Salvador era capital da colônia, mas a importância crescente do porto do Rio garantiu a transferência da sede do poder para o sul, e posteriormente a cidade se tornaria o centro intelectual e cultural do país (CIDE, 2015).

Em 1808 a família real portuguesa migra para o Rio de Janeiro, refúgio escolhido diante da ameaça de invasão napoleônica. Quando a família real voltou para Portugal e a

independência do Brasil foi declarada em 1822, as minas de ouro já haviam sido exauridas e ocupada pela riqueza do café (CIDE, 2015).

O crescimento continuou durante quase todo o século XIX, inicialmente na direção norte para São Cristóvão e Tijuca, e depois na direção da zona sul, passando pela Glória, Flamengo e Botafogo. No entanto, em 1889, com a abolição da escravidão e colheitas escassas, houve um período de agitação social e política, levando à Proclamação da República. Posteriormente, tornou-se a capital do Brasil, até os anos 60 quando houve a inauguração de Brasília como Capital da República (SEPLAG - RJ, 2015)

### **Clima, Relevo e Vegetação do Rio de Janeiro**

A Região Sudeste, devido à sua posição latitudinal, caracteriza-se por ser uma região de transição entre os climas tropicais quentes e os climas do tipo temperado das latitudes médias (FRANÇA & MAIA, 2003).

Em relação ao estado do Rio de Janeiro, observa-se uma marcante diversidade climática. A associação relevo-altitude é responsável pela distribuição irregular de variáveis meteorológicas como temperatura e pluviosidade no território do Estado Fluminense.

A parte continental fluminense está localizada logo ao norte do Trópico de Capricórnio, garantindo um superávit energético de origem solar em praticamente todos os meses do ano.

A proximidade com o Oceano Atlântico é outro fator importante para a caracterização do clima fluminense. Grandes massas de água atuam como eficientes reguladores térmicos, homogeneizando as temperaturas das faixas litorâneas. Além disso, ocorre aporte de água do oceano para o continente por meio de brisas marítimas e pela circulação de larga-escala associada à borda oeste do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul. Todavia, as características orográficas locais podem ou não favorecer a entrada dessas circulações no continente (FREITAS, 2016).

A influência da topografia acidentada e compartimentada do Estado do Rio de Janeiro é fator decisivo na definição da diversidade climática fluminense. É certo que a topografia acidentada e compartimentada afeta o clima local. As escarpas da Serra do Mar separam as superfícies montanhosas do interior, de outras mais planas e suavemente onduladas, constituindo as baixadas litorâneas. A associação do relevo de altitude com a maritimidade gera processos convectivos turbulentos responsáveis pela formação de nuvens orográficas de grandes dimensões verticais, as quais podem ocasionar fortes chuvas nas regiões serranas.

O relevo fluminense é bastante variado, onde encontra-se três principais elementos; a Serra fluminense, que ocorre no interior do estado, onde localiza-se inclusive o ponto mais elevado do Rio de Janeiro, o Pico das Agulhas Negras, com mais de 2.780 metros de altura, na Serra do Itatiaia. A baixada fluminense, regiões que não atingem 200 metros de altura, numa área que se estende em quase metade de todo o território e a região litorânea, com um litoral recortado que agrega baías, blocos rochosos e praias (FREITAS, 2016).

Além desses fatores de ordem estática, outros fatores contribuem para a caracterização do clima do Estado do Rio de Janeiro. Um deles é o fato do estado fluminense estar sob influência de ventos que sopram de leste e nordeste, provenientes do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul. Este centro de alta pressão auxilia na manutenção de temperaturas médias relativamente elevadas, alta umidade relativa do ar e “bom tempo”.

As precipitações pluviométricas no Estado do Rio de Janeiro estão associadas a vários fatores atmosféricos. Dentre estes, os mecanismos mais atuantes são as frentes frias (o ano todo), linhas de instabilidade (primavera/verão) e formações convectivas regionais (verão e outono), originárias de sistemas provenientes de norte-noroeste (FREITAS, 2016).

A vegetação original do estado é a Mata Atlântica, que hoje encontra-se devastada, tendo ainda partes preservadas principalmente nas áreas mais elevadas da serra. Há incidência de mangues em algumas partes, mas a mata nativa em si já foi quase totalmente destruída pela urbanização e também transformada em campos para pecuária. A floresta da Tijuca é um bom exemplo remanescente da área total que a Mata Atlântica já ocupou (FREITAS, 2016).

#### **4.1.4. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE RECIFE**

##### **Histórico**

A origem do Recife remonta à terceira década do Século XVI, quando era uma estreita faixa de areia protegida por uma linha de arrecifes que formava um ancoradouro. Devido as suas características físicas favoráveis, o local passou a abrigar um porto. E no entorno dele, que servia a Vila de Olinda, formou-se um povoado com cerca de 200 habitantes, em sua maioria, marinheiros, carregadores e pescadores. O assentamento ocupava a península correspondente ao que é hoje o Bairro do Recife (SEPLAG, 2015).

Por se tratar de região portuária, a atividade comercial desenvolveu-se rapidamente impulsionando o crescimento do povoado e em 1537, registrou-se Vila do Recife. No século XVII, com o desenvolvimento econômico da colônia, o porto prosperou favorecendo a

expansão da vila que toma forma de cidade. A atividade açucareira também cresceu e as margens dos cursos d'água passaram a serem ocupadas por engenhos e casebres, enquanto os rios tornaram-se caminhos navegáveis para transporte dos produtos (SEPLAG, 2015).

Em 1630, Olinda, então centro da capitania, é invadida e incendiada por holandeses. Contudo, os invasores se estabeleceram nas terras baixas do Recife, seja porque o sítio de Olinda não favorecia aos seus interesses militares e comerciais, pela semelhança do Recife com a Holanda. Desse modo, colonos, soldados, habitantes de Olinda e imigrantes judeus iniciaram a ocupação da Vila do Recife (SEPLAG, 2015).

A partir do século XVIII, o desenvolvimento da cidade se apoia no comércio externo e a urbanização portuguesa incide predominantemente sobre o antigo território holandês, de forma espontânea, caracterizada por ruas estreitas, que se abrem em pátios onde se destaca a construção religiosa (SEPLAG, 2015).

No século XIX, a cidade se apresenta densamente urbanizada correspondendo ao atual centro histórico surgido dos aterros das áreas alagadas e mangues, a partir da ocupação holandesa.

### **Clima, Relevo e Vegetação de Recife**

Recife possui dois domínios geomorfológicos o primeiro é o Modelado Cristalino que ocorre em pequenos eixos restritos ao extremo oeste, este tem dois subdomínios: o colinoso e os tabuleiros costeiros. O segundo é a Planície Costeira ou Flúvio Lacunar que predomina em quase todo território municipal. Seus recursos hídricos são muito abundantes, esta abrange três bacias hidrográficas são elas: Capibaribe, Beberibe e Tejipló, sendo assim é cortada pelos Rios Capibaribe e Beberibe além de outros de menor porte como o Jiquiá, Jordão e Tejipló, além de a leste ser banhada pelo Oceano Atlântico Sul (SEPLAG, 2015).

Sua vegetação natural consiste em resquícios de Mata Atlântica e Manguezais, possui Clima tropical quente e úmido com temperatura média anual de 25,4°C e amplitude de 2,8°C. O regime de chuvas caracteriza-se por dois períodos distintos: uma estação seca ou de estiagem, que se prolonga de setembro a fevereiro (primavera-verão) e um estação chuvosa, de março a agosto (outono-inverno) (Atlas Ambiental da Cidade do Recife, 2000).

## **4.2. POPULAÇÃO**

A população foi composta por 74.080 casos de TB do município do Rio de Janeiro, 24.422 do município de Porto Alegre, 29.590 do município de Recife e 3.484 do Distrito Federal, num total de 131.576 casos no período de 12 anos (2003 a 2015).

### **4.2.1 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO**

Foram incluídos no estudo todos os casos de tuberculose (pulmonar, extrapulmonar e pulmonar+extrapulmonar) registrados no Sistema de Informação e Notificação de Agravos à Saúde (SINAN/TB) das Secretarias de Saúde do Distrito Federal, Recife, Porto Alegre e Rio de Janeiro.

### **4.2.2 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO**

Foram excluídos os casos de TB sem identificação de endereço e os residentes em outros municípios brasileiros, além dos doentes com mudança de diagnóstico.

## **4.3. CLASSIFICAÇÃO DE CASO DE TB**

Considerou-se como tuberculose os casos com escarro/cultura positivo e ou negativo, aqueles com confirmação histopatológica ou achados clínicos e epidemiológicos sugestivos (BRASIL, 2015).

## **4.4. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO**

A pesquisa utilizou bases de informações disponíveis para cada local do estudo e foi desenvolvido para atender os três objetivos, sendo necessário estabelecer uma organização para apresentação dos resultados e discussões por meio de Capítulos, como mostrados a seguir:

Capítulo I: Relação de fatores climáticos e de qualidade do ar com a tuberculose no Distrito Federal-Brasil, 2003 a 2012.

Capítulo II: Aspectos ambientais e sociais como determinantes da tuberculose no Distrito Federal-Brasil, de 2003 a 2015.

Capítulo III: Riscos ambientais e sociais na incidência de tuberculose em quatro municípios brasileiros, de 2003 a 2014.

A seguir, será mostrado separadamente a formação do banco de dados de cada um dos capítulos do estudo.

### **4.4.1 BASE DE INFORMAÇÃO - CAPÍTULO I**

Na pesquisa do Distrito Federal, utilizou-se na construção do banco de dados as informações relativas às variáveis ambientais, indicadores sociodemográficos e dados de tuberculose obtidas por meio de dados secundários, provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (BRASIL, 2015) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (EMBRAPA, 2015), Instituto Brasília Ambiental - IBRAM (BRASILIA, 2012), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2015), Companhia de Planejamento do Distrito Federal – CODEPLAN (CODEPLAN, 2015) e os dados da tuberculose do Sistema de Informação de Agravos à Saúde – SINAN (2003- 2012).

#### **4.4.2 BASE DE INFORMAÇÃO - CAPÍTULO II**

No capítulo II do estudo, foi utilizada informações por meio de dados secundários, referente ao Distrito Federal, relativas às variáveis ambientais provenientes do Worldclim (Dados climáticos Globais, 2017), os indicadores sociodemográficos a partir do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2016) e os casos notificados de TB no período de 2003 à 2015 no Sistema de Informação de Agravos à Saúde – SINAN.

#### **4.4.3 BASE DE INFORMAÇÃO - CAPÍTULO III**

A construção do banco de dados do Capítulo III, concentrou informações dos municípios do Rio de Janeiro, Recife e Porto Alegre e do Distrito Federal, sendo que tais informações contemplaram variáveis ambientais e indicadores sociodemográficos, e obtidas por meio de dados secundários, provenientes do Worldclim (Dados climáticos Globais, 2017), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2016) e os dados da tuberculose no Sistema de Informação de Agravos à Saúde – SINAN.

### **4.5. VARIÁVEIS DE ANÁLISE**

#### **4.5.1 VARIÁVEIS DE ANÁLISE DO CAPÍTULO I**

No primeiro Capítulo, a análise realizada envolveu o período de 2003 a 2012 no Distrito Federal, e incluiu os indicadores demográficos: sexo, faixa etária, escolaridade e cor/raça; além de informações climáticas: temperatura, níveis de radiação solar, umidade relativa do ar; bem como, dados de incidência de TB. Com relação a qualidade do ar e poluição, considerou-se os dados de quatro pontos de observação do DF: Taguatinga,

Sobradinho, Asa Norte e Asa Sul, sendo que os pontos obtidos da amostra foram definidos pelo IBRAN de forma a privilegiar locais com grande circulação de automóveis e pessoas (IBRAN, 2012).

#### 4.5.2 VARIÁVEIS DE ANÁLISE DO CAPÍTULO II

Na avaliação das variáveis do Capítulo II, analisou-se dados ambientais e socioeconômicos como variáveis independentes e a incidência de TB do Distrito Federal. Foram incluídos indicadores sociodemográficos: densidade populacional, média de moradores por domicílio, renda, abastecimento de água, tratamento de esgoto e percentual de analfabetos; os climáticos como a temperatura, níveis de radiação solar, umidade relativa do ar, vapor, precipitação, velocidade do vento e altitude, além da variável incidência de TB.

#### 4.5.3 VARIÁVEIS DE ANÁLISE DO CAPÍTULO III

Por fim, no Capítulo III foi analisado as variáveis ambientais, socioeconômicos e de incidência de TB, tanto no Distrito Federal quanto nos municípios de Recife, Porto Alegre e Rio de Janeiro. Abaixo, a Tabela 2 aponta as variáveis utilizadas nesse capítulo.

**Tabela 2 - Variáveis estudadas por unidade de medida e fonte**

Variável	Unidade	Fonte
Temperatura Máxima <sup>1</sup>	°C	Fick e Hijmans (2017)
Temperatura Mínima <sup>2</sup>	°C	Fick e Hijmans (2017)
Temperatura Média <sup>3</sup>	°C	Fick e Hijmans (2017)
Precipitação <sup>4</sup>	mm	Fick e Hijmans (2017)
Radiação Solar <sup>5</sup>	$\text{kJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$	Fick e Hijmans (2017)
Velocidade do vento <sup>6</sup>	$\text{m s}^{-1}$	Fick e Hijmans (2017)
Pressão de Vapor de Água <sup>7</sup>	kPa	Fick e Hijmans (2017)
Altitude <sup>8</sup>	m	SRTM
Densidade populacional <sup>9</sup>	hab./km <sup>2</sup>	IBGE (2016)
Média de moradores por domicílio <sup>10</sup>	n	IBGE (2016)
Renda <sup>11</sup>	R\$	IBGE (2016)
Abastecimento de Água <sup>12</sup>	%	IBGE (2016)
Tratamento de Esgoto <sup>13</sup>	%	IBGE (2016)
Percentual de Analfabetos <sup>14</sup>	%	IBGE (2016)

Legenda: Temperatura=Celsius<sup>1;2;3</sup>; Precipitação=Milímetro<sup>4</sup>; Radiação solar= Kilojoule/dia<sup>5</sup>; Velocidade do vento= Metro por segundo<sup>6</sup>; Pressão de Vapor de Água=Kilopascal<sup>7</sup>; Altitude= Metro<sup>8</sup>; Densidade populacional=Habitantes



por quilometro quadrado<sup>9</sup>; Média de moradores por domicílio= número<sup>10</sup> ; Renda= Reais<sup>11</sup> ; Abastecimento de Água, tratamento de esgoto e percentual de analfabetos= Percentual<sup>12,13,14</sup>.

Nesta etapa considerou-se aquelas variáveis que apresentavam associação com p-valor= $<0,05$ . Utilizou-se o método stepwise backward para seleção das variáveis que foram mantidas no modelo final (Capítulo III).

## **4.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA**

### **4.6.1. ANÁLISE ESTATÍSTICA DO CAPÍTULO I**

Na análise estatística da primeira etapa do estudo (Distrito Federal) utilizou-se o teste chi-quadrado ( $\chi^2$ ) de Pearson que avalia duas ou mais amostras independentes para verificar a dependência ou independência entre as variáveis consideradas (BUSSAB,2013), e nível de significância de 5%. Para análise climática, utilizou-se o Modelo de Koppen (KOOPEN,1948) e na avaliação da qualidade do ar, os padrões nacionais fixados na Resolução CONAMA (Nº3 de 28/1990) (IBRAN, 2012).

### **4.6.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA DO CAPÍTULO II**

Posteriormente foi utilizado os modelos estatísticos de regressão, pois estes são utilizados quando se deseja estudar a relação entre um desfecho (variável dependente ou resposta) e um conjunto de potenciais fatores de risco (variáveis independentes ou explicativas), sendo o objetivo a determinação de um modelo matemático que descreva essa relação.

Utilizou-se o modelo Binomial Negativo, considerando o processo de contagem como uma distribuição binomial negativa para estimar a associação entre a variável dependente taxa de incidência de tuberculose no Distrito Federal, de 2003 à 2015, além de quinze variáveis independentes: oito variáveis ambientais (Temperatura Máxima; Temperatura Mínima; Temperatura Média; Precipitação; Radiação Solar; Velocidade do vento; Pressão de Vapor de Água e Altitude) além de sete variáveis sociodemográficas (Média de moradores por domicílio; Renda; Abastecimento de Água; Tratamento de Esgoto; Coleta de Lixo; Percentual de Analfabetos; Banheiro no domicílio). A taxa de incidência foi calculada a partir do quociente entre casos de tuberculose e número de moradores em cada célula. Foram construídos para cada variável do estudo Modelos de Regressão Binomial Negativa, ou seja,

realizaram-se várias regressões com uma única variável independente, aferindo seu papel na oscilação da variável dependente, considerando um nível de significância de 0,05.

Também, utilizou-se o mapa digital das Regiões Administrativas e Ambientais do Distrito Federal obtida na Companhia de Planejamento do Distrito Federal (CODEPLAN, 2017) para demonstrar a distribuição da incidência da TB no território, considerando as 31 Regiões Administrativas e as 77 RAAs.

#### **4.6.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DO CAPÍTULO III**

Nesta etapa foi utilizado o mesmo modelo de análise do capítulo anterior, Binomial Negativo nos municípios do Rio de Janeiro, Recife, Porto Alegre e Distrito Federal entre janeiro de 2003 e dezembro de 2014, além das quinze variáveis independentes já mencionadas. Foram ajustados o modelo de Regressão Binomial Negativo univariado para cada variável ambiental e social para todas as cidades, incluindo o fator de interação, de modo a comparar os riscos acrescidos em cada cidade em relação ao Distrito Federal. O modelo multivariado foi ajustado separadamente para cada município, uma vez que ao incluir o fator de interação do município com os indicadores ambientais e sociais, o modelo múltiplo perdia significância, porque a incidência estava sendo explicada apenas pelo município. A seleção do modelo final para cada município foi realizada considerando o método de seleção *stepwise backward*, onde a probabilidade de entrada da variável era de 10% e de saída do modelo de 20%. (SVETLIZA, & PAULA, 2003). Nesta etapa, considerou-se as variáveis que apresentavam associação com  $p\text{-valor} \leq 0,05$ .

#### **4.7. ASPECTOS ÉTICOS**

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Brasília, Parecer nº 1.098.421.

### **5.0 RESULTADOS**

Os resultados da pesquisa serão apresentados em três capítulos como descritos anteriormente.

## 5.1 CAPÍTULO I - RELAÇÃO DE FATORES CLIMÁTICOS E QUALIDADE DO AR COM A TUBERCULOSE NO DISTRITO FEDERAL-BRASIL, 2003 A 2012.

Foram notificados 4.017 casos novos de tuberculose ao SINAN-TB pela Secretaria de Saúde do Distrito Federal entre 2003 a 2012. Após análise dos casos foram excluídas 90 pessoas (0,4%), sendo 52 casos sem registro de endereço e os demais pacientes, eram residentes em outras unidades federadas (38 casos), totalizando o estudo com 3.927 casos.

Dentre as variáveis demográficas analisadas, houve predominância do sexo masculino (63,6% dos casos), a faixa etária mais frequente foi a de 15 à 64 anos (53,7%), prevaleceu doentes com a escolaridade de ensino fundamental (40,2%) e a raça preponderante, a parda (44,0%) (Tabela 3).

Nos dez anos de estudo, considerando as estações do ano e os casos de tuberculose, a maior incidência foi no inverno (27,0%), seguido do outono (25,0%), primavera (24,7%) e verão (23,3%), sendo que os homens mostraram maior incidência no inverno (27,2%) e as mulheres, outono (26,7%). Entre as faixas etárias identificou-se maior adoecimento em crianças e menores de 15 anos, no outono (28,6%). Jovens e adultos, de 15 a 64 anos de idade, adoeceram mais no inverno (44,3%) e pacientes acima de 64 anos, no outono (27,1%) (Tabela 3).

**Tabela 3. Características demográficas dos casos novos de tuberculose por estações do ano, de 2003 a 2012. Distrito Federal.**

Variáveis	Estações do ano								Total	
	Primavera		Verão		Outono		Inverno		n	%
	n	%	n	%	n	%	n	%		
<b>Sexo</b>										
Masculino	643	25,8	572	22,9	602	24,1	680	27,2	2497	63,6
Feminino	337	23,6	343	24,0	382	26,7	368	25,7	1430	36,4
<b>Faixa etária</b>										
< 15 anos	42	26,1	33	20,5	46	28,6	40	24,8	161	4,1
15 a 34 anos	368	26,2	320	22,8	337	24,0	378	26,9	1403	35,7
35 a 64 anos	476	24,6	456	23,5	486	25,1	520	26,8	1938	49,4
65 anos ou +	94	22,1	106	24,9	115	27,1	110	25,9	425	10,8
<b>Raça/cor</b>										
Branca	354	26,2	261	19,3	345	25,5	390	28,8	1350	34,3
Preta	92	20,7	90	20,3	104	23,4	157	35,4	443	11,2

Amarela	13	20,6	9	14,2	24	38,0	17	26,9	63	1,6
Parda	398	23,0	362	20,9	470	27,1	499	28,8	1729	44,0
Indígena	3	17,6	3	17,6	5	29,4	6	35,2	17	0,4
Ignorado	-	-	-	-	-	-	-	-	325	8,2
<b>Escolaridade</b>										
Analfabeto	54	29,0	41	22,0	48	25,8	43	23,1	186	4,7
1º grau	383	24,3	368	23,3	398	25,2	428	27,1	1577	40,2
2º grau	193	26,3	159	21,7	193	26,3	188	25,6	733	18,7
3º grau	95	27,2	74	21,2	79	22,6	101	28,9	349	8,9
Ignorado	-	-	-	-	-	-	-	-	1082	27,6

Quanto às variáveis climáticas no Distrito Federal predominou o adoecimento por tuberculose em condições de radiação ultravioleta (RUV) acima de 17MJ m<sup>2</sup> (67,8%) p=<0,001; umidade relativa do ar entre 31,0 e 69,0% (95,8% dos casos) p=<0,001; os valores de precipitação inferior a 1mm (71,7%) p=<0,001; mais de 12 horas de luz solar diária (40,6%) p=0,001 e predomínio da temperatura entre 20°C e 23°C (72,4%) e p= <0,001 (Tabela 4).

**Tabela 4. Características climáticas por estações do ano e casos novos de tuberculose de 2003 a 2012. Distrito Federal.**

Variáveis	Estações do ano								Total	*p-valor	
	Primavera		Verão		Outono		Inverno				
	n	%	n	%	n	%	n	%			
<b>Temperatura</b>											
<20º C	66	10,5	58	9,2	177	28,3	324	51,8	625	15,9	
20 a 23º C	661	23,3	780	27,5	792	27,9	600	21,1	2833	72,1	<0,001
24º C ou +	253	53,9	77	16,4	15	3,1	124	26,4	469	11,9	
<b>Radiação</b>											
<11 MJ/m <sup>2</sup>	102	44,3	66	28,6	49	21,3	13	5,6	230	5,8	
11-16 MJ/m <sup>2</sup>	265	26,4	254	25,3	302	30,1	182	18,1	1003	25,5	<0,001
≥17 MJ/m <sup>2</sup>	613	22,7	595	22,0	633	23,4	853	31,6	2694	68,6	
<b>Umidade</b>											
≤ 30%	26	55,3	0	0,0	1	2,1	20	42,5	47	1,1	
31 à 69%	377	20,2	122	6,5	408	21,8	958	51,3	1865	47,4	<0,001
≥70%	577	28,6	793	39,3	575	28,5	70	3,4	2015	51,3	

\* p-valor do teste qui-quadrado de Fisher.

No aspecto de qualidade do ar foram identificados dois principais poluentes, a fumaça (CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>) e as partículas totais em suspensão (PTS) nas regionais de

Taguatinga, Sobradinho, Asa Norte e Asa Sul, nos 10 anos de estudo, a maior poluição foi encontrada nas Regionais de Taguatinga e Sobradinho, ambas com níveis de alerta à saúde da população, ou seja, PTS  $\geq 375$  mg/m<sup>3</sup> e fumaça  $\geq 250$  mg/m<sup>3</sup>. Na primavera identificou-se maior quantitativo de poluentes na Regional de Taguatinga (38,5%) e em Sobradinho na estação do inverno (50,0%) (Tabela 5). Nos 10 anos de estudo observou-se uma queda das taxas de PTS (-15,2%) e de fumaça (-31,9%) em Taguatinga. Assim como em Sobradinho essa redução representou em PTS menos 13,1% e fumaça uma queda de 19,3%. Ressalta-se que essa diminuição da poluição e fumaça repercutiu nos coeficientes de incidência (CI) de TB no mesmo período, onde em Taguatinga o CI caiu 46,1% e Sobradinho, 66,5%, sugerindo que essa queda dos poluentes e qualidade do ar esteve associada aos casos de TB.

**Tabela 5. Características da qualidade do ar por estação do ano e casos novos de tuberculose de 2003 a 2012. Distrito Federal.**

Variáveis	Estações do ano								Total		**p-valor
	Primavera		Verão		Outono		Inverno		n	%	
	n	%	n	%	N	%	n	%			
<b>Poluentes</b>											
<b>Fumaça mg/m<sup>3</sup></b>											
Asa norte	132,2	20,7	175	27,5	184,4	28,9	144,6	22,7	636,2	25,6	
Asa sul	15,4	24,1	15,3	24,1	7,5	12,0	23,8	38,7	62	2,4	<0,001
Taguatinga	188,3	19,2	328,6	33,6	214,3	21,9	244	25,0	975,2	39,2	
Sobradinho	92,6	11,4	75,6	9,3	109	13,4	531,3	65,7	808,5	32,5	
<b>*PTS mg/m<sup>3</sup></b>											
Asa norte	152,7	21,9	119	17,2	182,1	26,3	237,2	34,2	691	19,2	
Asa sul	68,8	23,8	93,9	32,5	53,2	18,3	73,2	25,2	289,1	8	<0,001
Taguatinga	282,1	29,0	256	26,3	175,5	18	257,2	26,4	971	27	
Sobradinho	266,2	16,1	278,5	16,8	555,7	33,7	545,5	33,1	1646	45,7	

\* PTS= Partículas totais em suspensão. \*\*p-valor do teste qui-quadrado de Fisher.

## **5.2 CAPÍTULO II - ASPECTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS COMO DETERMINANTES DA TUBERCULOSE NO DISTRITO FEDERAL-BRASIL, DE 2003 A 2015.**

Foi realizado um estudo ecológico cuja unidade de análise foram as Regiões Administrativas e Ambientais do Distrito Federal. Estas unidades foram geradas a partir das 31 Regiões Administrativas (RA) e 46 unidades ambientais/hidrográficas (ADASA, 2017), totalizando 77 Regiões Administrativas Ambientais/hidrográficas (RAAs).

O estudo se desenvolveu no Distrito Federal (DF) situado na Região Centro-Oeste do Brasil, ocupando 5.778,999 Km<sup>2</sup> do território nacional, entre os paralelos de 15°30' e 16°03' de latitude sul limitando-se a leste pelo Rio Preto e a oeste pelo Rio Descoberto (IBGE, 2016; EMBRAPA, 2004). O DF está localizado na região nuclear do Cerrado brasileiro, na ecorregião do Planalto Central (EMBRAPA, 2004), onde estão presentes nascentes das regiões hidrográficas do Tocantins, São Francisco e Paraná (IBGE, 2016).

Foram analisados 4.373 casos de TB de todas as formas clínicas, incluídos somente doentes residentes e com registro no Sistema de Informação de Agravos à Saúde (SINAN/TB) da Secretaria de Saúde do DF. Excluíram-se da análise 363 registros (7,6%), dos quais 243 (5,0%) não possuíam informações do endereço de residência para o georreferenciamento e 120 casos (2,6%) residiam fora do Distrito Federal. Atualmente, o DF conta com uma população de 3.039.444 hab. (IBGE, 2016), que vive em 96,6% na área urbana. O clima predominante é o tropical de altitude, com verão úmido e chuvoso, inverno seco e frio, com temperatura média anual de 26,5°C, máxima de 35,8°C e mínima de 16°C. A radiação solar no DF entre 2003 a 2015 mostrou uma média de 16.469,8 kJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup> (Fick e Hijmans, 2017) com presença de pouca nebulosidade ao ano (INMET, 2017).

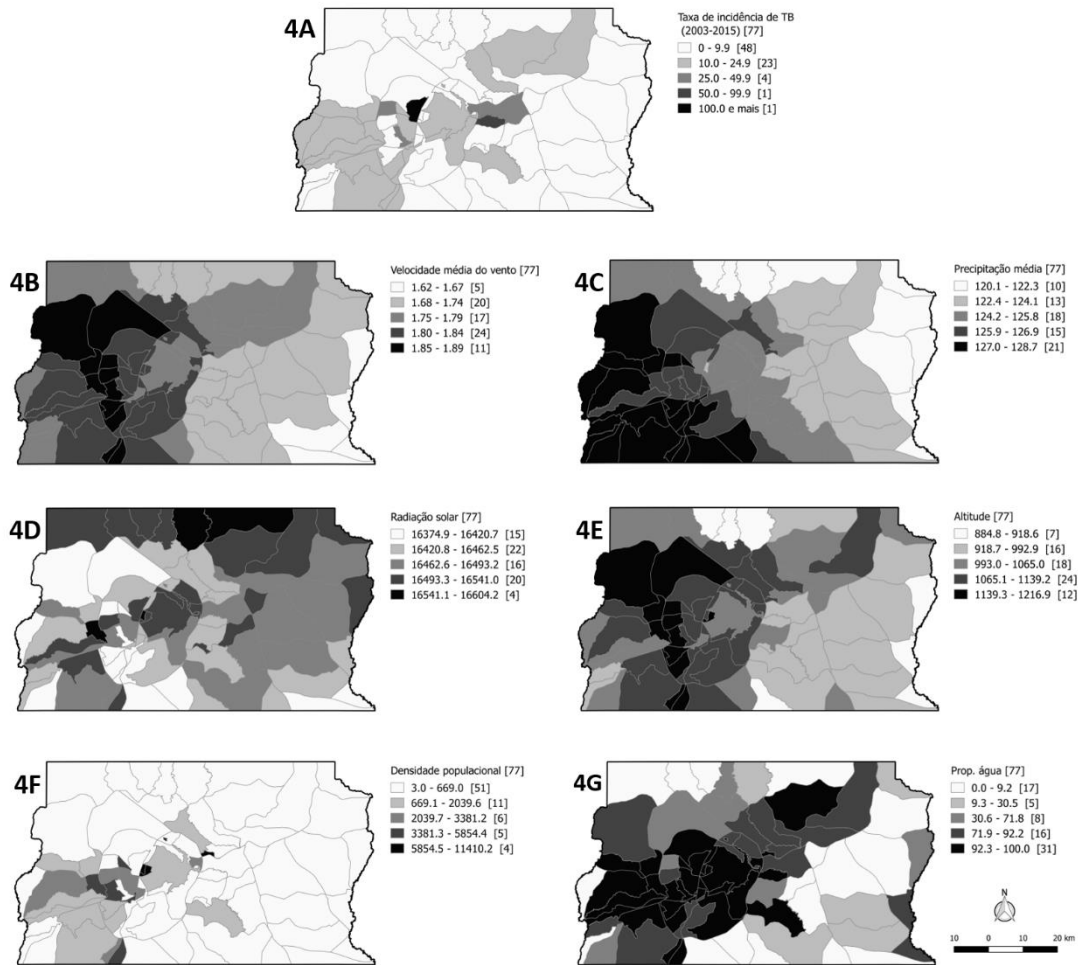
Como resultados foi identificado que a taxa de incidência média anual de TB entre 2003 a 2015 foi de 12,9 casos/100.000 habitantes, com variação de 0 a 106 casos/100.000 habitantes. As condições socioeconômicas e ambientais das áreas estudadas estão apresentadas na Tabela 6. A média anual da temperatura foi de 26,5°C (desvio padrão=0,36), precipitação (média=125,4 mm, desvio padrão=2,19 mm), velocidade do vento (média=1,77 km/h, desvio padrão=0,06 km/h) com pequena variação entre as RAA's. Observou-se maior heterogeneidade dessas áreas quanto à altitude (média=1.050,2m, desvio padrão=87,07 m) e a radiação solar (média= 16.469,85 kJ. m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>, desvio padrão=46,13 kJ. m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>). Considerando à condição social, em média 6,4% da população com idade de 18 anos ou mais eram analfabetas, sendo que a RA de Planaltina mostrou maior proporção de pessoas sem

estudo (região hidrográfica do São José), com 18,9% da população. Houve elevada heterogeneidade quanto às condições demográficas, representada pela densidade populacional (média=1.306hab./km<sup>2</sup>, desvio-padrão=2.376hab./km<sup>2</sup>), na análise econômica, a renda média *per capita* (média=R\$2.080,00/2,2 salários mínimos, desvio-padrão=R\$ 1.705,00), e saneamento com uma proporção de residências ligadas à rede de abastecimento de água (média=66,2%, desvio-padrão=39,2%) e de residências ligadas à rede pública de esgoto (média=43,4%, desvio-padrão=42,4%). O número de moradores por domicílio foi de 3,3 pessoas no período estudado.

**Tabela 6. Condições socioeconômicas e ambientais das 77 Regiões Administrativas-Ambientais/hidrográficas do Distrito Federal, 2003 a 2015.**

Condição	n	Média	Desvio padrão*	Min.	Máx.
Temperatura (°C)	77	26,52	0,36	25,83	27,51
Precipitação (mm)	77	125,41	2,19	120,14	128,74
Radiação solar (kJ. m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> )	77	16.469,85	46,13	16.374,91	16.604,20
Vapor (g)	77	125,41	2,19	120,14	128,74
Vento (km/h)	77	1,77	0,06	1,62	1,89
Altitude (m)	77	1.050,26	87,07	884,83	1.216,93
Renda (R\$)	77	2.080,74	1.705,78	670,45	7.645,67
Proporção água (%)	77	66,21	39,23	0,00	100,00
Proporção esgoto (%)	77	43,40	42,42	0,00	99,24
Proporção analfabeto (%)	77	6,42	4,74	0,17	18,93
Densidade populacional (hab./km <sup>2</sup> )	77	130,67	237,63	2,99	1.141,02
Média de moradores domicílio (n)	77	3,32	0,28	2,01	3,70

Legenda: \*Desvio padrão=DP



**Figura 4. Distribuição espacial da taxa de incidência de tuberculose e das condições socioeconômicas e ambientais/hidrográficas no Distrito Federal, 2003 a 2015.**

O mapa de distribuição da taxa de incidência de TB no período de 2003 a 2015 nas RAA's do Distrito Federal (Figura 4 A) indicaram que a distribuição espacial da TB não foi uniforme, houve tendência de concentração em algumas áreas, como na região Central a Sudoeste envolvendo a cidade da Estrutural e Areal, seguido da Nordeste (Paranoá e Itapuã), fato revelador da heterogeneidade da ocorrência da doença na cidade, associada a presença de aglomeração espacial da área central a oeste do mapa ( $50,0 \geq 100,0/100.000\text{hab}$ ). As zonas que circundam o DF ao Noroeste, Sul e Leste apresentam as menores taxas de incidência de TB ( $0,0$  a  $9,9/100.000\text{hab}$ ). Em relação a velocidade média do vento, o DF apresentou níveis mais elevados nas áreas do Noroeste e Sudoeste ( $1,80$  a  $1,89\text{km/h}$ ), coincidindo com regiões de maior incidência de TB ( $50,0$  a  $\geq 100,0/100.000\text{hab}$ ). Seguido de região Nordeste a Sudeste com menor velocidade do vento ( $1,62$  a  $1,79\text{km/h}$ ) e uma incidência de tuberculose de  $10,0$  a  $49,9/100.000\text{hab}$  (Figura 4B).

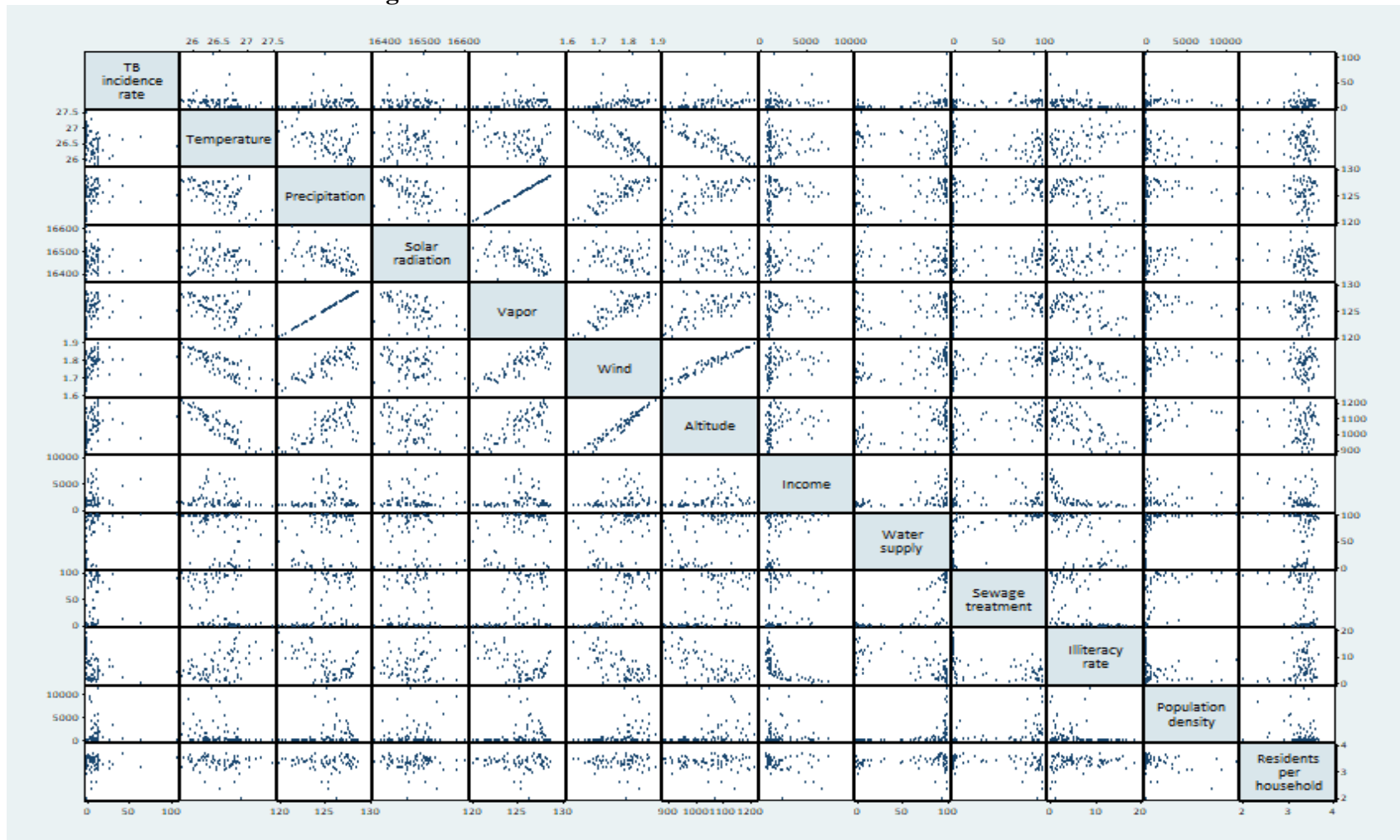


As maiores taxas de precipitação média no DF ocorreram no Noroeste a Sudoeste do mapa (Figura 4C), (125.9 a 128.7mm), onde a incidência de TB se encontrava entre 0,0 a 24,9/100.000hab. As áreas de maior incidência de radiação solar (16.493 a 16.604 kJ. m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>) se situou a Nordeste e Noroeste do Distrito Federal, compreendendo uma área agrícola com baixa densidade populacional e uma incidência de TB de 0,0 a 24,9/100.000hab. (Figura 4D).

Nesta casuística, do Noroeste à Sudoeste do mapa, a variável altitude mostrou resultado mais elevado do DF (1.139,3 a 1.216,9m), cuja incidência de TB foi de 50,0 a  $\geq 100,0/100.000\text{hab.}$ , além de coincidir com a área de maior velocidade do vento (Figura 4E). Em relação à densidade demográfica do DF, houve concentração da população da região central a sudoeste do mapa (585.4 a 1.141 hab./km<sup>2</sup>), coincidindo também, com os locais de maior incidência de TB (50,0 a  $\geq 100,0/100.000\text{hab.}$ ) (Figura 4F). Em relação ao abastecimento de água no DF, a oferta em sua maioria atingiu de 92,0% a 100,0%, e incidência de TB entre 25,0-49,9/100.000hab. Enquanto, nas áreas com abastecimento de água inferior a 92,0%, a taxa de incidência de TB encontrada foi entre 0,0 - 24,9/100.000hab (Figura 4G).

A relação entre a taxa de incidência de tuberculose e as condições socioeconômicas e ambientais das RAA's do Distrito Federal pode ser visualizada na matriz de *scatterplot* apresentada na figura 5. Observou-se uma elevada frequência de RAA's com baixos coeficientes de incidência de tuberculose.

**Figura 5. Relação entre os coeficientes de incidência de tuberculose, as condições socioeconômicas e os fatores ambientais das Regiões administrativas-ambientais/hidrográficas do Distrito Federal - Brasil de 2003 a 2015.**



O aumento de uma unidade na velocidade do vento (1 km/h) elevou o risco de transmissão de TB em 137,9%. A altitude também mostrou uma associação positiva ( $p=0,022$ ), indicando que quanto maior a altitude maior o risco de transmissão de TB. Entretanto, a temperatura máxima, a radiação solar, a precipitação e o vapor médio não mostraram associação significativa com o risco de transmissão de TB (Tabela 7).

Com relação às condições socioeconômicas (Tabela 7), a análise bivariada mostrou associação negativa entre o desfecho de TB e a proporção de analfabetos, com resultado significativo. Não foi encontrada evidência de associação entre o risco de tuberculose e a renda per capita, a densidade populacional e o número médio de moradores por residência.

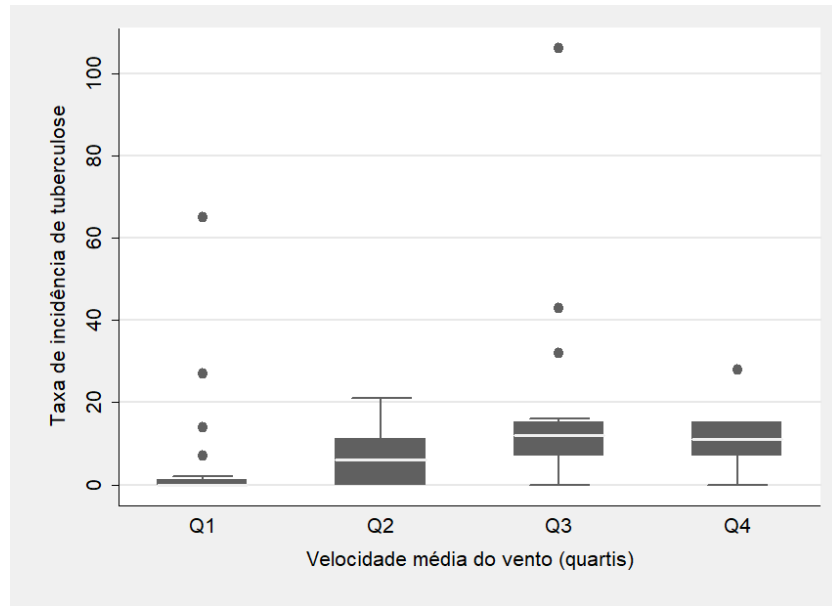
**Tabela 7. Associação entre a taxa de incidência de tuberculose e as condições socioeconômicas e ambientais/hidrográficas no Distrito Federal de 2003 a 2015.**

Fatores	Análise bivariada			Análise multivariada (modelo final)		
	IRR bruta	p-valor	IC 95%	IRR ajustada	p-valor	IC 95%
Temperatura	0.556	0.069	0.29-1.04	-	-	-
Precipitação	1.093	0.132	0.97-1.22	0.727	0.030	0.54-0.96
Radiação solar	0.999	0.698	0.99-1.00	0.995	0.147	0.99-1.00
Vapor	1.093	0.132	0.97-1.22	-	-	-
Velocidade Vento	137.95	0.013	2.8-6611.8	1.52E+13	0.016	299.6-7.7E+23
Altitude	1.003	0.022	1.04-1.05	0.984	0.023	0.97-0.99
Densidade pop.	0.999	0.962	0.99-1.00	0.999	0.001	0.98-0.99
Prop. Água	1.020	0.001	1.01-1.02	1.022	0.001	1.01-1.03
Renda	1.000	0.588	0.99-1.00	-	-	-
Prop. Esgoto	1.008	0.001	1.00-1.01	-	-	-
Prop. Analfabeto	0.903	0.001	0.84-0.96	-	-	-
Morador/domicílio	1.398	0.384	0.65-2.97	-	-	-

IRR: Razão de taxa de incidência; IC 95%: Intervalo de 95%

De acordo com a análise multivariada (tabela 7), as condições ambientais de precipitação, a altitude e vento apresentaram associação com o desfecho de TB e considerando as condições socioeconômicas, a proporção de domicílios ligados à rede de abastecimento de água e a densidade populacional, também apresentaram associação com a taxa de incidência de tuberculose.

A figura 6 mostrou que, em média, a taxa de incidência de TB foi maior nas regiões com maior velocidade de vento, principalmente nas regiões que compõem o primeiro até o terceiro intervalo interquartil da distribuição dos valores observados da velocidade do vento. Não houve diferença expressiva entre a taxa de incidência de tuberculose das regiões que compõem o terceiro e o quarto intervalo interquartil.



**Figura 6. Boxplot da taxa de incidência de tuberculose segundo diferentes condições de velocidade média do vento (Q1: 1.707 km/h, Q2: 1.769 km/h , Q3: 1.801 km/h e Q4: 1.833 km/h).**

### **5.3 CAPÍTULO III - RISCOS AMBIENTAIS E SOCIAIS NA INCIDÊNCIA DE TUBERCULOSE EM TRES MUNICIPIOS BRASILEIROS E O DISTRITO FEDERAL, DE 2003 A 2014.**

Dentre as variáveis demográficas analisadas, houve predominância do sexo masculino no Distrito Federal, Rio de Janeiro, Recife e Porto Alegre (respectivamente, 61,4%; 65,3%; 66,9% e 66,2% dos casos), a faixa etária mais frequente de TB foi a de 31 à 45 anos nos municípios de Recife (33,1%), Porto Alegre (35,3%) e Distrito Federal (31,8%), exceto Rio de Janeiro que prevaleceu a faixa etária de 16 a 30 anos (34,9%); predominou a raça branca em Porto Alegre (73,7%), Rio de Janeiro (67,3%), Recife (69%) e DF (72,8%). Nos doze anos de estudo nos três municípios e o DF, a cultura de escarro em sua maioria não foi realizada, no Recife (91,8%), Rio de Janeiro (89,1%), Porto Alegre (80,7%) e o Distrito Federal (70,5%); a baciloscopia foi positiva entre 71,5% e 91,8% dos casos de TB, e, dentre a forma clínica preponderou a pulmonar (69,6% a 80,9%) (Tabela 8).

**Tabela 8. Distribuição dos casos de tuberculose segundo características clínicas e demográficas por município. Distrito Federal, Porto Alegre, Recife e Rio de Janeiro - 2003 a 2014.**

<b>Variáveis</b>	<b>Total</b> n/%	<b>Distrito Federal</b> n/%	<b>Porto Alegre</b> n/%	<b>Recife</b> n/%	<b>Rio de Janeiro</b> n/%	<b>p-valor***</b>
<b>Total</b>	131.576/100,0	3484/100,0	24422/100,0	29590/100,0	74080/100,0	
<b>Sexo*</b>						
Masculino	86.485/65,7	2138/61,4	16167/66,2	19810/66,9	48370/65,3	<0,001
Feminino	45.077/34,3	1346/38,6	8255/33,8	9774/33,0	25702/34,7	
<b>Faixa etária</b>						
< de 15 anos	5.947/4,5	161/4,6	810/3,3	1635/5,5	3341/4,5	<0,001
16 a 30 anos	43.227/32,9	890/25,5	7649/31,3	8839/29,9	25849/34,9	
31 a 45 anos	40.850/31,0	1109/31,8	8617/35,3	9782/33,1	21342/28,8	
46 a 60 anos	27.944/21,2	753/21,6	5033/20,6	6313/21,3	15845/21,4	
> de 60 anos	13.608/10,3	571/16,4	2313/9,5	3021/10,2	7703/10,4	
<b>Raça/cor**</b>						
Branca	52.296/39,7	1205/34,6	16284/66,7	5628/19,0	29179/39,4	<0,001
Preta	22.803/17,3	376/10,8	5689/23,3	3112/10,5	13626/18,4	
Parda	1.372/1,0	73/2,1	107/0,4	636/2,1	556/0,8	
<b>BAAR</b>						
Positiva	64.755/49,2	1350/38,7	13711/56,1	14233/48,1	35461/47,9	<0,001
Negativa	29.103/22,1	1231/35,3	5481/22,4	4456/15,1	17935/24,2	
Não realizada	37.718/28,6	903/25,9	5230/21,4	10901/36,8	20684/27,9	
<b>Cultura de escarro</b>						
Positiva	10.723/8,1	534/15,3	3302/13,5	1406/4,8	5481/7,4	<0,001
Negativa	5.536/4,2	494/14,2	1421/5,8	1032/3,5	2589/3,5	
Não realizada	115.317/87,6	2456/70,5	19699/80,7	27152/91,8	66010/89,1	
<b>Forma clínica</b>						
Pulmonar	103.624/78,7	2424/69,6	17550/71,9	23927/80,9	59723/80,6	<0,001
Extrapulmonar	20.449/15,5	949/27,2	4540/18,6	4261/14,4	10699/14,4	
Pulm + Extrapul	7.503/5,7	111/3,2	2332/9,5	1402/4,7	3658/4,9	

Fonte: Sinan

Nota: \*excluído 6 indivíduos em Recife e 8 no Rio de Janeiro devido sexo ignorado. \*\* excluído 55.105 dados referente a raça devido item sem informação. \*\*\*p-valor do teste qui quadrado de Fisher.

Na análise das variáveis ambientais por meio do modelo de regressão binomial negativo univariado (Tabela 9), verificou-se que o DF mostrou menor risco de adoecer de TB em relação à “precipitação”, “radiação” e “temperatura” ( $p < 0,001$ ). Quanto à altitude, o risco de adoecer por TB foi mais elevado em Recife ( $p < 0,001$ ) e Porto Alegre

( $p < 0,001$ ), em altitudes de 10m em relação ao nível do mar. O Rio de Janeiro mostrou que a altitude foi um fator de proteção para o adoecimento da TB ( $p < 0,05$ ). Por sua vez a baixa velocidade do vento e a pressão do vapor no DF favoreceram o não adoecimento por TB frente aos valores dos demais municípios. No caso do vento entre 4,6 a 5,8 vezes e enquanto ao vapor de 4,6 a 5,4 vezes a mais o risco de adoecimento por TB nos municípios do Rio de Janeiro, Recife e Porto Alegre ( $p < 0,001$ ).

**Tabela 9. Estimativas do risco de tuberculose segundo variáveis ambientais, na análise univariada. Distrito Federal, Porto Alegre, Recife e Rio de Janeiro, 2003 a 2014.**

<i>Variáveis ambientais</i>	<b>IRR</b>	<b>IC95%</b>	<b>p-valor</b>
<b><i>Precipitação Distrito Federal</i></b>	0,970	0,964 - 0,975	<0,001
Porto Alegre	1,024	1,021 - 1,028	<0,001
Recife	1,027	1,024 - 1,030	<0,001
Rio de Janeiro	1,018	1,015 - 1,021	<0,001
<b><i>Radiação Distrito Federal</i></b>	0,998	0,9997 - 0,9998	<0,001
Porto Alegre	1,000	1,0001 - 1,0002	<0,001
Recife	1,002	1,0001 - 1,0002	<0,001
Rio de Janeiro	1,000	1,0001 - 1,0002	<0,001
<b><i>Temperatura Distrito Federal</i></b>	0,843	0,816 - 0,871	<0,001
Porto Alegre	1,157	1,134 - 1,180	<0,001
Recife	1,177	1,155 - 1,199	<0,001
Rio de Janeiro	1,136	1,116 - 1,156	<0,001
<b><i>Vapor Distrito Federal</i></b>	0,138	0,095 - 0,202	<0,001
Porto Alegre	<b>5,485</b>	4,378 - 6,871	<0,001
Recife	<b>6,722</b>	5,363 - 8,427	<0,001
Rio de Janeiro	<b>4,603</b>	3,733 - 5,676	<0,001
<b><i>Vento Distrito Federal</i></b>	0,157	0,110 - 0,224	<0,001
Porto Alegre	<b>5,864</b>	4,613 - 7,453	<0,001
Recife	<b>6,443</b>	5,139 - 8,078	<0,001
Rio de Janeiro	<b>4,660</b>	3,761 - 5,772	<0,001
<b><i>Altitude Distrito Federal</i></b>	0,997	0,997 - 0,998	<0,001
Porto Alegre	1,001	0,998 - 1,005	0,406
Recife	1,013	1,000 - 1,025	0,051
Rio de Janeiro	0,999	0,997 - 1,000	0,196

IRR: índice de risco relativo, IC95%

Na análise univariada os indicadores sociais (Tabela 10) dos três municípios observou-se que a variável presença de “banheiro” no domicílio indicou um risco de 119 vezes para o adoecimento de TB em Porto Alegre, de 153 vezes no Recife e 37

vezes no RJ. A ausência de coleta de lixo incrementou em 49,7 vezes o risco em Recife, 38 vezes em Porto Alegre e 23,4 vezes no RJ. Além disso, a falta de tratamento do esgoto interferiu no adoecimento de TB, aumentando em 33 vezes o risco no município de Recife, 30 vezes em Porto Alegre e 19 vezes no Rio de Janeiro. A falta de água potável também contribuiu com esse maior risco, elevando em Recife 28 vezes, 27,6 vezes para Porto Alegre e 16 vezes no Rio de Janeiro. O número de moradores por domicílio não apresentou incremento significativo no risco de adoecer. A taxa de analfabetismo no RJ mostrou-se como fator de proteção para o adoecimento por TB, isto é, uma redução de 60% no risco de adoecer ( $p < 0,001$ ). A renda *per capita* não apresentou incremento no risco de adoecimento para TB em todos os municípios.

**Tabela 10. Estimativas do risco de tuberculose segundo variáveis sociais na análise univariada. Distrito Federal, Porto Alegre, Recife e Rio de Janeiro, 2003 a 2014.**

Variáveis sociais	IRR	IC95%	p-valor
<b><i>Nº de morador por domicílio Distrito Federal</i></b>	1,000	1,000 - 1,000	<0,001
Porto Alegre	1,000	1,000 - 1,000	0,204
Recife	1,000	1,000 - 1,000	0,010
Rio de Janeiro	1,000	1,000 - 1,000	<0,001
<b><i>Tratamento de Água Distrito Federal</i></b>	0,007	0,003 - 0,016	<0,001
Porto Alegre	<b>27,620</b>	18,041 - 42,285	<0,001
Recife	<b>28,161</b>	18,332 - 43,260	<0,001
Rio de Janeiro	<b>16,596</b>	11,237 - 24,511	<0,001
<b><i>Tratamento de Esgoto Distrito Federal</i></b>	0,020	0,011 - 0,037	<0,001
Porto Alegre	<b>30,474</b>	18,071 - 51,389	<0,001
Recife	<b>33,153</b>	18,666 - 58,884	<0,001
Rio de Janeiro	<b>19,048</b>	11,843 - 30,639	<0,001
<b><i>Coleta de Lixo Distrito Federal</i></b>	0,010	0,003 - 0,033	<0,001
Porto Alegre	<b>38,393</b>	23,720 - 62,142	<0,001
Recife	<b>49,720</b>	31,153 - 79,351	<0,001
Rio de Janeiro	<b>23,472</b>	14,995 - 36,740	<0,001
<b><i>Banheiro no domicílio Distrito Federal</i></b>	0,009	0,039 - 0,020	<0,001
Porto Alegre	<b>119,332</b>	55,027 - 258,787	<0,001
Recife	<b>153,153</b>	68,061 - 344,634	<0,001
Rio de Janeiro	<b>37,589</b>	17,902 - 78,926	<0,001
<b><i>Analfabetismo Distrito Federal</i></b>	0,040	0,026 - 0,060	<0,001
Porto Alegre	0,006	0,000 - 5752,455	0,368



Recife	<b>1,451</b>	0,003 - 694,936	0,906
Rio de Janeiro	0,000	0,000 - 0,001	<0,001
<b><i>Renda per capita Distrito Federal</i></b>	1,000	1,000 - 1,000	<0,001
Porto Alegre	1,000	1,000 - 1,000	0,247
Recife	1,000	1,000 - 1,000	0,804
Rio de Janeiro	1,000	1,000 - 1,000	0,927

Na análise multivariada (Tabela 11) considerando os indicadores ambientais a precipitação, a radiação e a altitude apresentaram associação de adoecer por TB no Distrito Federal, sendo que somente a radiação solar mostrou significado estatístico ( $p=0,002$ ). A altitude representou um fator de proteção no adoecimento da tuberculose no DF. Em Porto Alegre o adoecimento por TB apresentou associação com variáveis ambientais de precipitação ( $p=0,042$ ) e altitude ( $p=0,046$ ) indicando fator de proteção para o adoecimento, ou seja, os altos níveis de chuva e a altitude de 10m contribuem para o não adoecimento neste município; a temperatura elevada ( $p=0,002$ ) evidenciou um risco 18 vezes maior do indivíduo desenvolver a doença. A “radiação” em Porto Alegre também apresentou associação com risco para o adoecimento de TB ( $p=0,001$ ).

Dentre os indicadores sociais a renda *per capita* nos municípios de Porto Alegre e Recife apresentaram risco de adoecer ( $p<0,001$ ). O município de Recife apontou no modelo final que a água potável e presença de banheiro no domicílio foram fatores protetores do não adoecimento por TB ( $p<0,001$ ) (Tabela 11).

Considerando a análise multivariada no Distrito Federal o risco de adoecer de TB foi influenciado pelo indicador social “ausência de coleta de lixo” (Tabela 11), ou seja, 29,9 vezes a mais em relação à população que possuía acesso à coleta de lixo ( $p<0,001$ ). No Rio de Janeiro verificou-se que o indicador ambiental de vapor de água ( $p=0,055$ ) (Tabela 11) apresentou-se como fator de proteção. A velocidade do vento ( $p=0,033$ ) incrementou um risco de 3,6 vezes maior de adoecer de TB (Tabela 11). E dentre os indicadores sociais a ausência de tratamento de esgoto indicou um risco de 13,5 vezes a mais de adoecer por tuberculose ( $<0,001$ ) (Tabela 11).

**Tabela 11. Estimativas do risco de tuberculose segundo variáveis sociais e ambientais por**

**município no modelo multivariado, 2003 a 2014.**

<b>Município</b>	<b>IRR</b>	<b>IC95%</b>	<b>p-valor</b>
<b>Distrito Federal</b>			
Precipitação	1,311	1,061 - 1,621	0,012
Radiação	1,011	1,004 - 1,018	0,002
Lixo	<b>29,937</b>	4,983 - 179,854	<0,001
Altitude	0,987	0,975 - 0,999	0,045
Água	0,115	0,005 - 2,530	0,170
<b>Porto Alegre</b>			
Precipitação	0,816	0,670 - 0,993	0,042
Radiação	1,002	1,001 - 1,003	0,001
Temperatura	<b>18,165</b>	2,803 - 117,729	0,002
Renda	1,000	1,000 - 1,000	<0,001
Altitude	0,992	0,984 - 0,999	0,046
<b>Recife</b>			
Banheiro	0,012	0,003 - 0,056	<0,001
Altitude	0,978	0,964 - 0,991	0,002
Água	0,014	0,002 - 0,083	<0,001
Renda	1,000	1,000 - 1,000	0,055
<b>Rio de Janeiro</b>			
Precipitação	0,969	0,950 - 0,989	0,002
Radiação	0,999	1,000 - 1,000	0,020
Temperatura	<b>1,472</b>	1,137 - 1,905	0,003
Vapor	0,183	0,032 - 1,035	0,055
Vento	<b>3,653</b>	1,110 - 12,021	0,033
Banheiro	0,072	0,036 - 0,144	<0,001
Água	0,013	0,002 - 0,112	<0,001
Esgoto	<b>13,590</b>	3,800 - 48,599	<0,001

## 6.0. DISCUSSÃO

### 6.1 CAPÍTULO I - RELAÇÃO DE FATORES CLIMÁTICOS E QUALIDADE DO AR COM A TUBERCULOSE NO DISTRITO FEDERAL-BRASIL, 2003 A 2012.

Quanto ao perfil demográfico, à maioria dos casos de tuberculose do DF era homem, adulto jovem, com ensino fundamental e pardo. Dados do Brasil mostram semelhança aos resultados obtidos do DF, onde cerca de 67,0% dos pacientes com TB eram do sexo masculino e adultos jovens (BRASIL, 2016). Em Camarões a TB foi significativamente mais prevalente no sexo masculino (12,6%) em comparação com as mulheres (10,7%) (ANE-ANYANGWE, 2006), assim como no Peru (WINGFIELD, 2014; China (TREMBLA, 2009); Espanha (RIOS, 2000) e Estados Unidos (WILLIS, 2012).

Nesta casuística, a incidência de casos em menores de 15 anos no DF foi identificada no outono, caracterizado por temperaturas amenas e chuvas espaçadas, próximo aos dados dos Estados Unidos onde se observou um pico da TB em crianças na primavera seguindo até o final de outono (WILLIS et al, 2012). Os estudos sugerem um intervalo de estação do ano da transmissão da TB do adulto para a criança, uma vez que em geral elas adoecem em estações posteriores a dos adultos (SCHAAF *et al*, 1996). Jovens e adultos de 15 a 64 anos de idade adoeceram mais no inverno (53,7%) e pacientes acima de 64 anos no outono (27,1%), semelhante ao ocorrido na China onde a incidência foi de 15,7% em menores de 15 anos e 34,0% de 15 a 64 anos, predominantemente no inverno e outono (LI et al., 2012). Nesse estudo, os pacientes menores de 15 anos adoeceram menos de TB, apesar de este grupo apresentar desvantagens fisiológicas, como débito cardíaco diminuído, metabolismo acelerado, sistema imunológico em desenvolvimento, em função do crescimento e desenvolvimento característico dessa idade (MORI, 2000). 50,3% dos doentes de TB na China estavam com idade acima de 64 anos, onde a expectativa de vida é de 75,7 anos (LI *et al.*, 2012), fato semelhante ao observado nos Estados Unidos (WILLIS, 2012), Reino Unido (LEUNG, 2005) e Japão (KOH, 2013), onde as taxas de expectativa de vida eram de 78, 81 e 83 anos de idade, respectivamente.

Quanto ao nível de escolaridade dos doentes de TB diversos autores assinalam uma associação com a TB, ou seja, baixo nível de estudo além da pobreza (VIANA et al, 2016; COSTA 1998; MASCARENHAS 2005). Estudo na Espanha assinalou que

53,8% não tinham concluído a educação primária (MARTIN, 1995), Wang (2009) na China identificou um risco 3,4 vezes maior de recidivas em pacientes com menos de 6 anos de estudo, e, nos recém tratados de TB um risco de 4,3 vezes de abandono. Também, no DF o adoecimento por tuberculose foi elevado no grupo com menos de 8 anos de estudo (44,9%), reforçando a importância da escolaridade na doença TB, com a ressalva de respostas ignoradas em 27,6%. Considerando a raça dos doentes de TB no DF, a parda foi mais frequente, uma vez que o país tem se caracterizado como mestiço (IBGE, 2016).

Na análise da sazonalidade da tuberculose no DF, observou-se uma predominância da enfermidade no inverno, fato que se confirma em outras regiões do país, com a identificação quantitativa de casos em épocas mais frias (FRANCO, 2003). Kho et al., (2013) no Reino Unido, mostraram que a exposição reduzida ao sol no inverno pode diminuir a defesa do hospedeiro ao bacilo da tuberculose, devido aos baixos níveis de vitamina D. Ressalta-se que no Brasil a questão das quatro estações não é marcadamente observada como nas demais regiões do planeta, entretanto, a região Centro-Oeste mostra essa estação com variação de temperatura entre 12°C à 27°C, como encontrado na Espanha de 10°C e 12°C (RIOS *et al.*, 2000). O outono também acometeu mais pessoas com TB no DF, da mesma forma como verificado por Wingfield et al (2014) no Peru, onde o diagnóstico de tuberculose aumenta no final do verão e início do outono, no período chuvoso e com elevada umidade, baixa incidência solar devido a nebulosidade, características semelhantes ao outono brasileiro.

Não foi observado no Distrito Federal um baixo nível de radiação UV, ao contrário, ela atingiu em média 17MJ/m<sup>2</sup> e a incidência de luz solar foi de 12 horas/dia (40,6%) p= 0,001. Provavelmente, isto ocorre em função também de aspectos geográficos do DF, por exemplo, apresenta relevo de planalto com topografia suave, o que facilita a penetração da luz solar e consequentemente deve justificar as mais baixas taxas de incidência de tuberculose quando comparada a do país (BRASIL, 2016). Os picos de incidência de TB no inverno do Peru coincidem com a baixa iluminação solar e consequente associada à deficiência de vitamina D (WINGFIELD, 2014; MACLACHLAN *et al*, 2012; SITA-LUMSDEN *et al*, 2007; VISSER, SCHOEMAN JF, VAN A., 2013; MARTINEAU, 2011). Douglas et al, (1996) afirmaram que na Inglaterra os baixos níveis de vitamina D no pós-inverno, podem resultar em um comprometimento da imunidade celular conduzindo após um período de latência, uma reativação da infecção micobacteriana.

No DF foi observado um adoecimento por TB em 95,8% dos casos com a umidade relativa do ar entre 31,0 e 69,0%, com baixa incidência de TB nos extremos de umidade <30% e >70%, além de apresentar valores de precipitação inferior a 1mm (71,7%)  $p < 0,001$ . Ressalta-se que a umidade europeia é elevada, média de 70,0%, uma das principais características da região é a alta pluviosidade, uma vez que os ventos trazem a umidade do oceano e despejam suas águas sobre estes países praticamente durante o ano inteiro (KOH, 2013) Considerando as características climáticas de elevada pluviosidade e umidade na África foi verificada maior registro de casos de TB na estação chuvosa, quando comparada à seca, sendo essa diferença significativa (ANE-ANYANGWE, 2006). Da mesma forma, Naranbat *et al*, (2009) identificaram na Mongólia maior incidência de TB predominantemente em épocas úmidas.

Possíveis explicações para variações sazonais na incidência de TB incluem os baixos níveis de vitamina D no inverno, que leva à supressão da resposta celular e subsequente reativação de TB. Também, a aglomeração de pessoas em ambientes fechados e pequenos favorecem a transmissão da TB, inclusive no inverno (PARRINELLO CM, 2012), fato possivelmente verificado nas áreas mais pobres no DF. Cabe ressaltar que 75,0% dos dias do DF apresentam sol (IBRAN, 2012), além de ser elevada essa radiação, pode justificar a baixa incidência de tuberculose no DF como um todo em relação ao país. A maior incidência de TB no inverno, também coincide com os baixos níveis de vitamina D nesta época do ano (NNOAHAM, 2008; SITALLUMSDEN *et al*, 2007; MARTINEAU, 2011; VISSER, SCHOEMAN & VAN., 2013) e talvez isso pode responder pelo maior adoecimento dessa enfermidade no DF.

Em relação à temperatura no DF foram notificados mais casos de TB quando a mesma se encontrava entre 20° e 23°C (72,4% dos casos), o que se assemelha a diversos estudos, como Nova York com temperatura de 20°C a 25°C (PARRINELLO, 2007), Espanha de 16°C a 24°C (LUQUERO *et al*, 2008), Cidade do Cabo na África do Sul com maior incidência de TB nas temperaturas entre 13°C a 23°C (MARTINEAU, NHAMOYEBONDE, ONI, 2011), Reino Unido e um registro de casos em época de temperaturas mais amenas com variação entre 11,7°C e 21,1°C (KOH, 2013), o Peru, com maior incidência entre 21°C à 30°C (WINGFIELD *et al*, 2014). Entretanto, também foram diagnosticados casos de TB em temperaturas elevadas de até 39°C na África (ANE-ANYANGWE, 2006), Norte da Índia de 21°C à 39°C (THORPE, 2004) e

Kwait, de 20°C à 38°C (AKHTAR, 2008), como também em baixas temperaturas como no Japão, 5 °C (ONOZUKA, HAGIHARA, 2015) e Mongólia, de -5 °C a 9 °C (NARANBAT *et al.*, 2009). Contudo, ficou evidente uma maior notificação de casos de TB em temperaturas mais amenas, similares a do DF.

Considerando a qualidade do ar foram identificados no Distrito Federal dois principais poluentes, a fumaça (CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>) e as partículas totais em suspensão (PTS) particularmente, nas Regionais de Taguatinga e Sobradinho. Além disso, a maior incidência de TB no inverno foi em Sobradinho e na primavera, Taguatinga. Embora o DF possua 15 regionais de saúde foi possível identificar apenas quatro pontos de análise da qualidade do ar: Asa Sul, Asa Norte, Taguatinga e Sobradinho. Cabe ressaltar que houve uma melhoria na qualidade do ar no DF, em função da Resolução CONAMA N° 242/1998 que regulamentou os meios de transportes e também do controle do Conselho Nacional de Meio Ambiente que proibiu indústrias e emissão de poluentes na capital federal prevista na Resolução CONAMA N° 436/2011. Apesar da limitação na totalidade de medidores ambientais no DF (apenas quatro), os dados parecem indicar que a poluição do ar tem relação com o adoecimento da TB, ou seja, quando os níveis de qualidade do ar melhoram, o coeficiente de incidência de TB cai nas regionais analisadas no período. Nos EUA as concentrações médias de poluentes oriundos da fumaça e partículas totais em suspensão, mostraram relação significativa com a tuberculose, particularmente considerando os valores de NO<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> (SMITH, 2014) e na Rússia (SHILOVA, 2004). A poluição atmosférica relacionada ao tráfego em Taiwan, incluindo dióxido de enxofre, ozônio e monóxido de carbono foram associados ao adoecimento por TB confirmado por cultura (LAI, 2015). Da mesma forma, na Coreia do Sul a exposição a longo prazo a SO<sub>2</sub> ambiente, aumentou o risco de TB em 7,0% nos homens (HWANG, 2014).

Nesta casuística as Regionais de Taguatinga e Sobradinho mostraram níveis de alerta à saúde da população, ou seja, poluição  $\geq 375$  mg/m<sup>3</sup> e fumaça  $\geq 250$  mg/m<sup>3</sup>. Na primavera, verificou-se maior quantitativo de poluentes em Taguatinga (38,5% dos casos) e em Sobradinho, no inverno (50,0%). Na China, a exposição de elevadas concentrações de partículas no ambiente incrementaram em 1,27 vezes a incidência de TB (KIM *et al.*, 2014), também, a exposição ao material particulado fino (PM 2,5) associou-se ao aumento do risco de tuberculose na Coreia do Sul em 2014 (LEE, 2016) e em Taiwan, se registrou 4,0% a mais de TB devido a exposição de particulares, além

de interferir no resultado na baciloscopia. Inclusive, a exposição crónica de particulares a níveis  $\geq 50$  g/m PM10 prolongou a conversão da cultura de escarro dos pacientes com tuberculose (WANG, 2016).

## **6.2. CAPÍTULO II - ASPECTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS COMO DETERMINANTES DA TUBERCULOSE NO DISTRITO FEDERAL-BRASIL, DE 2003 A 2015.**

No Distrito Federal a análise bivariada ( $p=0.013$ ) e multivariada ( $p=0.016$ ) considerando a velocidade do vento mostrou associação com o desfecho de TB. A maior média de velocidade do vento concentrou-se nas áreas do Noroeste e Sudoeste (1.80 a 1.89km/h), coincidindo com a elevada incidência de TB (50,0 a  $\geq 100,0/100.000\text{hab}$ ), particularmente envolvendo as cidades Estrutural e Areal, seguido da Nordeste (Paranoá e Itapuã). As favelas do planalto central da capital federal são horizontais, mostram alta altitude, o que leva a acreditar que provavelmente, os aspectos geográficos locais, como o vento favoreceram a disseminação dos bacilos da TB naqueles territórios planos. Na China, Qinghai (média 273 a 294 casos/100.000hab.) mostrou associação da incidência de TB bacilífera e velocidade do vento (7,0 a 11,0km/h) ( $p=<0,05$ ), onde cada 3,6km/h de elevação da velocidade do vento incrementou em 7,0% a incidência de TB (RAO *et al*, 2016). Na comparação com o DF onde tem baixa carga de TB e considerou-se todas as formas clínicas da enfermidade, cada acréscimo de 1km/h na velocidade do vento incrementou em 137,9% a incidência da doença. Na China Continental o vento foi fator protetor (20km/h e incidência de TB de 93/100.000hab.), e cada aumento na unidade da velocidade do vento, reduziu o risco relativo de TB em 0,83518 (CAO *et al*, 2016). Neste estudo, a velocidade do vento foi mais de 20 vezes menor quando comparada àquela observada no Distrito Federal. Provavelmente, outros aspectos ambientais e sociais não avaliados, implicaram para essa diferença.

Teoricamente, a maior velocidade do vento poderia incrementar a ventilação e diluir as bactérias em ambientes, ajudando a reduzir o risco de infecção TB (CAO *et al*, 2016). Experiência no Sul da África corrobora neste aspecto e mostrou que a ventilação natural dos domicílios favorece a troca de ar, melhora a ventilação (ESCOMBE, *et al*, 2007), e associada a outras intervenções, ajuda a reduzir o risco de infecção TB (COX, 2012). Mas, no caso do DF, deve ser considerado que os domicílios nestas cidades afetadas pela TB estão situados em favelas horizontalizadas, com espaços limitados. As

casas estão ligadas umas às outras, formando um amontoado de ruas desencontradas, com construções inacabadas e sem ventilação, ou seja, são verdadeiros túneis que não favorecem a renovação de ar para os ambientes externos, e ao contrário, confinam o ar contaminado nos próprios domicílios. Também, apesar de muitas horas de luz solar diária no DF, o fato das moradias serem não planejadas, falta espaço entre as casas, inviabilizando a entrada de luz adequada e o acesso ao sol pode não ocorrer, limitando o desenvolvimento da vitamina D naquelas populações.

Nesta casuística, houve associação da altitude (1.139,3 a 1.216,9m) e a incidência da TB ( $50,0 \leq 100,0/100.000\text{hab.}$ ), tanto na análise bivariada ( $p=0.023$ ) quanto na multivariada ( $p=0.022$ ). Apesar da baixa incidência de TB na maioria das regiões da capital federal, no sudoeste, a cidade de Ceilândia é a 13ª cidade de maior altitude do Brasil e apresenta alta velocidade do vento, nesse contexto, se concentrou a maior parte da incidência de TB do DF. As demais cidades com maior carga de TB e elevada altitude têm como cenário os aglomerados urbanos em favelas, com forte migração e pobreza, no caso, as cidades de Estrutural, Paranoá e Itapoã (993 a 1.065m) e uma incidência de TB de 50,0 a  $\geq 100,0/100.000\text{hab.}$  Pesquisadores na China (CAO, *et al.*, 2016), em Qinghai, identificaram associação na incidência de TB (92,0/100.000hab.) e altitude elevada (3.000 a 3.500m), onde agricultores e pastores viviam em clima frio e alta altitude e tinham um acentuado risco de desenvolverem TB. Na Turquia (TANRIKULU *et al.*, 2008), as cidades com altitude de 1.700m mostraram 3,28 vezes (65 a 160/100.000hab.) mais risco de desenvolver TB do que em extrema altitude (5.000m),  $p=0,000$ . No México, a altitude (de 1.600 a 2.500m) associou-se inversamente à notificação de TB (10 a 15 casos/100.000hab.), e essa relação superou a influência de fatores como alfabetização, urbanização ou número de cômodos, apesar do bom Índice de Desenvolvimento Humano (0,750), embora haja evidente desigualdade, marginalização, corrupção e falta de infraestrutura (VARGAS; FURUYA, PÉREZ-GUZMÁN, 2004). No Quênia, as altitudes de 1.000m ou mais mostraram incidência de TB de 15 a 29/100.000hab., bem inferior a 30,0% nas áreas de altitudes abaixo de 500m (MANSOER; KIBUGA; BORGDORFF, 1999). Cabe ressaltar, que no DF a incidência média de TB foi menor do que no Quênia e a maior altitude encontrada foi de 1.139m, também, 77,2% menor do que na Turquia, considerada como de baixa altitude; e apresenta dados similares em relação à altitude do Quênia.

A explicação biológica é que possivelmente o *Mycobacterium tuberculosis* sobreviva por mais tempo em ambiente de menor altitude devido às diferenças



climáticas: temperatura mais elevada, maior pressão de oxigênio, umidade ou nível mais baixo de radiação ultravioleta (BRUDEY *et al.*, 2006). Também, a elevada altitude reduz a disponibilidade de oxigênio, afeta a frequência e profundidade da respiração, altera o equilíbrio gasoso nos pulmões e sangue, eleva sais, como potássio e sódio (DOUGLAS & SCHOENE, 2010), dificultando o crescimento do bacilo tuberculoso (HASSARANGSEE, TRIPATHI, SOURIS, 2015).

A taxa de analfabetismo mostrou associação com a incidência de tuberculose no DF, indicando que áreas com menor proporção de analfabetos apresentam maior incidência da doença. O acesso à água e a proporção de pessoas alfabetizadas foram maiores nas áreas mais urbanizadas. Uma possível explicação para maior incidência de TB nestas áreas pode ser devido a dois fatores: (i) existência de populações em situação de vulnerabilidade social e (ii) maior capacidade dos serviços de saúde diagnosticarem os casos de TB.

Adicionalmente, não houve associação da TB com a densidade populacional na análise multivariada ( $p=0,001$ ), entretanto no DF este aspecto parece ter contribuído para maior ocorrência de TB, uma vez que os bolsões da doença se situaram nos maiores aglomerados intraurbanos (585.4 a 1.141hab./km<sup>2</sup>). Oliveira e Sam (2013) também assinalaram que a associação TB x indicadores socioeconômicos parecem ter influência no nível de agregação espacial, bem como, nas particularidades das áreas geográficas, no caso do DF, o relevo de planalto com topografia suave, livre de vales e montanhas, parece ter facilitado a inserção desses aglomerados populacionais em favelas. Na Turquia uma densidade populacional maior de 80 pessoas/km<sup>2</sup>, levou a uma incidência 4,18 vezes maior de TB, do que em cidades com menor densidade ( $p=0,000$ ) (TANRIKULU; ACEMOGLU, PALANCI; EREN DAGLI, 2008).

A análise multivariada mostrou relação negativa entre o adoecimento por TB e precipitação ( $p=0.030$ ), sendo que no DF a estação chuvosa (outubro a abril) apresenta precipitação de 127.0 a 128.7mm, principalmente a sudoeste do DF, com alta incidência de TB (50,0 a  $\geq 100,0/100.000$ hab.) Cabe ressaltar que na África o maior registro de casos de TB foi na estação chuvosa (ANE-ANYANGWE, 2006), bem como na Mongólia (NARANBAT *et al.*, 2009). Cerca de 63,0% dos casos de TB nas cidades do DF mostraram incidência de TB até 10,0 casos/100.000hab., e nas áreas de alta pluviosidade essa taxa variou de 50,0 a  $\geq 100,0/100.000$ hab. O fator umidade afeta a sobrevivência dos bacilos de Koch, cerca de 70,0% dos germes aerolizados permanecem viáveis por até três horas, 50,0% por seis e 30,0%, até nove horas (LOUDON, 1969).

Provavelmente, outros fatores ambientais e sociais, associados ou não interferiram nesse achado do DF.

Chama atenção à radiação solar mínima de  $16.374 \text{ kJ. m}^{-2}\text{-dia}^{-1}$  e máxima de  $16.604 \text{ kJ. m}^{-2}\text{-dia}^{-1}$  do Distrito Federal que foram consideradas extremas em relação ao país, com pouca variação entre as cidades da capital federal (FICK & HIJMANS, 2017), e não se associou à elevada carga da TB. Assinala-se que a exposição à luz solar (durante 5 minutos) leva a destruição das micobactérias, bem como, a radiação UV modifica o DNA ou RNA (YEKI *et al.*, 2006), interferindo na replicação ou transcrição celular, seguida de morte bacteriana ambos em laboratório. A dose de radiação de inativação do *M. tuberculosis* aerolisado é de  $6.000 \text{ kJ. m}^{-2}\text{-dia}^{-1}$  (CONDE *et al.*, 2011), valor inferior ao encontrado no DF, onde os níveis de radiação UV atingem em média  $16.469 \text{ kJ. m}^{-2}\text{-dia}^{-1}$  com média de cerca de 10 horas de luz solar diária (EMBRAPA, 2015). Provavelmente, isto ocorre devido à distribuição espacial da energia solar ser influenciada pela declividade, além dos aspectos geográficos como o relevo de planalto com topografia suave, livre de vales e montanhas, facilitando a penetração da luz solar (ACOSTA, BASSANESI, 2014) sendo que estes aspectos devem favorecer as baixas taxas de incidência de TB no DF como um todo, quando comparada a do país (BRASIL, 2016).

### **6.3. CAPÍTULO III - RISCOS AMBIENTAIS E SOCIAIS NA INCIDÊNCIA DE TUBERCULOSE EM TRÊS MUNICÍPIOS BRASILEIROS E O DISTRITO FEDERAL, DE 2003 A 2014**

No presente estudo, os resultados do perfil epidemiológico dos pacientes com TB nos quatro municípios são semelhantes segundo o Censo Demográfico de 2010, os municípios de Porto Alegre, Rio de Janeiro, Recife e o Distrito Federal, apresentam-se majoritariamente de etnia branca (79,23%) semelhante ao perfil da população brasileira (IBGE, 2017), o que ajuda a explicar os maiores percentuais de acometimento desse grupo étnico. Houve preponderância do contágio de TB pelo sexo masculino, semelhante ao estudo de Lacerda *et al.* (2014), onde a TB tende a infectar duas vezes mais homens do que mulheres, assim como nos estudos epidemiológicos de WHO (2017) que mostram que os homens adoecem mais que as mulheres por TB. Também no Peru a TB foi significativamente mais prevalente no sexo masculino (12,6%) em comparação com as mulheres (10,7%) (WINGFIELD, 2014).

A literatura científica também evidencia a predominância de casos de tuberculose na População Economicamente Ativa (PEA) (15 – 54 anos) (Lacerda et al, 2014), sendo este achado igualmente comprovado no presente estudo, onde prevaleceu a idade acima de 15 anos, adultos jovens, com predomínio de tuberculose pulmonar.

Na análise univariada, observou-se que dentre os indicadores ambientais, a velocidade do vento e a pressão do vapor apresentaram os maiores riscos para o adoecimento nos municípios estudados, no caso do vento no Rio de Janeiro o risco foi de 4,6 vezes, em Recife de 6,4 e Porto Alegre de 5,8 e quanto ao vapor o risco de adoecer em Recife foi de 6,7 vezes, no Rio de Janeiro 4,6 e em Porto Alegre de 5,4 vezes a mais de adoecer ( $p < 0,001$ ). Embora pesquisas demonstrem que a velocidade do vento seja um incremento para a ventilação ambiente, este pode atuar espalhando as bactérias, aumentando a disseminação da doença e assim o risco de infecção por TB (CAO et al, 2016). A presença do vapor de água pode incrementar a sobrevivência do bacilo de Koch uma vez que aerolizados permanecem viáveis por até 3 horas, 50% por até 6 horas e 30% por até 9 horas (LOUDON, 1969). A “precipitação”, “radiação” e “temperatura” também apresentaram risco de uma vez a mais de adoecer por tuberculose nos municípios de Porto Alegre ( $p < 0,001$ ), Recife ( $p < 0,001$ ) e Rio de Janeiro ( $p < 0,001$ ).

Considerando as condições sociais o município de Recife apresentou maior risco de adoecer por tuberculose, com associação da enfermidade com as variáveis: “presença de banheiro”, com risco de 153 vezes de adoecer; ausência de “tratamento de esgoto” um risco de 33 vezes; “coleta de lixo” de 49,7 vezes e falta de “água potável” 28 vezes o risco de adoecer por tuberculose. Fato também observado nos outros municípios, onde no Rio de Janeiro e Porto Alegre o risco de adoecer associado a ausência de banheiro no domicílio foi de 37 e 119 vezes, no caso de tratamento de esgoto foi de 19 e 30 vezes, coleta de lixo de 23 e 38 vezes e falta de água tratada de 16 e 27 vezes, respectivamente, em relação ao DF o que corrobora com os estudos na Índia (VIKAS et al, 2018) e na América Latina e Caribe (MUNACO et al 2015).

Na análise multivariada, após o ajustamento das variáveis para cada cidade, algumas mantiveram o risco referente ao adoecimento e outras apresentaram-se como fator de proteção, justificável quando esta análise consiste em avaliar simultaneamente (em um único modelo) o efeito das variáveis selecionadas sobre a incidência de TB. Neste caso, pode-se entender que a influência de cada variável social ou ambiental é “controlada” pelo efeito das demais. Como, em geral, existem associações entre as

variáveis explicativas, é comum que variáveis “estatisticamente significativas” na univariada percam a importância na multivariada.

Na análise multivariada o Rio de Janeiro se destacou por apresentar um maior número de variáveis associadas ao desfecho tuberculose, como precipitação ( $p=0,002$ ), radiação ( $p=0,020$ ) e vapor de água ( $p=0,055$ ) como fator de proteção, e temperatura ( $p=0,003$ ) e a velocidade do vento ( $p=0,033$ ) evidenciou um risco de 1,4 e 3,6 vezes, respectivamente, maior de adoecer. A média da velocidade do vento no Rio de Janeiro foi de 8,4km/h enquanto no DF foi de 6,4km/h valor inferior, o que justifica o risco maior de disseminação da doença no município do RJ, até mesmo por sua composição geográfica variada, de morros, ilhas, baías e serras, além dos aspectos da construção urbana que podem interferir no percurso do vento e muitas vezes fazer com que os bacilos fiquem condensados em certas áreas e locais de pouco espaço e ventilação. Pesquisa na China Continental mostrou que o vento foi fator protetor (20km/h e incidência de TB de 93/100.000hab.), e cada aumento na unidade da velocidade do vento, reduziu o risco relativo de TB em 0,83518 (CAO *et al*, 2016).

A variável temperatura média (24°C e 26°C) reflete o risco de adoecimento em Porto Alegre de 18,1 e no Rio de Janeiro de 1,4 vezes de adoecer por TB, fato também evidenciado nos casos de TB diagnosticados em temperaturas mais amenas em Nova York com temperaturas que variaram entre 20°C e 25°C (PARRINELLO, 2007) e na Espanha, que mostrou maior incidência de TB com temperaturas que variavam entre 16°C à 24°C (LUQUERO *et al*, 2008).

No DF e Porto Alegre a radiação aparece como um fator de risco 1,3 e 1,0 respectivamente, o que talvez possa sugerir que apesar dos níveis de radiação, responsáveis pela principal fonte de vitamina D, reconhecida como um modulador vital da resposta imune inata e adaptativa contra a infecção de TB, aumentando as propriedades antimicrobianas dos fagócitos (CHANDRASEKARAN *et al*, 2017; este municípios podem estar sofrendo ações de outra variável como o vapor de água, onde em Porto Alegre (1,7 kPa) reflete um ambiente propício a sobrevivência do bacilo de Koch, fato verificado na África, onde características climáticas de elevada pluviosidade e umidade apresentaram maiores registros de casos de TB na estação chuvosa, quando comparada à seca (WINGFIELD, SCHUMACHER, SANDHU *et al*, 2014; SADEQ & BOURKADI, 2016). Enquanto o vapor de água no Distrito Federal indicou um risco de 1,3 vezes de adoecer por TB (1,8 kPa) o qual poderia ser justificado pelos grandes

períodos de seca enfrentados neste município que atingem o aparelho respiratório tornando-o mais vulnerável as infecções respiratórias.

Quanto as variáveis sociais a ausência de tratamento de esgoto no Rio de Janeiro apresentou um risco de 13,5 vezes de adoecer por tuberculose ( $p < 0,001$ ). Assim como a coleta de lixo no DF representou um risco de 29 vezes de adoecer de TB em relação a área com coleta de lixo. A “renda” aparece associada a enfermidade tuberculose em Recife e Porto Alegre mas com baixo risco de adoecer, 1 vez a mais, quando comparado ao Distrito Federal ( $p < 0,001$ ). Corroborando com esses achados, existem evidências que determinantes socioeconômicos deteriora as condições de vida e reproduz a doença tuberculose (LONNROTH, K *et al*, 2009; VIKAS *et al*, 2018).

Enfim, ficou evidente que fatores ambientais e sociais influenciam no adoecimento da população, principalmente de grupos em situações de fragilidades sociais e ambientais que continuam a representar um risco de contrair a infecção por TB, e em virtude disso representam um desafio aos programas de controle da TB nas capitais do país (ODONE *et al.*, 2014).

Dentre as limitações do estudo, se encontra o uso de bases secundárias do SINAN-TB, o que pode levar a viés metodológico, uma vez que a informação pode ser inconsistente devido a registros incompletos, errados e/ou em branco. e a carência de avaliação da poluição do ar nas demais regionais do Distrito Federal e não só o monitoramento sistemático em quatro regionais como ocorre atualmente. E a análise da qualidade do ar restrita à fumaça e a determinados particulares, também pode ter levado em interpretação inconsistente dos dados.

## 7.0 CONCLUSÃO

Os resultados no Distrito Federal sugerem que a incidência de TB parece ter sido afetada não só por fatores sociais, mas associado a questões climáticas, os quais implicam em maior adoecimento de TB seja por fatores demográficos: sexo masculino, jovens e adultos, raça branca e baixa escolaridade, como também, ligadas a questões geográficas, sejam elas as estações do outono e inverno para a população idosa; as variáveis climáticas, como a alta radiação solar, a temperatura amena e baixa umidade, além da baixa qualidade do ar incrementando a incidência de tuberculose nas regionais com monitoramento ambiental. Entretanto, há necessidade de mais estudos para esclarecer quais as implicações das outras variáveis ambientais, no sentido de ampliar o tempo de observação e qualidade do ar e assim compreender melhor a relação da TB com o clima.

Ao estudar a relação dos fatores ambientais e sociais na determinação da tuberculose no Distrito Federal verificou-se na análise multivariada e bivariada que a incidência de TB se elevou devido a fatores socioeconômicos e ambientais, particularmente pela elevada velocidade do vento e a ausência de acesso à água potável. Isso significa que o acesso à melhoria social, renda e trabalho, além de infraestrutura de habitação, escola, esgoto e água potável podem contribuir na redução da reprodução da TB frente as vulnerabilidades das pessoas vivendo em favelas do DF.

Ao identificar os riscos ambientais e sociais na incidência de tuberculose por meio tanto da análise univariada quanto da multivariada verificou-se que a incidência de TB foi afetada nos municípios do Rio de Janeiro, Porto Alegre e Recife em comparação ao Distrito Federal, principalmente pela velocidade do vento e pressão do vapor que apresentaram os maiores riscos para o adoecimento nos municípios estudados. Quanto aos aspectos sociais a ausência de banheiro, água potável e tratamento de esgoto foram as mais evidentes nos municípios o que sugere, certamente, que o acesso à melhores condições sociais, de infraestrutura, habitação e saneamento básico podem contribuir para reduzir a vulnerabilidade das pessoas que adoecem por TB, além da implantação de uma política habitacional com urbanização adequada, criando espaços saudáveis,

ventilados e com acesso ao sol, que provavelmente, impactarão na prevenção e disseminação da TB naqueles espaços urbanos.

Tais achados revelaram que existe uma associação entre a incidência de TB e as condições ambientais e sociais, mas esta relação apresenta diferenças de riscos locais, a depender do território onde o problema da TB se encontrava inserido. Ressalta-se que as comparações consideraram unidades de análises heterogêneas, tanto de ponto de vista do tamanho de área, da população e da proporção de área urbana, bem como de aspectos socioeconômicos e ambientais de cada município. Enfim, é possível compreender que o setor saúde deve em conjunto com a infraestrutura, traçar estratégias de apoio para implantação de uma política habitacional com urbanização adequada, criando espaços saudáveis, com acesso a saneamento básico, para que no futuro se reduza a disseminação da TB nas favelas dos grandes aglomerados urbanos.

## 8.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Frente aos resultados, entende-se a necessidade de um planejamento urbano e ambiental adequado nos grandes municípios brasileiros e Distrito Federal com vistas a melhorar as condições de vida da população. Ademais é evidente que os problemas sociais e do meio ambiente que potencializam os desfechos negativos para o controle da tuberculose exige medidas adequadas de ventilação e entrada de luz solar nos domicílios das grandes cidades em substituição às favelas brasileiras, cujos nichos mantêm a enfermidade nesse espaço urbano, com conseqüentemente determinação da pobreza e miséria - tuberculose.

Propõe-se estudos com enfoque em outros indicadores ambientais como os de qualidade do ar (poluição atmosférica) envolvendo não somente os particulados em suspensão, mas os gases expelidos pela fumaça, particularmente, associados à poluição das grandes cidades e a TB. Além de estudos com as variáveis ambientais que se apresentaram mais significativas para cada município, com o intuito de descrever sua associação com a tuberculose. Também, torna-se necessário utilizar novos indicadores sociais presentes que possam auxiliar na compreensão do adoecimento por tuberculose na área de periferia urbana.

Entender como a doença tuberculosa ocorre é um desafio aos formuladores de políticas públicas dos grandes aglomerados urbanos, tornando-se impar encontrar achados para intervenção na vigilância da TB nestes espaços, bem como ampliar a articulação com outras políticas públicas (infraestrutura) para juntos apoiar as medidas profiláticas adequadas e a melhoria das condições de vida dessa população mais pobre. Enfim, possibilitar a criação de estratégias intersetorial para acabar com a tuberculose no país, como proposto pelo Programa Nacional de Controle da Tuberculose.



## REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, Regina Maura Cabral de Melo. **Diagnóstico da tuberculose na população carcerária dos Distritos Policiais da Zona Oeste da Cidade de São Paulo**. 2004. Tese (Doutorado em Epidemiologia) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6132/tde-03032011-144652/>>. Acesso em: 2016-05-07

ACOSTA, L M W, & BASSANESI, S L. (2014). The Porto Alegre paradox: social determinants and tuberculosis incidence. **Rev Brasileira de Epidemiologia**, 17(Suppl. 2), 88-101.

ALLEN, B. W. (1987). Excretion of viable tubercle bacilli by *Blatta orientalis* (the oriental cockroach) following ingestion of heat-fixed sputum smears: a laboratory investigation. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, 81(1), 98-99.

ANE-ANYANGWE IN, AKENJI TN, MBACHAM WF, PENLAP VN, TITANJI VP. Seasonal variation and prevalence of tuberculosis among health seekers in the South Western Cameroon. **East Afr Med J**. 2006 Nov;83(11):588-95.

AKHTAR S, MOHAMMAD HG. Seasonality in pulmonary tuberculosis among migrant workers entering Kuwait. **BMC Infectious Diseases**. 2008;8:3. doi:10.1186/1471-2334-8-3.

AMANFU, W. The situation of tuberculosis and tuberculosis control in animals of economic interest. **Tuberculosis**, 2006. 86: 330-335.

ARAÚJO, C.P. **Isolamento de *Mycobacterium bovis* em cultura e sua identificação pela reação de polimerase em cadeia**. 2004, 52f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande. Mato Grosso do Sul.

ARAÚJO, Teles. Ambiente e qualidade do ar. In: **Fundação Portuguesa do Pulmão**. Lisboa, Portugal, 2011.

ARAÚJO, Ronaldo Rodrigues. **Clima e vulnerabilidade socioespacial: uma avaliação dos fatores de risco na população urbana do município de São Luís (MA)** / Ronaldo Rodrigues Araújo. - Presidente Prudente: [s.n.], 2014 289 f. : il.

ARBEX M. A, SANTOS U. P., MARTINS L. C., et al. A poluição do ar e o sistema respiratório. Air pollution and the respiratory system. **J Bras Pneumol.** 2012;38(5):643-655.

ASSUNÇÃO CG, SEABRA JDR, FIGUEIREDO RM de. Percepção do paciente com tuberculose sobre a internação em hospital especializado. *Cienc Enferm.* 2009;15(2): 69-77.

BALCELLS M, CERDA J, CONCHA S, HOYOS-BACHIOGLU R, CAMARGO C, MARTINEAU A, & BORZUTZKY A. Regional solar radiation is inversely correlated with incidence and severity of tuberculosis in Chile. **Epidemiology and Infection**, 2017, 145(9), 1815-1823. doi:10.1017/S0950268817000607.

BARATA, R. C. B. O desafio das doenças emergentes e a revalorização da epidemiologia descritiva. **Rev. Saúde Pública**, v.31, n.5, p.531-537, out.2005.

BARCELLOS, CHRISTOVAM et al. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 285-304, set. 2009. Disponível em <[http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1679-49742009000300011&lng=pt&nrm=iso](http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742009000300011&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 15 jun. 2016. <http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742009000300011>.

BARNES P. F., BLOCH A. B., DAVIDSON P. T. et al. Tuberculosis in patients with human immunodeficiency virus infection. **N Engl J Med.** 1999; 324 (23): 1644-50.

BARROS, J. R. **Tipos de tempo e incidência de doenças respiratórias: um estudo geográfico aplicado ao Distrito Federal.** 2006. v, 121 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro, 2006. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/100078>>.

BELTRÃO, K. I., CAMARANO, A. A., KANSO, S. **Dinâmica populacional brasileira na virada do século XX**. Rio de Janeiro: IPEA, ago. 2004 (Texto para Discussão, 1.034).

BRAGA, A.L.F.; PEREIRA, L.A.A.; SALDIVA, P.H.N. (2002). Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana. In: **COM CIÊNCIA**. Cidades. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/cidades/cid11.htm>>. Acesso em 15 de Fevereiro de 2016.

BRASIL, Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em saúde, **Boletim epidemiológico**. v. 47, Nº 13, 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Poluentes atmosféricos**. Brasília, 2016

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BR). **Estações climáticas**. EMBRAPA; 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BR). **Instituto Nacional de Meteorologia**. INMET;2015.

BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. **Análise Climática do Distrito Federal**, DF, 2015.

BRASIL, Ministério da Saúde Boletim Epidemiológico Secretaria de Vigilância em Saúde – **O controle da tuberculose no Brasil: avanços, inovações e desafios**. Volume 44 Nº 02 – 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Epidemiologia: Tuberculose e AIDS**. Brasília, 2013.

BRASIL, Ministério da Saúde. Programa Nacional de DST e AIDS. **Epidemiologia: DST**. Brasília, 2012.

BRASIL. Vigilância Epidemiológica, Núcleo das Crônicas/EVDT/CGVS/SMS/POA. **Análise Epidemiológica da Tuberculose em Porto Alegre no período de 2001 a 2011, com destaque à situação epidemiológica de 2011.** Porto Alegre, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: cenários e incertezas para o Brasil** / BRASIL. Ministério da Saúde; Organização Pan-Americana da Saúde. – Brasília: Organização Pan- Americana da Saúde, 2008.

BRASIL. **Fundação Nacional de Saúde.** Manual de saneamento. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Centro de Referência Prof. Hélio Fraga. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. **Controle da tuberculose: uma proposta de integração ensino-serviço.** 5. ed. – Rio de Janeiro : FUNASA/CRPHF/SBPT, 2002. 236p.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 003**, de 28 de junho de 1990. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 22 Ago 1990. Seção 1, p. 15937-39.a

BRITO F. **A transição demográfica no Brasil: as possibilidades e o desafio para a economia e a sociedade.** Belo Horizonte: CEDEPLAR/UFMG; 2007.

BRUDEY K, DRISCOLL JR, RIGOUTS L, et al. Mycobacterium tuberculosis complex genetic diversity: mining the fourth international spoligotyping database (SpolDB4) for classification, population genetics and epidemiology. **BMC Microbiology.** 2006;6:23. doi:10.1186/1471-2180-6-23.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L. Conceptual basis for the application of biomonitoring on stream water quality programs. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php>.

BUSSAB WO, MORETTIN PA. **Estatística Básica.** 8ª ed., São Paulo: Saraiva; 2013.

CAIAFFA WT, FERREIRA FR, FERREIRA AD, OLIVEIRA CDL, CAMARGOS VP, PROIETTI FA. Saúde urbana: “a cidade é uma estranha senhora, que hoje sorri e amanhã te devora”. **Cien Saude Col.** 2008;13(6):1785-96.

CALAINHO, D. B. Jesuítas e medicina no Brasil colonial. **Tempo** [online]. 2005, vol.10, n.19, pp.61-75. ISSN 1413-7704. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-77042005000200005>

CAMARANO, A. A. (Organizadora) **Novo regime demográfico: uma nova relação entre população e desenvolvimento?** – Rio de Janeiro: Ipea, 2014.

CAMINERO J. A. Multidrug-resistant tuberculosis: epidemiology, risk factors and case finding. **Int J Tuberculosis Lung Diseases.** 2010 Apr, 14(4): 382-90.

CAMPOLINA, AG. ADAMI, F. SANTOS, JLF. LEBRÃO, ML. A transição de saúde e as mudanças na expectativa de vida saudável da população idosa: possíveis impactos da prevenção de doenças crônicas. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 29(6):1217-29, 2013.

CANAL H., VERDUM R, « Mapeamento ambiental integrado: município de Porto Alegre, RS », **Confins** [Online], 19 | 2013, posto online no dia 16 Novembro 2013, consultado o 13 Abril 2016. URL : <http://confins.revues.org/8583> ; DOI : 10.4000/confins.8583.

CAO K, YANG K, WANG C, et al. Spatial-Temporal Epidemiology of Tuberculosis in Mainland China: An Analysis Based on Bayesian Theory. Congdon P, ed. **International Journal of Environmental Research and Public Health.** 2016;13(5):469. doi:10.3390/ijerph13050469.

CARDOSO BA, FONSECA F DE O, DE MORAES AHA, et al. Environmental aspects related to tuberculosis and intestinal parasites in a low-income community of the Brazilian Amazon. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo.** 2017;59:e57. doi:10.1590/S1678-9946201759057.

CARTER, G., JOHN, R. E COLE, JR. **Diagnostic Procedures in Veterinary Bacteriology.** 5ª ed Press, England, p. 11-39/293, 1994.

CARDOSO, M. R. D. et al. Classificação Climática de Koppen-Geiger para o Estado de Goiás e Distrito Federal. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.8, n.16, jan./mar. de 2014. pp.40-55.

CASTRO, A. **Clima urbano e saúde**: as patologias do aparelho respiratório associadas aos tipos de tempo no inverno, em Rio Claro-SP. 2000. 202 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro.

CASTRO, B. A. & ARAÚJO, M. A. D. Gestão dos resíduos sólidos sob a ótica da agenda 21: um estudo de caso em uma cidade nordestina. **Revista de Administração Pública**, 38:561-87, 2004.

CAVALCANTI, Lana de Souza. (Org.). **Geografia da cidade**: a produção do espaço urbano em Goiânia. Goiânia: Editora Alternativa, 2001.

CHEN, H.; COHEN, P.; CHEN, S. Biased odds ratios from dichotomization of age. **Statistics in Medicine**, Aug 15; v.26, n.18, p. 3487-3497, 2007.

CHOA Y, Françoise. **O urbanismo, utopias e realidades** - Uma antologia. São Paulo: Editora Perspectiva, 1997.

COETZER, J.A.W, THOMSON, G.R., TUSTIN, R.C. Infectious Diseases of Livestock- With special Reference to Southern Africa. **Oxford University Press**, v.II, p.1419-1424, 1994.

COHN A, organizador. Questionando conceitos: o público e o privado na saúde no século 21. In: Cohn S, Rodrigues N, Amarante P. Gestão pública e relação público privado na saúde. Rio de Janeiro: Cebes; 2010. p. 324.

CONDE M B, MELO F A F DE, MARQUES A M C, CARDOSO N C, PINHEIRO V G F, DALCIN P T R et al. III Guidelines for Tuberculosis of the Brazilian Society of Pulmonology and Tisiology. *J. bras. pneumol.* [Internet]. 2009 Oct [cited 2018 Apr 07]; 35( 10 ): 1018-1048. Available from:

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S180637132009001000011&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S180637132009001000011&lng=en).  
n. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132009001000011>.

CONFALONIERI, U. E. C. Mudança climática global e saúde humana no Brasil. **Parcerias Estratégicas**, v.27, p.323-49, 2008.

CORDANI; MARCOVITCH, J.; SALATI, E. Avaliação das ações brasileiras em direção ao desenvolvimento sustentável após a Rio-92. In: CORDANI, U. G.; MARCOVITCH, J.; SALATI, E. (Orgs.). **Rio 92 cinco anos depois: Avaliação das ações brasileiras em direção ao desenvolvimento sustentável após a Rio-92 [Participação Brasileira na Rio + 5]**. São Paulo: Academia Brasileira de Ciências / CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico / Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável / Instituto de Estudos Avançados – USP / Editora Alphagraphics, 1997.

CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**. 4ª edição, 2ª reimpressão. São Paulo: Editora Ática, 2000.

CORTEZ L. Linking TB and the Environment: An Overlooked Mitigation Strategy. **Environmental Health Perspectives** v. 116, n.11, Nov. 2008.

COSIVI, O., GRANGE, J.M., DABORN, C. J., et al. Zoonotic Tuberculosis due to *Mycobacterium bovis* in Developing Countries. **Emerg. Infectious Diseases**, 4(1): 59-70, 1998.

COSTA, A.C.F. **Tuberculose bovina: diagnóstico anatomo-histopatológico, bacteriológico e molecular em animais abatidos na região metropolitana de Salvador, Bahia**. 2008, 46f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Bahia. Salvador. Bahia.

COSTA, Maria Clélia L. A cidade e o pensamento médico: uma leitura do espaço urbano. **MERCATOR: Revista de Geografia da UFC**, Fortaleza: UFC, ano 1, n. 2, Jan./jul. 2002

COUSINS, D.V., WILLIAMS, S.N. E DAWSON, D.J. Tuberculosis due to *M.bovis* in Australian population: DNA typing of isolates. **Int. J. Tuberculosis Lung Diseases**, v.3, p.722-731. 2001.

COX H1, ESCOMBE R, MCDERMID C, MTSHEMLA Y, SPELMAN T, AZEVEDO V, LONDON L. Wind-driven roof turbines: a novel way to improve ventilation for TB infection control in health facilities. **PLoS One**. 2012;7(1):e29589. doi: 10.1371/journal.pone.0029589. Epub 2012 Jan 9.

CUMSILLE, F.; BANGDIWALA, S. J.; SEN, P. K.; KUPPER, L. L. Effect of dichotomizing a continuous variable on the model structure in multiple linear regression models. *Communications in Statistics, Theory and Methods*. v. 29 n.3, p.643-654, 2000.

CUNHA, B. P.; AUGUSTIN, S. **Sustentabilidade ambiental** [recurso eletrônico]: estudos jurídicos e sociais / org. Belinda Pereira da Cunha, Sérgio Augustin.- Dados Eletrônicos-Caxias do Sul, RS: Educus, 2014.

DANSA, C. & MOURÃO, L. **A Educação/ Gestão Ambiental Urbana**. Mimeo. Brasília, 1998.

DESCHENES, O.; MICHAEL G. 2011. "Climate Change, Mortality, and Adaptation: Evidence from Annual Fluctuations in Weather in the US." **American Economic Journal: Applied Economics**, 3(4):152-85.

DISTRITO FEDERAL. Instituto Brasília Ambiental –IBRAM. **Qualidade do ar. Relatórios anuais de monitoramento**. IBRAM; 2012.

DISTRITO FEDERAL. Companhia de Planejamento do Distrito Federal - CODEPLAN, PDAD - Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios 2015.

DOUGLAS, D; ROBERT S. "End-tidal partial pressure of carbon dioxide and acute mountain sickness in the first 24 hours upon ascent to cusco, Peru (3326 meters)". **Wilderness and Environment Medicine**. 2010. 21 (2): 109–113. doi:10.1016/j.wem.2010.01.003

DROTMAN, D. Peter; et al. About International Conference on Emerging Infectious Diseases. **Emerging Infectious Diseases**. v.7, n.3, Supplement, June. 2001.



DRUCKER et al. Childhood tuberculosis in the Bronx, New York. **Lancet**. 1994;343(8911): 1482-5.

DUFFIELD, B. J., & YOUNG, D. A. (1985). Survival of Mycobacterium bovis in defined environmental conditions. **Veterinary Microbiology**, 10(2), 193-197.

EPA (Environmental Protection Agency). Clean Air Act. Disponível em <http://www.epa.gov/air/caa/>. Acesso em março, 2016.

ESCOMBE AR, OESER CC, GILMAN RH, et al. Natural Ventilation for the Prevention of Airborne Contagion. Wilson P, ed. **PLoS Medicine**. 2007;4(2):e68. doi:10.1371/journal.pmed.0040068.

EZZATI, M., LOPEZ, A. D., ROGERS, A. & MURRAY, C. J. L. Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors. **Lancet**. 2010.

FARGA, V., CAMINERO, J. A. **Tuberculosis**. Buenos Aires: Mediterraneo. 2011.

FRANÇA, G. B. & MAIA, L. F. P. G. 2003. Caracterização das descargas atmosféricas na área de concessão da Light no Estado do Rio de Janeiro. **Anais do II CITENEL**, 1131-1138.

FERREIRA, P. **Alguns dados sobre o clima para edificação em Brasília**. 1965. 150 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília - UNB, Brasília, 1965.

FICK, S E; HIJMANS R J. Worldclim 2: new 1-Km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **Int. J. Climatology**, 2017. Doi: 10.1002/joc.5086.

FISHMAN, ALFRED P., JACK A. ELIAS, JAY A. FISHMAN, et al. 2008. Fishman's Pulmonary Diseases and Disorders, vol.2. 4th edition. The **McGraw-Hill Companies**.

FOX GJ, BARRY SE, BRITTON WJ, MARKS GB. Contact investigation for tuberculosis: a systematic review and meta-analysis. **Eur Respir J**. 2012;41:140–56.

FREITAS, E. D. Aspectos naturais do Estado do Rio de Janeiro; **Brasil Escola**. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/brasil/aspectos-naturais-estado-rio-janeiro.htm>>. Acesso em 13 de abril de 2016.

GONÇALVES, R. **Globalização e desnacionalização**. São Paulo: Paz e Terra, 1999.

GOODYEAR R, FABIAN A. HOUSEHOLD. **Aglomerando na Nova Zelândia em comparação com países selecionados Wellington**: Estatísticas Nova Zelândia; 2012. pp. 1-19.

GRECO, D. B. Ética, saúde e pobreza: as doenças emergentes no século XXI. **Bioética**, v.7, n.2, p. 189-198, 2001.

HAINES, A. **Implicações para a saúde**. In: LEGGET, J. (Ed.). Aquecimento global – o relatório do Greenpeace. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1992. p. 135-148.

HARGREAVES JR, BOCCIA D, EVANS CA, ADATO M, PETTICREW M, PORTER JD. Os determinantes sociais da tuberculose: da evidência à ação **Am J Public Health** 2011; 101: 654-62.

HASSARANGSEE S, TRIPATHI NK, SOURIS M. Sapatial Pattern detection of tuberculosis: a case studyof Si Sa Ket Province, Thailand. **Int J Environ Res Public Health**, 2015 Dec 17;12(12):16005-18. Doi:10.3390/ijerph121215040.

HIRAI, Y. (1991). Survival of bacteria under dry conditions; From a viewpoint of nosocomial infection. **Journal of Hospital Infection**, 19(3), 191-200.

HERITER, S.; RONCHETTI, E. Robust binary regression with continuous outcomes.**The Canadian Journal of Statistics**. v. 32, n. 3, p.239-249, 2004.

HIRSH, D.C. E ZEE, Y.C. *Veterinary Mycobiology*. **Blackwell Science**. Callifornia, USA. 250: 285, 1999.

HWANG SS, KANG S, LEE JY, et al. The impact of outdoor air pollution on the incidence of tuberculosis in Seoul metropolitan area, South Korea. **Korean J Intern Med**. 2014;29:183–190.

IGNOTTI, E., HACON, S. S., SILVA, A. M. C., JUNGER, W. L. & CASTRO, H. Efeitos das queimadas na Amazônia: métodos de seleção dos municípios segundo indicadores de saúde. **Rev Bras Epidemiol**, 4: 453-64, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010>>. Acesso em 20 abr. 2015.

JEEVAN A, SHARMA AK, MCMURRAY DN. Ultraviolet radiation reduces resistance to Mycobacterium tuberculosis infection. *Tuberculosis (Edinb)*. 2009;89:431–8. KIM, Jusang. Is ambient air pollution another risk factor of tuberculosis? **Korean J Intern Med**. 2014 Mar; 29(2): 170–172. Published online 2014 Feb 27.

KOENIGSBERGER, O H., INGERSOLL, T.G., MAYHEW, A e SZOKOLAY, S.V., **Manual of Tropical Housing**. 4a edição Nova York, 1980.

KOH GCKW, HAWTHORNE G, TURNER AM, KUNST H, DEDICOAT M. Tuberculosis Incidence Correlates with Sunshine: An Ecological 28-Year Time Series Study. Pai M, ed. **PLoS ONE**. 2013;8(3):e57752. doi:10.1371/journal.pone.0057752.

KOIVULA, T. Clinically Important Mycobacteria In Guinea-Bissau, West Africaphenotypic and genetic diversity. **Swedish Institute For Infectious Disease Control**. Stockholm, 2004.

KOOPPEN, W. **Climatologia**: con um estudio de los climas de la tierra. Mexico: Fondo de cultura economica, 1948. 478p.

KORC, M., ELLIES, F.F., CERDA. R. **El proceso de fijación y revisión de normas de calidad del aire**. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del

Ambiente, División de Salud y Ambiente, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, 2000.

KRAMER, A., SCHWEBKE, I., & KAMPF, G. (2006). How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review. **BMC Infectious Diseases**, 2006.

KUAN-YUAN CHEN, KAI-JEN CHUANG, HUI-CHIAO LIU, et al. Particulate matter is associated with sputum culture conversion in patients with culture-positive tuberculosis. **Ther Clin Risk Manag.** 2016; 12: 41–46. Published online 2016 Jan 6. doi: 10.2147/TCRM.S92927

LAI TC, CHIANG CY, WU CF, et al . Ambient air pollution and risk of tuberculosis: a cohort study. **Occup Environ Med.** 2016 Jan;73(1):56-61. doi: 10.1136/oemed-2015-102995. Epub 2015 Oct 29.

LATHA, K. M. & HIGHWOOD, E. J. Studies on particulate matter (PM10) and its precursors over urban environment. **JQSRT**, 101:367-379, 2006.

LAUZARDO, M. E RUBIN, J. (1996). Desinfecção por micobactérias. Em SS Block (Ed.), **Desinfecção, esterilização, e Preservação** (5ª ed., Pp. 513-528). Philadelphia PA: Lipincott Williams e Wilkins.

LEAL, G. C. S. G., FARIAS, M. S. S., ARAUJO, A. F. O processo de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano. **QUALIT@S Revista Eletrônica**. ISSN 1677-4280 V7.n.1. Ano 2008.

LEAVELL, H.; CLARK, E.G. **Medicina Preventiva**. São Paulo: McGraw-Hill, 1976.

LEUNG CC, YEW WW, CHAN TY, et al. Seasonal pattern of tuberculosis in Hong Kong. **Int J Epidemiol.** 2005;34:924–30.

LI X-X, WANG L-X, ZHANG H, et al. Seasonal variations in notification of active tuberculosis cases in China, 2005 –2012. **PLOS One** 2013; 8:e68102.

LÖNNROTH K, JARAMILLO E, WILLIAMS BG, DYE C, RAVIGLIONE M. Drivers de epidemias de tuberculose: o papel dos fatores de risco e determinantes sociais. **Soc Sci Med** 2009; 68:.. 2240-6.

LOUDON RG, BUMGARNER LR, LACY J, COFFMAN GK. Aerial transmission of mycobacteria. **Am Rev Respir Dis.** 1969 Aug;100(2):165-71.

LUNA, E. J. A. A emergência das doenças emergentes e as doenças infecciosas emergentes e reemergentes no Brasil. **Rev . Bras. Epidemiol.**, v. 5, n. 3, 2002.

LUQUERO FJ1, SANCHEZ-PADILLA E, SIMON-SORIA F, EIROS JM, GOLUB JE. Trend and seasonality of tuberculosis in Spain, 1996-2004. **Int J Tuberc Lung Dis.** 2008 Feb;12(2):221-4.

MABAERA B, NARANBAT N, KATAMBA A, LATICEVSCHI D, LAURITSEN JM, et al. Seasonal variation among tuberculosis suspects in four countries. **International Health** 1: 53–60. doi: 10.1016/j.inhe.2009.06.006.

MANSOER JR, KIBUGA DK, BORGDORFF MW. Altitude: a determinant for tuberculosis in Kenya. *Int J tuber Dis* 1999; 3:156-61.

MANSUR, Maria de Fátima Filardi Oliveira et al. Avaliação do teste de nitrato redutase para a detecção rápida de resistência aos medicamentos de primeira linha em cepas de *Mycobacterium tuberculosis* isoladas de pacientes em um hospital geral. **J. bras. pneumol.** [online]. 2012, vol.38, n.2, pp.210-213. ISSN 1806-3713. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132012000200010>

MARTINEAU AR, NHAMOYEBONDE S, ONI T, et al. Reciprocal seasonal variation in vitamin D status and tuberculosis notifications in Cape Town, South Africa. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.** 2011;108(47):19013-19017. doi:10.1073/pnas.1111825108.

MACLACHLAN JH, LAVENDER CJ, COWIE BC. Effect of latitude on seasonality of tuberculosis, Australia, 2002-2011. **Emerg Infect Dis.** 2012 Nov;18(11):1879-81. In: PubMed; PMID 23092594.

MENDES E. V. As redes de Atenção à Saúde. **Revista Médica de Minas Gerais**, v.18, n.4, supl.4, dez. 2008.

MERRICK, T. W.; GRAHAM, D. H. **População e desenvolvimento econômico no Brasil:** de 1800 até a atualidade. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1981.

MISHRA V K, RETHERFORD R D, SMITH K R. Biomass cooking fuels and prevalence of tuberculosis in India. *Int J Infect Dis* 1999; 3: 119–129.

MIRANDA, José Iguelmar. **EMBRAPA Informação Tecnológica.** Fundamentos de sistemas de informações geográficas. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2005.- 425p.

MINAYO, Maria Cecília de Souza (org) **Saúde e ambiente sustentável:** estreitando nós. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2002.

MISAU-DNS. Relatório Sobre a Revisão dos Dados de Vigilância Epidemiológica HIV-Ronda 2004. **Programa Nacional de Controle das DTS/SIDA.** p 23, 2005.

MORI T. Recent trends in tuberculosis, Japan. **Emerg Infect Dis.** 2000;6:566–8.

MORSE S. About the International Conference on Emerging Infectious Diseases. **Emerging Infectious Diseases.** V.4, p.353, 1998.

MOSCOVICI, Serge. **A representação social da psicanálise.** Trad.: Álvaro Cabral. Rio de Janeiro: Zahar Editores. 1978.

NASA (National Aeronautics and Space Administration). Estados Unidos, 2002. Disponível em: <<http://www.asterweb.jpl.nasa.gov>>. Acesso em: 4 de maio de 2016.

NARANBAT N, NYMADAWA P, SCHOPFER K, RIEDER HL. Seasonality of tuberculosis in an Eastern-Asian country with an extreme continental climate. **Eur Respir J** 2009, 34: 921–925. doi: 10.1183/09031936.00035309.

NARULA P, SIHOTA P, AZAD S, LIO P. Analyzing seasonality of tuberculosis across Indian states and union territories. **J Epidemiol Glob Health.** 2015 Dec;5(4):337-46. doi: 10.1016/j.jegh.2015.02.004. Epub 2015 Mar 18.

NEVES, M.; RAMOS, F.; CAMARGO, E.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. **Análise Exploratória Espacial de Dados Sócio-Econômicos de São Paulo**. In: GIS Brasil2000, Salvador, 2000.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422P. 2ED.

NNOAHAM KE, CLARKE A. Low serum vitamin D levels and tuberculosis: a systematic review and meta-analysis. **Int J Epidemiol.** 2008 Feb;37(1):113-9. doi: 10.1093/ije/dym247.

OBERMAIER, M.; ROSA, L. P. Mudança climática e adaptação no Brasil: uma análise crítica. **Estud. av.**, São Paulo, v.27, n. 78, p. 155-176, 2013. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142013000200011&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142013000200011&lng=en&nrm=iso)>. Access

ODONE A, Crampin AC, Mwinuka V, Malema S, Mwaungulu JN, Munthali L, et al. (2013) Association between socioeconomic position and tuberculosis in a large population-based study in rural Malawi. **Plos One** 8: e77740 doi: [10.1371/journal.pone.0077740](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077740)

OLIVEIRA, Denize Cristina; SIQUEIRA, Arnaldo Augusto Franco de; ALVERENGA Augusta Thereza de. Práticas sociais em saúde: uma releitura à luz da teoria das representações sociais. In: Moreira, A S. P. & Oliveira, D. C. (Orgs.) **Estudos Interdisciplinares em Representações Sociais**. 2ª ed. Goiânia: AB Editora, p. 163 – 203. 2000.

OLIVEIRA, V. & FERREIRA, A. P. Use of indicator as the basis to evaluate the exposure to PM10 air pollution and its significance in public health: case study - Rio de Janeiro, Brazil. **Rev Biomed**,18:117-24, 2007a.

OLIVEIRA V. & FERREIRA AP. Poluição do ar e saúde ambiental na cidade do Rio de Janeiro: contribuição para a definição de estratégias de monitoramento. **Revista Eletrônica do Prodema**, 1:7-22, 2007b.

OLIVEIRA V. & FERREIRA AP. Brazilian environmental legislation: adverse health impacts by air pollution – a review. **Revista Saúde e Ambiente**, 1: 57-65, 2008.

OMPAD DC, GALEA S, CAIAFFA WT, VLAHOV D. Social Determinants of the Health of Urban populations: Methodologic Considerations. **J Urban Health**. 2007 May;84(3 Suppl):i42-53.

ONOUZUKA D, HAGIHARA A. The association of extreme temperatures and the incidence of tuberculosis in Japan. **Int J Biometeorol**. 2015 Aug;59(8):1107-14. doi: 10.1007/s00484-014-0924-3. Epub 2014 Oct 29.

OMS. Organização Mundial da Saúde; Indicadores de superlotação; pp. 58-59. <http://apps.who.int/ceh/indicators/overcrowding.pdf> . Acessado em 18 de janeiro de 2016.

PADUA, J. A. (Org.) **Ecologia e Política no Brasil, Espaço e Tempo**. Rio de Janeiro: Iuperj, 1987.

PARRINELLO CM, CROSSA A, HARRIS TG. Seasonality of tuberculosis in New York City, 1990-2007. **Int J Tuberc Lung Dis**. 2012 Jan;16(1):32-7. doi: 10.5588/ijtld.11.0145.

PEDROSO E. R. P; ROCHA M. O. C. Infecções emergentes e reemergentes. **Rev Med Minas Gerais** 2009; 19(2): 140-150140.

PEREIRA R. A; SOUZA R. A.; VALE J. S. O Processo de transição epidemiológica no Brasil: uma revisão de literatura. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente** 6(1): 99-108, jan-jun, 2015

PERNANBUCO. Governo de Pernambuco. SEPLAG - Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão de Pernambuco, 2015.

PEREZ-PADILLA R, PEREZ-GUZMAN C, BAEZ-SALDANA R, TORRES CRUZ A. Cooking with biomass stoves and tuberculosis: a case control study. **Int J Tuberc Lung Dis** 2001; 5: 441–447.



PÉREZ-PADILLA, FRANCO-MARINA. The impact of altitude on mortality from tuberculosis and pneumonia. *INT J TUBERC LUNG DIS* 2004; 8(11):1315–1320.

PFYFFER, GE (2007) *Mycobacterium*:. Características Gerais, Detecção de Laboratório, manchas e Procedimentos. No PR Murray (Ed.), **Manual of Clinical Microbiology** (9a Ed., Pp. 543-572). Washington DC: ASM Press.

PFLUG, IJ, HOLCOMB, RG, E GOMEZ, MM. Princípios da destruição térmica de microrganismos. Em SS Block (Ed.), **Desinfecção, esterilização, e Preservação** (5ª ed., Pp. 79-129). Philadelphia, PA: Lipincott Williams e Wilkins, 2001.

PHILLIPS, C. J., FOSTER, C. R., MORRIS, P. A., & TEVERSON, R. The transmission of *Mycobacterium bovis* infection to cattle. **Research in Veterinary Science**, 74(1), 1-15, 2003.

PORTO ALEGRE. SMP - Secretaria de Planejamento Municipal – Porto Alegre, 2015.

RAO H-X, ZHANG X, ZHAO L, et al. Spatial transmission and meteorological determinants of tuberculosis incidence in Qinghai Province, China: a spatial clustering panel analysis. *Infectious Diseases of Poverty*. 2016;5:45. doi:10.1186/s40249-016-0139-4.

RAVIGLIONE, M. C. Uplekar M W. Who's new stop TB strategy. **Lancet**, n.367, p.952-955, Geneva, 2011.

RIBEIRO FK, PAN W, BERTOLDE A, VINHAS SA, PERES RL, RILEY L, et al. Genotypic and spatial analysis of *Mycobacterium tuberculosis* transmission in a high-incidence urban setting. **Clin Infect Dis**. 2015 Sep; 61(5):758-66.

RICKARDS, B. R., SLACK, F. H., & ARMS, B. L. Longevity of *B. Tuberculosis* in Sputum. **American Journal of Public Hygiene**, 19(3), 586-594, 1909.

RIO DE JANEIRO. Governo do Rio de Janeiro. Centro de Estatísticas, Estudos e Pesquisas – CEEP. SEPLAG RJ ([www.cide.rj.gov.br](http://www.cide.rj.gov.br)) (acessado em 04.03.2016).

RIANI COSTA, J. L. **Algumas reflexões sobre cidade saudável**. Saúde e Sociedade: 6 (2): p. 65-70, 1997. Disponível em:< www.scielo.br>. Acessado em: 04 de set. de 2015.

ROSELA D, AQUINO A, SANTOS CAT, PAES-SOUSA R, BARRETO ML. Effect of a conditional cash transfer programme on childhood mortality: a nationwide analysis of Brazilian municipalities. **Lancet**. 2013;382(9886):57-64.

ROUILLON A. et al. La transmisión del bacilo tuberculoso: el efecto de la quimioterapia. In: **Metodos de control de la tuberculosis**. Washington D. C.: Organización Panamericana de La Salud, 1977.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2000.

SCHAAF HS, NEL ED, BEYERS N, et al. A decade of experience with Mycobacterium tuberculosis culture from children: a seasonal influence on incidence of childhood tuberculosis. **Tuber Lung Dis** 1996;77:43–6.

SCHRAMM, JMA, OLIVEIRA AF, LEITE IC, VALENTE JG, GADELHA AMJ, PORTELA MC, et al. Transição epidemiológica e o estudo de carga de doença no Brasil. **Ciênc Saúde Coletiva** 2004; 9:897-9082004

SAN PEDRO A, OLIVEIRA RM. Tuberculosis and socioeconomic indicators: a systematic review of the literature. **Rev Panam Salud Publica**. 013;33(4):294–301.

SARTORI, M. da G. B. **Clima e percepção**. 2000. 488 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo. São Paulo.

SARTORI, M. da G. B.; FARINHA, M. T. Doenças do aparelho respiratório e tipos de tempo na região de Santa Maria, RS. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA**, 4, 2000, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000.

SEGALA, C.; FAUROUX, B.; JUST, J.; PASCUAL, L.; GRIMFELD, A. & NEUKIRCH, F. Short-term of winter air pollution on respiratory health asthmatic children in Paris. **Eur Respir J**, 11:677-85, 1998.

SERPA JA, TEETER LD, MUSSER JM, GRAVISS EA. Tuberculosis Disparity between US-born Blacks and Whites, Houston, Texas, USA. *Emerging Infectious Diseases*. 2009;15(6):899-904. doi:10.3201/eid1506.081617.

SEUNG-SIK HWANG, SUNGCHAN KANG, JI-YOUNG LEE, et al. Impact of outdoor air pollution on the incidence of tuberculosis in the Seoul metropolitan area, South Korea **Korean J Intern Med**. 2014 Mar; 29(2): 183–190. Published online 2014 Feb 27.

SILVA DF, PEREIRA MJF. Restructuring of the care model of the Tuberculosis Control Program of the city of Itaboraí, Rio de Janeiro. **J Bras Pneumol**. 2008;34 supl:1-70.

SHILOVA MV, GLUMNAIA TV. Influence of seasonal and environmental factors on the incidence of tuberculosis. **Probl Tuberk Bolezn Legk**. 2004 ;( 2):17-22.

SILVERMAN, B. **Density estimation for statistics and data analysis**. Monographs on Statistics and Applied Probability. Bekerley, 1986.

SITA- LUMSDEN A, LAPTHORN G, SWAMINATHAN R, MILBURN HJ. Reactivation of tuberculosis and vitamin D deficiency: the contribution of diet and exposure to sunlight. *Thorax*. 2007;62(11):1003-1007.

SMITH GS, SCHOENBACH VJ, RICHARDSON DB, GAMMON MD. Particulate air pollution and susceptibility to the development of pulmonary tuberculosis disease in North Carolina: an ecological study. **Int J Environ Health Res**. 2014;24:103–112.

SOBRAL, H. R.W. **Poluição do ar e doenças respiratórias em crianças da Grande São Paulo**: um estudo de Geografia Médica. 1988. 169 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo. São Paulo.

SOUZA MSPL, AQUINO R, PEREIRA SM, et al. Fatores associados ao acesso geográfico ao serviço de saúde por pessoas com tuberculose em três capitais do Nordeste brasileiro. *Cad Saude Publica*. 2015;31:111–20.

STRUM, M.; COOK, R.; THURMAN, J.; ENSLEY, D.; POPE, A.; PALMA, T. et al. Projection of hazardous air pollutant emissions to future years. **Science of The Total Environment**, 366:590-601, 2006.

SZKLO M, Javier Nieto F. Basic study designs in analytical epidemiology. In: Szklo M, Javier Nieto F. **Epidemiology: beyond the basics**. Gaithersburg: Aspen Publishers Inc; 2000. p.3-51.

TANRIKULU A.C., ACEMOGLU H., PALANCI Y., EREN DAGLI C. Tuberculosis in Turkey: high altitude and other socio-economic risk factors (2008) **Public Health**, 122 (6) , pp. 613-619.

THORPE LE, FRIEDEN TR, LASERSON KF, WELLS C, KHATRI GR. Seasonality of tuberculosis in India: is it real and what does it tell us? **Lancet**. 2004 Oct 30-Nov 5;364(9445):1613-4.

TSAI, Y. I. & CHEN, C. L. Characterization of Asian dust storm and non-Asian dust storm PM<sub>2.5</sub> aerosol in southern Taiwan. **Atmospheric Environment**, 40: 4734-50, 2006.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAM. Integrating environment and development: 1972 - 2002. In: **Global Environmental Outlook 3 - Past, present and future Perspectives**. London: Earthscan Publications; 2002.

UEKI, Suely Yoko Mizuka et al. Biological Safety Cabinet Monitoring: Strain Handling and Decontamination in a Mycobacterial Laboratory. **J. Bras. Patol. Med. Lab.**, Rio de Janeiro, v. 44, n. 4, p. 263-269, Aug. 2008.

VARGAS M. H., FURUYA M. E. Y., PÉREZ-GUZMÁN C. INT J TUBERC LUNG DIS 8(11):1321–1324, 2004. Effect of altitude on the frequency of pulmonary tuberculosis.

VASCONCELOS, M. F. O que são campos rupestres e campos de altitude nos topos de montanha do Leste do Brasil? **Rev. Bras. Bot.**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 241-246, 2011.

VERGÈS, P. Représentations solciales de l'économie: uneforme de connaissance. *In*: Jodelet, D. (Ed.). **Les représentations sociales**. Paris: PUF. 1989, p. 387-405.

VIANELLO, Rubens Leite; ALVES, Adil Rainier. **Meteorologia básica e aplicada**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1991.

VIANA PVS, GONÇALVES MJF, BASTA PC. Ethnic and racial inequalities in notified cases of tuberculosis in Brazil. **Plos One**. 2016,11.

XIAO, F.; BRAJER, V. MEAD, R. W. Blowing in the wind: The impact of China's Pearl River Delta on Hong Kong's air quality. **Science of The Total Environment**, 367:96-111, 2006.

WALDMAN, Eliseu Alves; SILVA, Luiz Jacinto da; MONTEIRO, Carlos Augusto. Trajetória das doenças infecciosas: da eliminação da poliomielite à reintrodução da cólera. **Inf. Epidemiol. Sus**, Brasília , v. 8, n. 3, p. 05-47, set. 1999 . Disponível em <[http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-16731999000300002&lng=pt&nrm=iso](http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-16731999000300002&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 15 jun. 2016. <http://dx.doi.org/10.5123/S0104-16731999000300002>.

WESTPHAL, M. F. MENDES, R. Cidade Saudável: uma experiência de Interdisciplinaridade e intersetorialidade. **Revista de Administração Pública**: 34 (6), p. 47-61, nov.-dez. 2000. Rio de Janeiro. Disponível em: <[www.ebape.fgv.br](http://www.ebape.fgv.br)>. Acessado em: 04 de set. de 2015.

WHO - **World Health Organization**. Global tuberculosis report 2013. 2013. Disponível em: <[http://www.unaids.org/documents/20101123\\_GlobalReport\\_em.pdf](http://www.unaids.org/documents/20101123_GlobalReport_em.pdf)>. Acesso em 05 abr. 2014.

WHO. Commission on Social Determinants of Health. Knowledge Network on Urban Settings: our cities, our health, our future: acting on social determinants of health equity in urban settings. Geneva: **World Health Organization**; 2008. [acesso em 16 jun 2015]. Disponível em: [http://www.who.or.jp/publications/2008-2010/KNUS\\_final\\_report.pdf](http://www.who.or.jp/publications/2008-2010/KNUS_final_report.pdf)

WHO - World Health Organization. Global Tuberculosis control. Report 2017. Geneva, 2017.

WILLIS MD, WINSTON CA, HEILIG CM, CAIN KP, WALTER ND, MACKENZIE WR. Seasonality of tuberculosis in the United States, 1993–2008. **Clin Infect Dis.** 2012;54:1553–60.

WILLIAMS, M. Air pollution and policy – 1952-2002. **Science of the Total Environment.** 334-335: 15-20, 2004.

WINGFIELD T, SCHUMACHER SG, SANDHU G, et al. The seasonality of tuberculosis, sunlight, vitamin D, and household crowding. **The Journal of Infectious Diseases.** 2014;210(5):774-783. doi:10.1093/infdis/jiu121.

WOODHOUSE S. **Career focus: communicable disease control.** [serial online] 2014 [cited 2014 May 10];321:S2. In: <http://bmj.com/cgi/content/full/321/7254/S2-7254>).

ZANETI, Izabel Cristina B. B.; MOURÃO, Sá Laís; ALMEIDA Valéria Gentil. **Insustentabilidade e produção de resíduos:** a face oculta do sistema do capital Sociedade e Estado, Brasília, v. 24, n. 1, p. 173-192, jan./abr. 2009.

## **APÊNDICE**

APÊNDICE A – Artigo publicado na revista *The Brazilian Journal of Infectious Diseases* em 23 de maio de 2017.



## The Brazilian Journal of INFECTIOUS DISEASES

www.elsevier.com/locate/bjid



### Original article

## Relationship between climatic factors and air quality with tuberculosis in the Federal District, Brazil, 2003–2012



Fernanda Monteiro de Castro Fernandes<sup>a,\*</sup>, Eder de Souza Martins<sup>b</sup>,  
Daniella Melo Arnaud Sampaio Pedrosa<sup>a</sup>, Maria do Socorro Nantua Evangelista<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidade de Brasília (UNB), Programa de Pós-graduação em Enfermagem, Brasília, DF, Brazil

<sup>b</sup> Universidade de Brasília (UNB), Programa de Pós-graduação em Geografia, Brasília, DF, Brazil

#### ARTICLE INFO

Article history:  
Received 3 July 2016  
Accepted 27 March 2017  
Available online 23 May 2017

Keywords:  
Tuberculosis  
Seasonality  
Air pollution

#### ABSTRACT

**Introduction:** Despite the high rate of tuberculosis indicators in Brazil, the Federal District shows a low prevalence of the disease.

**Objective:** To analyze the relationship between climatic factors and air quality with tuberculosis in the Brazilian Federal District.

**Methodology:** This was an ecological and descriptive study comparing 3927 new cases of Tuberculosis registered at the Federal District Tuberculosis Control Program with data from the National Institute of Meteorology, Brazilian Institute of Geography and Statistics, Brazilian Agricultural Research Institute, Brasília Environmental Institute, and the Federal District Planning Company.

**Results:** From 2003 to 2012, there has been a higher incidence of Tuberculosis (27.0%) in male patients in the winter (27.2%). Patients under 15 years of age (28.6%) and older than 64 years (27.1%) were more affected in the fall. For youth and adults (15–64 years), the highest number of cases was reported during winter (44.3%). The disease was prevalent with ultraviolet radiation over 17 MJ/m<sup>2</sup> (67.8%;  $p < 0.001$ ); relative humidity between 31.0% and 69.0% (95.8% of cases;  $p < 0.001$ ); 12 h of daily sunlight or more (40.6%;  $p = 0.001$ ); and temperatures between 20 °C and 23 °C (72.4%;  $p < 0.001$ ). In the city of Taguatinga and surrounding area, pollution levels dropped to 15.2% between 2003 and 2012. Smoke levels decreased to 31.9%. In the Sobradinho region, particulate matter dropped to 13.1% and smoke to 19.3%, coinciding with the reduction of Tuberculosis incidence rates during the same period.

**Conclusion:** The results should guide surveillance actions for Tuberculosis control and elimination and indicate the need to expand observation time to new climate indicators and air quality.

© 2017 Sociedade Brasileira de Infectologia. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

\* Corresponding author.

E-mail address: fcastrojuju@gmail.com (F.M. Fernandes).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.bjid.2017.03.017>

1413-8670/© 2017 Sociedade Brasileira de Infectologia. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



## Introduction

Although Brazil is among the 22 countries with the highest TB burden (35.4/100,000 inhabitants), the Brazilian Midwest Region (MW) presents a low-tuberculosis burden scenario (24.1/100,000 inhabitants). The Federal District (FD) features 13 cases per 100,000 inhabitants and an annual decrease of 2.2%, indicating a trend toward pre-elimination of the disease.<sup>1</sup>

Social limitations,<sup>2</sup> vitamin D deficiency,<sup>3-6</sup> comorbidities,<sup>7</sup> and limited access to health services<sup>8</sup> are risk factors for developing TB. In addition, ecological studies conducted in countries where the incidence of TB was high relate the magnitude of TB to climatic summer factors – Spain<sup>9,10</sup>; Peru<sup>3</sup>; India<sup>10,11</sup>; Cape Town, South Africa<sup>12</sup>; United Kingdom, Wales and Scotland<sup>4,10,13</sup>; and South Africa, Kuwait, Ireland and Mongolia.<sup>10</sup> In Hong Kong, TB reports were high in sputum-smear or culture positive patients in the summer.<sup>10,14</sup> TB cases increased in spring in New York<sup>15</sup> and in the rainy season in Cameroon.<sup>16</sup> In Japan, the seasonality of TB varied according to clinical form and age, being higher in the spring among AFB+ ganglionar TB young patients (late spring to summer) and in AFB+ elderly in summer.<sup>17</sup> In Cape Town, South Africa, TB affected more children in the spring,<sup>12</sup> whereas in Spain was in the winter.<sup>18</sup> In addition, studies revealed that the less ultraviolet light exposure, the more frequent is TB, as verified in Australia<sup>5,19</sup> because of vitamin D deficiency.<sup>20</sup> In contrast, in Peru the development of TB was higher in the summer due to the rainy period with low sunlight incidence.<sup>3</sup>

Other climatic factors such as temperature,<sup>21</sup> precipitation, and humidity can influence the development of *Mycobacterium tuberculosis*.<sup>22</sup> Air quality is affected by atmospheric pollution, where carbon monoxide induces bacillary reactivation<sup>23</sup> and increases the incidence of tuberculosis.<sup>24</sup> In addition, large seasonal amplitudes of TB often occur in upland regions with temperate mountain climate and low annual average temperature.<sup>21</sup> Therefore, findings described in the literature confirm the relevance of conducting a study to better understand how climate and air quality can influence TB development in the Federal District. The objective of this study was to analyze the relationship between climatic factors and air quality with tuberculosis in the Federal District of Brazil (2003–2012). Through this analysis, we suggest improvements in the accuracy of the monitoring system and in the planning and allocation of resources to activities of the TB control program, taking into consideration the global climate change context.

## Methodology

The study was conducted in the Federal District (FD), the capital city of Brazil, located in the Midwest region. The FD has an area of 5,778,999 km<sup>2</sup> and is divided into 31 administrative regions<sup>25</sup> (AR), with the health sector distributed into 15 Health Districts. The public service is responsible for 79.9% of all health actions<sup>26</sup> and is the only entity to provide TB treatment.

The FD has a population of 2,957,954 inhabitants,<sup>25</sup> 96.6% of whom are living in urban areas.<sup>26</sup> High-altitude tropical

climate prevails in the region, with wet and rainy summers, dry and cold winters, and relative humidity of  $\leq 20.0\%$ . The average annual temperature is 21°C, with an average high of 35.8°C and an average low of 16°C. From 2003 to 2012, solar ultraviolet radiation in the FD showed a variation of 17–20 MJ/m<sup>2</sup>.<sup>27</sup> The region has little cloudiness and an average 75.0% days of sunshine during the year. During the period analyzed in our study, in general air quality in the FD was considered good.<sup>28</sup>

We analyzed 3927 TB cases (pulmonary, extrapulmonary, and pulmonary + extrapulmonary) of patients in the FD registered under the information system of health events (SINAN/TB), part of the Federal District Health Department (DF). We excluded non-residents and cases without address identification (0.4% excluded). Health Centers in the FD are 70.0% public and free-of-charge,<sup>1</sup> and 67.3% of the Centers manage tuberculosis cases.<sup>1</sup>

We analyzed climate variables, air quality indicators, and demographic data from 2003 to 2012. Secondary data was obtained from the National Institute of Meteorology – INMET,<sup>29</sup> Brazilian Agricultural Research Corporation – EMBRAPA,<sup>27</sup> Brasilia Environmental Institute – IBRAN,<sup>28</sup> Brazilian Institute of Geography and Statistics – IBGE,<sup>25</sup> and the Federal District Planning Company – CODEPLAN.<sup>30</sup>

The variables included demographic data (gender, age, educational level, and race/skin color), climate (temperature), solar radiation levels, relative humidity, and TB incidence. Regarding air quality and pollution, four regions in the FD were analyzed: Taguatinga, Sobradinho, the North Wing, and the South Wing. Pollution monitoring sampling points were defined by IBRAN in order to prioritize areas with high traffic and population density.

A case was defined as direct smear and/or culture proven TB medium with histopathology confirmation or clinical and epidemiological findings suggestive of TB.<sup>1</sup> We used the Köppen classification model<sup>31</sup> for climate analysis and the national standards established by the CONAMA Resolution for air quality assessment (No. 3 of 28, 1990).<sup>28</sup>

Statistical analyses were performed using Pearson's chi-square test to check the dependence or independence of the variables<sup>32</sup> with a 5% significance level. The study was approved by the Ethics Committee of the University of Brasilia, Opinion No. 1,098,421.

## Results

The Federal District Health Department reported 4017 new cases of TB to SINAN-TB between 2003 and 2012. Out of the 4017 cases a total of 3927 were selected; 0.4% excluded: 52 had no address information and 38 for being residents of other states.

Among the demographic variables, there was a predominance of males (63.6% of cases). The most frequent age group was 15–64 years (53.7%), the most common level of education was primary school (40.2%), and the predominant race was mulatto (44.0%) (Table 1).

In the 10 years examined, the highest incidence of tuberculosis was in the winter (27.0%), followed by fall (25.0%), spring (24.7%), and summer (23.3%). Male patients showed higher

**Table 1 – Demographic characteristics of new cases of tuberculosis per season from 2003 to 2012. Federal District, Brazil.**

Variables	Seasons								Total	
	Spring		Summer		Fall		Winter		n	%
	n	%	n	%	n	%	n	%		
<b>Sex</b>										
Male	643	25.8	572	22.9	602	24.1	680	27.2	2497	63.6
Female	337	23.6	343	24.0	382	26.7	368	25.7	1430	36.4
<b>Age group</b>										
<15 years	42	26.1	33	20.5	46	28.6	40	24.8	161	4.1
15–34 years	368	26.2	320	22.8	337	24.0	378	26.9	1403	35.7
35–64 years	476	24.6	456	23.5	486	25.1	520	26.8	1938	49.4
65 or older	94	22.1	106	24.9	115	27.1	110	25.9	425	10.8
<b>Race/skin color</b>										
White	354	26.2	261	19.3	345	25.5	390	28.8	1350	34.3
Black	92	20.7	90	20.3	104	23.4	157	35.4	443	11.2
Yellow	13	20.6	9	14.2	24	38.0	17	26.9	63	1.6
Mulatto	398	23.0	362	20.9	470	27.1	499	28.8	1729	44.0
Indigenous	3	17.6	3	17.6	5	29.4	6	35.2	17	0.4
Unknown	–	–	–	–	–	–	–	–	325	8.2
<b>Education</b>										
Illiterate	54	29.0	41	22.0	48	25.8	43	23.1	186	4.7
Elementary	383	24.3	368	23.3	398	25.2	428	27.1	1577	40.2
High School	193	26.3	159	21.7	193	26.3	188	25.6	733	18.7
University	95	27.2	74	21.2	79	22.6	101	28.9	349	8.9
Unknown	–	–	–	–	–	–	–	–	1082	27.6

**Table 2 – Climatic conditions per season during the study period of 2003–2012. Federal District, Brazil.**

Variables	Seasons								Total		p-Value <sup>a</sup>
	Spring		Summer		Fall		Winter		n	%	
	n	%	n	%	n	%	n	%			
<b>Temperature</b>											
<20 °C	66	10.5	58	9.2	177	28.3	324	51.8	625	15.9	<0.001
20–23 °C	661	23.3	780	27.5	792	27.9	600	21.1	2833	72.1	
≥24 °C or more	253	53.9	77	16.4	15	3.1	124	26.4	469	11.9	
<b>Radiation</b>											
<11 MJ/m <sup>2</sup>	102	44.3	66	28.6	49	21.3	13	5.6	230	5.8	<0.001
11–16 MJ/m <sup>2</sup>	265	26.4	254	25.3	302	30.1	182	18.1	1003	25.5	
≥17 MJ/m <sup>2</sup>	613	22.7	595	22.0	633	23.4	853	31.6	2694	68.6	
<b>Humidity</b>											
≤30%	26	55.3	0	0.0	1	2.1	20	42.5	47	1.1	<0.001
31–69%	377	20.2	122	6.5	408	21.8	958	51.3	1865	47.4	
≥70%	577	28.6	793	39.3	575	28.5	70	3.4	2015	51.3	
<b>Pollutants</b>											
<b>Smoke mg/m<sup>3</sup></b>											
North Wing	132.2	20.7	175	27.5	184.4	28.9	144.6	22.7	636.2	25.6	<0.001
South Wing	15.4	24.1	15.3	24.1	7.5	12.0	23.8	38.7	62	2.4	
Taguatinga	188.3	19.2	328.6	33.6	214.3	21.9	244	25.0	975.2	39.2	
Sobradinho	92.6	11.4	75.6	9.3	109	13.4	531.3	65.7	808.5	32.5	
<b>TSP mg/m<sup>3</sup></b>											
North Wing	152.7	21.9	119	17.2	182.1	26.3	237.2	34.2	691	19.2	<0.001
South Wing	68.8	23.8	93.9	32.5	53.2	18.3	73.2	25.2	289.1	8	
Taguatinga	282.1	29.0	256	26.3	175.5	18	257.2	26.4	971	27	
Sobradinho	266.2	16.1	278.5	16.8	555.7	33.7	545.5	33.1	1646	45.7	

TSP, total suspended particulate matter.

<sup>a</sup> p-Value – Pearson's chi-square test with a 5% significance.

**Table 3 – Characteristics of air quality per season during the study period of 2003–2012. Federal District, Brazil.**

Variables	Seasons								Total		p-Value <sup>a</sup>
	Spring		Summer		Fall		Winter		n	%	
	n	%	n	%	n	%	n	%			
<b>Pollutants</b>											
<b>Smoke mg/m<sup>3</sup></b>											
North Wing	132.2	20.7	175	27.5	184.4	28.9	144.6	22.7	636.2	25.6	<0.001
South Wing	15.4	24.1	15.3	24.1	7.5	12.0	23.8	38.7	62	2.4	
Taguatinga	188.3	19.2	328.6	33.6	214.3	21.9	244	25.0	975.2	39.2	
Sobradinho	92.6	11.4	75.6	9.3	109	13.4	531.3	65.7	808.5	32.5	
<b>TSP mg/m<sup>3</sup></b>											
North Wing	152.7	21.9	119	17.2	182.1	26.3	237.2	34.2	691	19.2	<0.001
South Wing	68.8	23.8	93.9	32.5	53.2	18.3	73.2	25.2	289.1	8	
Taguatinga	282.1	29.0	256	26.3	175.5	18	257.2	26.4	971	27	
Sobradinho	266.2	16.1	278.5	16.8	555.7	33.7	545.5	33.1	1646	45.7	
TSP, total suspended particulate matter.											
<sup>a</sup> p-Value – Pearson's chi-square test with a 5% significance.											

incidence in winter (27.2%) and females in the fall (26.7%). There was a higher incidence in infants and children under 15 years in the fall (28.6%). Youth and adults (15–64 years of age) became ill more often in the winter (44.3%) while patients over 64 years in the fall (27.1%) (Table 1).

Considering climate variables in the FD, tuberculosis was more prevalent with ultraviolet radiation conditions (UVR) above 17 MJ/m<sup>2</sup> (67.8%;  $p < 0.001$ ); relative humidity between 31.0% and 69.0% (95.8%;  $p < 0.001$ ); precipitation values less than 1 mm (71.7%;  $p < 0.001$ ); daily sunlight exposure over 12 h (40.6%;  $p = 0.001$ ); and temperature between 20°C and 23°C (72.4%;  $p < 0.001$ ) (Table 2).

In relation to air quality, the two main pollutants were smoke (CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub>) and total suspended particulate matter (TSP). Among the regions covered by the study (Taguatinga, Sobradinho, North Wing, and South Wing), pollution levels were the highest in Taguatinga and Sobradinho regions, both with hazardous levels of health concern – TSP  $\geq 375$  mg/m<sup>3</sup> and smoke  $\geq 250$  mg/m<sup>3</sup>. We identified a greater amount of pollutants in the spring in Taguatinga region (38.5%), and in the winter in Sobradinho (50.0%) (Table 3). During the study period a drop of TSP and smoke rates in Taguatinga (–15.2% and –31.9%, respectively) was observed. Similarly, TSP and smoke levels reduced in Sobradinho (–13.1% and –9.3%, respectively). These decreases in pollution and smoke levels were associated with lower incidence rates (IR) of TB in the same period, with a reduction of 46% in Taguatinga and of 66.5% in Sobradinho. These findings suggest that the decrease of pollutants was associated with the reduction of TB cases in the region.

## Discussion

Regarding the demographic profile, the highest incidence of TB in the FD occurred in young adult male patients, with elementary education, and of mulatto race. Likewise, 67.0% of the Brazilian TB patients were young adult males.<sup>1</sup> In Cameroon, TB was significantly more prevalent in males (12.6%)

compared to females (10.7%).<sup>16</sup> Peru,<sup>3</sup> China,<sup>23</sup> Spain,<sup>18</sup> and the United States<sup>21</sup> showed similar results.

In the present study, the highest incidence of cases in children under 15 years of age in the FD occurred in the fall, a season characterized by mild temperatures and long periods without rain. The result is similar to that reported in the United States, where there was a peak of childhood TB from spring to late fall.<sup>21</sup> The studies suggest a season interval for the transmission of TB from adults to children since, in general, childhood TB peaks in the next season following adult TB peak.<sup>12</sup> Youth and adults (15–64 years of age) develop more TB in the winter (53.7%) and patients over 64 in the fall (27.1%). This is somewhat similar to what happened in China, where the incidence was 15.7% in children under 15 years of age and 34.0% in the age range of 15–64 years, predominantly during the winter and fall.<sup>33</sup> In this study, children under 15 years of age developed less TB, despite their physiological disadvantages, such as decreased cardiac output, accelerated metabolism, developing immune system, and other forms of age-level developmental characteristics.<sup>34</sup> Out of TB patients in China 50.3% were older than 64, where life expectancy is 75.7 years.<sup>33</sup> Similar events were observed in Japan,<sup>4</sup> United Kingdom<sup>14</sup> and the United States,<sup>21</sup> where life expectancies were 83, 81, and 78 years, respectively.

Several authors underscore an association of low education level and TB.<sup>2,35,36</sup> One study in Spain indicated that 53.8% of the patients had not completed primary education.<sup>37</sup> In China,<sup>38</sup> patients with less than six years of schooling had a risk of relapse 3.4 times higher, and a risk of defaulting 4.3 times greater in newly treated TB cases. In the FD, TB was more prevalent in the least educated group (<8 years of education; 44.9%), reinforcing the association of lower level of education and the disease, highlighting that 27.6% of the responses were ignored. Considering race in Brazil,<sup>25</sup> mulatto was the most frequent race seen in TB patients of the FD.

Seasonality analysis revealed that TB was more prevalent in the winter in the FD, similarly that observed in other regions of the country.<sup>39</sup> In the United Kingdom,<sup>4</sup> reduced sun exposure in the winter could decrease the host's defense to the

tubercle bacillus because of vitamin D deficiency. Temperatures in the winter in the Midwest region of Brazil vary from 12°C to 27°C. It is worth noting that in Brazil the four seasons are not markedly different as they are in other regions in the world. A seasonal pattern of TB with a predominant peak during the fall was observed in the FD. A similar pattern was verified in Peru,<sup>3</sup> where the diagnosis of tuberculosis increases in late summer and early fall because of the rainy characteristics of those seasons. High humidity and absence of direct sunlight due to cloudiness are similar characteristics of the Brazilian autumn.

A high level of UV radiation was observed in the FD, averaging 17 MJ/m<sup>2</sup> with 12 h/day of incident sunlight (40.6%;  $p = 0.001$ ). This probably occurs due to geographical aspects of the FD – plateau relief with smooth topography – that facilitate the penetration of sunlight. This fact should justify the lower TB incidence rates in the region compared to other areas of the country.<sup>1</sup> TB incidence peaks in the winter in Peru coincide with the low sunlight periods due to vitamin D deficiency.<sup>3,5,6,40,41</sup> In England,<sup>13</sup> low levels of vitamin D in post-winter might result in an impairment of cellular immunity leading to reactivation of mycobacterial infection after a period of latency.

In the FD, 95.8% of TB cases occurred with relative humidity between 31.0% and 69.0% and precipitation values less than 1 mm (71.7%;  $p < 0.001$ ). It is noteworthy that European humidity is high (70.0% average) due to high rainfall caused by winds that bring moisture from the ocean to the continent almost all year round.<sup>4</sup> In Cameroon, more TB cases were recorded in the rainy season, with a significant difference as compared to other seasons.<sup>16</sup> Similarly, a greater incidence of TB in Mongolia occurs in wet seasons.<sup>22</sup>

Possible explanations for seasonal variations in the incidence of TB include decreased vitamin D levels in winter,<sup>6,40-42</sup> which leads to depression of immune response and consequent reactivation of TB. Another risk factor for TB in winter is household crowding,<sup>15</sup> which may be found in the poorest areas in the FD. It is noteworthy that direct sunlight is present during 75.0% of the days in the FD.<sup>23</sup> High solar radiation may explain the lower incidence of tuberculosis in the region compared to other areas of the country.

More cases of TB were reported in the FD when the temperature was between 20°C and 23°C (72.4% of cases), in line with several studies carried out in different places, including: New York (20–25°C)<sup>15</sup>; Spain (16–24°C)<sup>3</sup>; Cape Town, South Africa (13–23°C)<sup>41</sup>; UK (11.7°C and 21.1°C)<sup>4</sup>; and Peru.<sup>3</sup> However, TB was also diagnosed at higher temperatures: 39°C in Cameroon<sup>16</sup>; 21–39°C in Northern India<sup>11</sup>; and 20–38°C in Kuwait.<sup>43</sup> Lower temperatures have been identified in Japan (5°C)<sup>44</sup> and Mongolia (–5°C to 9°C).<sup>22</sup> In general, TB incidences were higher in milder temperatures, similar to conditions reported in the FD.

In relation to air quality, two main pollutants were identified in the FD: smoke (CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, and NO<sub>2</sub>) and total suspended particulate matter (TSP), especially in Taguatinga and Sobradinho. In Sobradinho TB notifications were higher in winter; in Taguatinga in spring. Although the FD has 15 health districts, only four points could be sampled for air quality analysis: the South Wing, the North Wing, Taguatinga, and Sobradinho. It is important to mention that air quality

improved in the FD as a result of a Resolution (CONAMA No. 242/1998) that regulates modes of transportation and actions issued by the National Council for the Environment to control air quality (provided in CONAMA Resolution No. 436/2011 prohibiting the emission of pollutants in the federal capital by industries). Despite the limitation of air quality monitoring equipment in the FD (only four), the data seem to indicate that air pollution is directly related to TB incidence. Studies in the US and Russia also suggest a link between concentrations of smoke and total suspended particulate matter and tuberculosis, especially considering the amounts of NO<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>.<sup>24,45</sup> Air pollution generated by traffic in Taiwan – caused by sulfur dioxide, ozone, and carbon monoxide – was associated with culture-confirmed TB.<sup>46</sup> Likewise, a study in South Korea revealed that long-term exposure to ambient SO<sub>2</sub> increased the risk of TB by 7.0% in males.<sup>47</sup>

In this study, Taguatinga and Sobradinho showed levels of great health concern; i.e., TSP pollution  $\geq 375$  mg/m<sup>3</sup> and smoke  $\geq 250$  mg/m<sup>3</sup>. A higher amount of pollutants was reported in Taguatinga (38.5%) in spring and in Sobradinho in winter (50.0%). In South Korea, the exposure to high concentrations of suspended particles in the atmosphere increased at 1.27 times the incidence of TB<sup>48</sup> and the exposure to fine particulate matter (PM 2.5) was associated with increased risk of the disease.<sup>49</sup> In Taiwan, exposure suspended particles increased the rate of TB by 4.0% and interfered with smear results. The chronic exposure to  $\geq 50$   $\mu$ g/m<sup>3</sup> PM 10 may prolong the sputum culture conversion of TB patients with sputum-positive culture.<sup>38</sup>

Among the limitations of the study is the use of secondary bases of SINAN-TB since the information can be inconsistent due to incomplete records and/or missing data leading to methodological bias. Other limitations were the lack of more effective air pollution assessments in different regions of the FD and the analysis of air quality restricted to smoke and to certain particulate matter.

In summary, the results suggest that the incidence of TB appears to have been affected not only by climatic factors – seasons and climatic variables, solar radiation, temperature, humidity, and air quality – but also by social and demographic factors – age, gender, race, and education. However, we underscore the need for further studies so that the role of other environmental variables can be clarified. Air-quality observation time should also be increased so that we can better understand the relationship of TB with the weather.

### Conflicts of interest

The authors declare no conflicts of interest.

### REFERENCES

1. Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Vigilância em saúde. *Bol Epidemiol.* 2016;47:13.
2. Viana PVS, Gonçalves MJF, Basta PC. Ethnic and racial inequalities in notified cases of tuberculosis in Brazil. *PLOS ONE.* 2016;11.



3. Wingfield T, Schumacher SG, Sandhu G, et al. The seasonality of tuberculosis, sunlight, vitamin D, and household crowding. *J Infect Dis.* 2014;210:774-83.
4. Koh GCKW, Hawthorne G, Turner AM, Kunst H, Dediccoat M. Tuberculosis incidence correlates with sunshine: an ecological 28-year time series study. *PLOS ONE.* 2013;8.
5. Maclachlan JH, Lavender CJ, Cowie BC. Effect of latitude on seasonality of tuberculosis, Australia, 2002-2011. *Emerg Infect Dis.* 2012;18:1879-81. PMID: 23092594.
6. Visser DH, Schoeman JF, VAN Furth AM. Seasonal variation in the incidence rate of tuberculous meningitis is associated with sunshine hours. *Epidemiol Infect.* 2013;141:459-62. PMID: 22647556.
7. Fox CJ, Barry SE, Britton WJ, Marks GB. Contact investigation for tuberculosis: a systematic review and meta-analysis. *Eur Respir J.* 2012;41:140-56.
8. Souza MSP, Aquino R, Pereira SM, et al. Fatores associados ao acesso geográfico ao serviço de saúde por pessoas com tuberculose em três capitais do Nordeste brasileiro. *Cad Saude Publica.* 2015;31:111-20.
9. Luquero F, Sanchez-Padilla E, Simon-Soria F, Eiros JM, Golub JE. Trend and seasonality of tuberculosis in Spain, 1996-2004. *Int J Tuberc Lung Dis.* 2008;12:221-4. PMID: 18230258.
10. Fares A. Seasonality of tuberculosis. *J Glob Infect Dis.* 2011;3:46-55.
11. Thorpe LE, Frieden TR, Laserson KF, et al. Seasonality of tuberculosis in India: is it real and what does it tell us? *Lancet.* 2004;364:1613-4.
12. Schaaf HS, Nel ED, Beyers N, et al. A decade of experience with *Mycobacterium tuberculosis* culture from children: a seasonal influence on incidence of childhood tuberculosis. *Tuber Lung Dis.* 1996;77:43-6.
13. Douglas AS, Ali S, Bakhshi SS. Does vitamin D deficiency account for ethnic differences in tuberculosis seasonality in the UK? *Ethn Health.* 1998;3:247-53.
14. Leung CC, Yew WW, Chan TY, et al. Seasonal pattern of tuberculosis in Hong Kong. *Int J Epidemiol.* 2005;34:924-30.
15. Parrinello CM, Cross A, Harris TG. Seasonality of tuberculosis in New York City, 1990-2007. *Int J Tuberc Lung Dis.* 2012;16:32-7.
16. Ane-Anyangwe IN, Akenji TN, Mbacham WF, Penlap VN, Titanji VP. Seasonal variation and prevalence of tuberculosis among health seekers in the South Western Cameroon. *East Afr Med J.* 2006;83:588-95.
17. Nagayama N, Ohmori M. Seasonality in various forms of tuberculosis. *Int J Tuberc Lung Dis.* 2006;10:1117-22.
18. Rios M, Garcia JM, Sanchez JA, Perez D. A statistical analysis of the seasonality in pulmonary tuberculosis. *Eur J Epidemiol.* 2000;16:483-8.
19. Ralph AP, Lucas RM, Norval M. Vitamin D and solar ultraviolet radiation in the risk and treatment of tuberculosis. *Lancet Infect Dis.* 2013;13:77-88.
20. Jeevan A, Sharma AK, McMurray DN. Ultraviolet radiation reduces resistance to *Mycobacterium tuberculosis* infection. *Tuberculosis (Edinb).* 2009;89:431-8.
21. Willis MD, Winston CA, Heilig CM, Cain KP, Walter ND, MacKenzie WR. Seasonality of tuberculosis in the United States, 1993-2008. *Clin Infect Dis.* 2012;54:1553-60.
22. Naranbat N, Nymadawa P, Schopfer K, Rieder HL. Seasonality of tuberculosis in an Eastern-Asian country with an extreme continental climate. *Eur Respir J.* 2009;34:921-5.
23. Trembla GA. Historical statistics support a hypothesis linking tuberculosis and air pollution caused by coal. *Int J Tuberc Lung Dis.* 2007;11:722-32.
24. Shilova MV, Glumnaia TV. Influence of seasonal and environmental factors on the incidence of tuberculosis. *Probl Tuberk Bolezn Legk.* 2004;17-22.
25. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE; 2016. Available from: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas\\_da\\_populacao/resultados\\_do\\_universo.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/resultados_do_universo.pdf)
26. Cohn A, organizador. Questionando conceitos: o público e o privado na saúde no século 21. In: Cohn S, Rodrigues N, Amarante P. *Gestão pública e relação público privado na saúde.* Rio de Janeiro: Cebes; 2010. p. 324.
27. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BR). Estações climáticas. EMBRAPA; 2015.
28. Instituto Brasília Ambiental. Qualidade do ar, relatórios anuais de monitoramento. IBRAN; 2012.
29. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BR). Instituto Nacional de Meteorologia. INMET; 2015.
30. Companhia de Planejamento do Distrito Federal - CODEPLAN, PDAD - Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios 2015.
31. Koeppen W. Climatologia: com um estudo de los climas de la tierra. México: Fondo de cultura economica; 1948, 478 pp.
32. Bussab WO, Morettin PA. *Estatística Básica.* 8th ed. São Paulo: Saraiva; 2013.
33. Li X-X, Wang L-X, Zhang H, et al. Seasonal variations in notification of active tuberculosis cases in China, 2005-2012. *PLOS ONE.* 2013;8:e68102.
34. Mori T. Recent trends in tuberculosis, Japan. *Emerg Infect Dis.* 2000;6:566-8.
35. Costa JSD, Gonçalves H, Menezes AMB, et al. Controle epidemiológico da tuberculose na cidade de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil: adesão ao tratamento. *Cad Saude Publica.* 1998;14:409-15.
36. Mascarenhas MDM, Araújo LM, Gomes KRO. Perfil epidemiológico da tuberculose entre casos notificados no município de Piripiri, Estado do Piauí, Brasil. *Epidemiol Serv Saude.* 2005;14:7-14.
37. Martin Sacnhes V, Alvarez-Guisasaola F, Cayla JA, Alvarez JL. Predictive factors of mycobacterium tuberculosis infection and pulmonary tuberculosis in prisoners. *Int J Epidemiol.* 1995;24:630-6.
38. Wang J, Shen H. Review of cigarette smoking and tuberculosis in China: intervention is needed for smoking cessation among tuberculosis patients. *BMC Public Health.* 2009;9:292.
39. Franco JF, Moraes JR, Santander LAM, et al. Relação entre a ocorrência de tuberculose e um conjunto de fatores sócioeconômicos, demográficos e de saúde da população brasileira usando a PNAD; 2003.
40. Sita-Lumsden A, Laphorn G, Swaminathan R, Milburn HJ. Reactivation of tuberculosis and vitamin D deficiency: the contribution of diet and exposure to sunlight. *Thorax.* 2007;62:1003-7.
41. Martineau AR, Nhamoyeonde S, Oni T, et al. Reciprocal seasonal variation in vitamin D status and tuberculosis notifications in Cape Town, South Africa. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2011;108:19013-7.
42. Nnoaham KE, Clarke A. Low serum vitamin D levels and tuberculosis: a systematic review and meta-analysis. *Int J Epidemiol.* 2008;37:113-9.
43. Akhtar S, Mohammad HG. Seasonality in pulmonary tuberculosis among migrant workers entering Kuwait. *BMC Infect Dis.* 2008;8:3. PMID: 18179720.
44. Onozuka D, Hagihara A. The association of extreme temperatures and the incidence of tuberculosis in Japan. *Int J Biometeorol.* 2015;59:1107-14.
45. Smith GS, Schoenbach VJ, Richardson DB, Gammon MD. Particulate air pollution and susceptibility to the development of pulmonary tuberculosis disease in North Carolina: an ecological study. *Int J Environ Health Res.* 2014;24:103-12.

- 
46. Lai TC, Chiang CY, Wu CF, et al. Ambient air pollution and risk of tuberculosis: a cohort study. *Occup Environ Med.* 2016;73:56-61.
  47. Hwang SS, Kang S, Lee JY, et al. The impact of outdoor air pollution on the incidence of tuberculosis in Seoul metropolitan area, South Korea. *Korean J Intern Med.* 2014;29:183-90.
  48. Kim J. Is ambient air pollution another risk factor of tuberculosis? *Korean J Intern Med.* 2014;29:170-2.
  49. Lee SH, Hwang ED, Lim JE, et al. The risk factors and characteristics of COPD among nonsmokers in Korea: an analysis of KNHANES IV and V. *Lung.* 2016;194:353-61.

## APÊNDICE

APÊNDICE B – Artigo submetido na revista *Plos One* em 24 de abril de 2018.

### **Environmental and social aspects as determinants of tuberculosis in the Federal District-Brazil from 2003 to 2015**

**Fernanda Monteiro de Castro Fernandes<sup>1</sup>, Daniel Barros de Castro<sup>2</sup>, José Ueleres Braga<sup>3</sup>, Antônio Felipe Couto Junior<sup>4</sup>, Maria do Socorro Nantua Evangelista<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade de Brasília (UNB), Programa de Pós graduação em Enfermagem, Brasília, DF, Brazil, <sup>2</sup>Fundação de Vigilância em Saúde, Manaus, Amazonas, Brazil, <sup>3</sup>Centro de Referência Prof. Hálío Fraga da ENSP-FIOCRUZ e Departamento de Epidemiologia do Instituto de Medicina Social da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ, Brazil, <sup>4</sup>Universidade de Brasília (UNB), Instituto de Geociências, Brasília, DF, Brazil.

Abstract:

#### **Background**

Although tuberculosis indicators are significant in Brazil, the Federal District has a low incidence of the disease. The present study aims to analyze environmental and social factors as determinants of tuberculosis in the Federal District of Brazil.

#### **Methodos**

This is an ecological and descriptive study carried out with 4,373 new TB cases from the Tuberculosis Control Program of the Federal District (Brazil) with extracted data from the global climate databank (Worldclim), from the Brazilian Institute of Geography and Statistics, and from the Planning Company of the Federal District.

#### **Results**

From 2003 to 2015, we observed a higher tuberculosis incidence from the central to the southwest regions of the Federal District (50-100 cases per 100,000 population). Environmental conditions such as wind speed and altitude were positively associated with tuberculosis incidence in multi and bivariate analyzes, and with precipitation, in the multivariate analysis. In relation to socioeconomic factors, we observed an increase in tuberculosis incidence rates in households with low access to improved water and sewage, and among illiterate people (bivariate analysis), as well as in areas with higher population density and better access to drinking water (multivariate analysis). **Conclusion**

Tuberculosis incidence in the Federal District was affected by factors related to basic sanitation, wind speed, and altitude. Our findings may be useful to guide preventive actions in the surveillance and elimination of the disease and suggest articulation with urban planning policies aiming at adequate environmental planning in areas at risk for tuberculosis.

## **Introduction**

Although Brazil is the 20th country with the highest tuberculosis (TB) burden in the world, its Central-West region shows a low incidence rate (24.1/100,000 pop.) when compared to the other regions of the country (35.4/100,000 pop.). Located in this region, the Federal District (FD), which is home to the federal capital, also has a low TB load scenario (13.0/100,000 pop.), with an annual decrease of 2.2%<sup>1,2</sup>.

International literature reports that some geographic, environmental, and climatic factors affect the incidence of tuberculosis, including altitude<sup>3</sup>; temperature<sup>4,5</sup>; solar radiation<sup>6,7</sup>; precipitation<sup>4,5</sup>; vapor<sup>5,8</sup>; wind<sup>9,10,11</sup>, among others.

Other factors are determinants of TB as well: unemployment, poverty, social instability, vitamin D deficiency, malnutrition<sup>12,13,2</sup>, vulnerability of urban spaces on the outskirts of large cities with slums, shacks, and high population density<sup>14,15,16</sup> and a large number of people per household<sup>15</sup>. In addition, poor living conditions, houses with poor ventilation and limited sunlight<sup>17</sup>, lack of access to water<sup>2</sup>, sewage<sup>18</sup>, and low education levels<sup>19</sup> corroborate this aggravation. Some other conditions and habits that contribute to TB vulnerability include: homelessness, drug use, deprivation of liberty<sup>19</sup>, biological issues<sup>20</sup>, gender<sup>21</sup>, race<sup>22</sup>, associated diseases – such as HIV infection and diabetes<sup>12</sup>–, as well as cigarette smoking and alcohol use<sup>12</sup>.

As evidence of associations between environmental determinants<sup>21</sup> and social determinants of tuberculosis is limited in national studies, the objective of the present study is to analyze the occurrence of these factors as determinants of the disease in the Federal District of Brazil from 2003 to 2015.

## **Materials and methods**



We conducted an ecological study analyzing the Administrative and Environmental Regions of the Federal District of Brazil (FD). These units were obtained from the 31 Administrative Regions (AR) and 46 environmental/hydrographic units (ADASA, 2017), totaling 77 Environmental/Hydrographic Administrative Regions (EHARs).

The FD, located in the Center-West Region of Brazil, occupies 5,778,999 sq. km. of the national territory. It is located between the south parallels 15° 30' and 16° 03' and is limited to the east by the river Rio Preto and to the west by the river Descoberto<sup>23,24</sup> (IBGE, 2016; EMBRAPA, 2004). The FD is part of the nuclear region of the Brazilian savannah, Cerrado, in the Central Plateau ecoregion<sup>24</sup> (EMBRAPA, 2004), where the sources of the hydrographic regions of Tocantins, São Francisco, and Paraná (IBGE, 2016) are found<sup>23</sup>.

We analyzed 4,373 TB cases of all clinical forms, only including resident patients which were registered on the Health Registry Information System (SINAN/TB) of the FD Health Department. We excluded 363 records (7.6%) from the analysis, of which 243 (5.0%) patients failed to inform their address and 120 (2.6%) resided outside the FD. Currently, the FD has a population of 3,039,444 inhabitants<sup>23</sup> (IBGE, 2016), 96.6% living in urban areas. The predominant climate is high-altitude tropical, with wet and rainy summers, dry and cold winters, and an average annual temperature of 26,5 °C (maximum of 35,8 °C and minimum of 16 °C). Solar radiation in the FD between 2003 and 2015 showed an average of 16,469.8 kJ/m<sup>-2</sup>/day<sup>-1</sup> <sup>26</sup>

We used digital maps of the EHARs of the Federal District obtained from the Planning Company of the Federal District<sup>25</sup>. For the evaluation, environmental and socioeconomic data were used as independent variables, considering TB incidence as a dependent variable (Table 1).

**Table 1 - Variables studied by unit of measurement and source.**

Variable	Unit	Source
Maximum temperature <sup>a</sup>	°C	Fick and Hijmans (2017)
Minimum temperature <sup>b</sup>	°C	Fick and Hijmans (2017)
Average temperature <sup>c</sup>	°C	Fick and Hijmans (2017)
Precipitation <sup>d</sup>	Mm	Fick and Hijmans (2017)
Solar radiation <sup>e</sup>	kJ/m <sup>-2</sup> /day <sup>-1</sup>	Fick and Hijmans (2017)

Wind speed <sup>f</sup>	m/s <sup>-1</sup>	Fick and Hijmans (2017)
Vapor pressure of water <sup>g</sup>	kPa	Fick and Hijmans (2017)
Altitude <sup>h</sup>	M	SRTM
Population density <sup>i</sup>	pop./sq. km	CODEPLAN (2017)
Average number of residents per household <sup>j</sup>	N	CODEPLAN (2017)
Income <sup>k</sup>	BRL	CODEPLAN (2017)
Water supply <sup>l</sup>	%	CODEPLAN (2017)
Sewage treatment <sup>m</sup>	%	CODEPLAN (2017)
Illiteracy rate <sup>n</sup>	%	CODEPLAN (2017)

Note: Temperature = Celsius<sup>a,b,c</sup>; Precipitation = millimeters<sup>d</sup>; Solar radiation = Kilojoules/day<sup>e</sup>; Wind speed = Meters per second<sup>f</sup>; Vapor pressure of water = Kilopascal<sup>g</sup>; Altitude = Meters<sup>h</sup>; Population density = population per square kilometer<sup>i</sup>; Average number of people per household = number<sup>j</sup>; Income = Real<sup>k</sup>; Water Supply, sewage treatment, and percentage of illiterates = Percentage<sup>l,m,n</sup>

The data organization steps prior to the statistical analyses are represented in Figure 1 below:

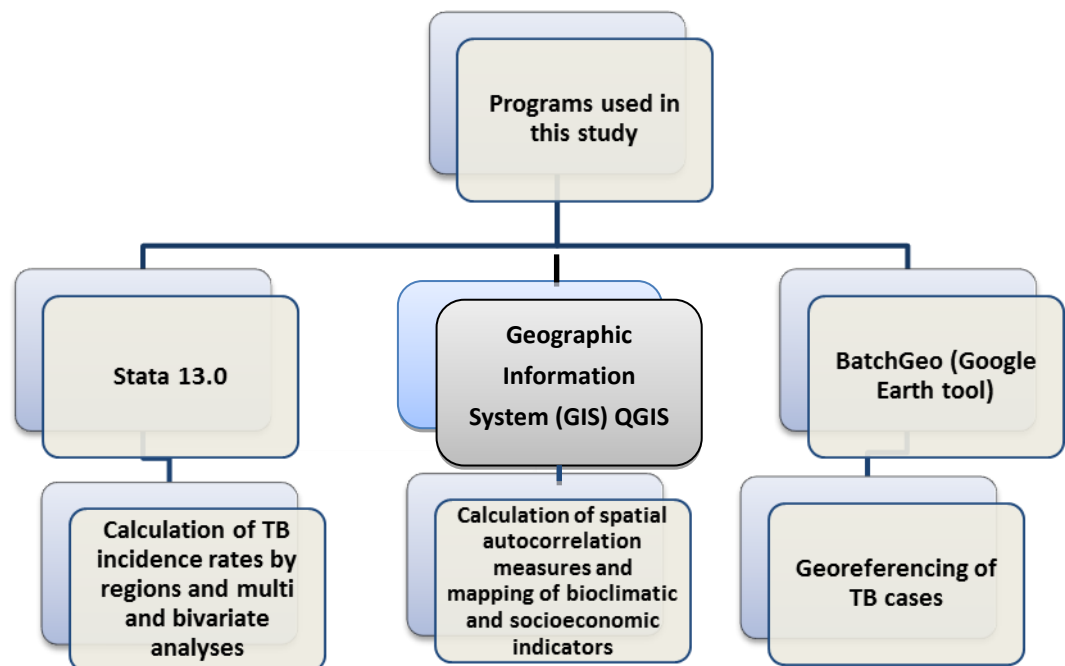


Fig 1. The programs used in this study.

In this study, we considered variables with a p-value less than 0.05. The variables that were maintained in the final model and in the boxplot graph were selected using backward elimination and stepwise regression methods. The research was approved by the Research Ethics Committee of the University of Brasília under opinion No. 1,098,421.

## Results

The average annual TB incidence between 2003 and 2015 was 12.9 cases/100,000 population, with a variation of 0-106 cases/100,000 population. The socioeconomic and environmental conditions of the studied areas are presented in Table 2. The average annual temperature was 26,5 °C (standard deviation-SD = 0,36), mean precipitation, 125,4 mm (SD = 2,19 mm), and average wind speed, 1,77 km/h (SD = 0,06 km/h), with a small variation between the EHARs. We observed higher heterogeneity of these areas in terms of altitude (mean = 1,050.2 m, SD = 87,07 m) and solar radiation (mean = 16,469.85 kJ/m<sup>2</sup>/day<sup>-1</sup>, SD = 46,13 kJ/m<sup>2</sup>/day<sup>-1</sup>). Regarding social condition, on average, 6.4% of the population aged 18 years or older were illiterate, and the AR Planaltina showed a higher proportion of individuals who did not attend school (São José hydrographic region), representing 18.9% of the population. The variable *demographic conditions*, represented by population density, revealed high heterogeneity (mean = 1.306 pop./sq. km, SD = 2.376 pop./sq. km). The economic analysis showed an average monthly personal income of BRL 2,080.00 (2.2 minimum wages, SD = BRL 1,705.00). Regarding sanitation, on average, 66.2% of the households were connected to the water supply network (SD = 39.2%) and 43.4% to the public sewage system (SD = 42.4%). The number of residents per household in the study period was 3,3 people.

**Table 2. Socioeconomic and environmental conditions of the 77 Environmental/Hydrographic Administrative Regions of the Federal District, 2003-2015**

Condition	N	Average	SD*	Min.	Max.
Temperature (°C)	77	26,52	0,36	25,83	27,51
Precipitation (mm)	77	125,41	2,19	120,14	128,74
Solar radiation (kJ/m <sup>2</sup> /day <sup>-1</sup> )	77	16,469.85	46,13	16,374.91	16,604.20
Vapor (g)	77	125,41	2,19	120,14	128,74
Wind (km/h)	77	1,77	0,06	1,62	1.89
Altitude (m)	77	1,050.26	87,07	884,83	1,216.93
Income (BRL)	77	2,080.74	1,705.78	670,45	7,645.67
Water supply (%)	77	66,21	39,23	0,00	100,00
Sewage treatment (%)	77	43,40	42,42	0,00	99,24
Illiteracy rate (%)	77	6,42	4,74	0,17	18,93
Population density (pop./sq. km)	77	130,67	237,63	2,99	1,141.02
Average number of residents per household (n)	77	3,32	0,28	2,01	3,70

Note: \*SD = Standard deviation

The relationship between TB incidence rate and socioeconomic and environmental conditions of the EHARs of the Federal District can be visualized in the scatterplot matrix shown in Figure 2. We observed a high frequency of EHARs with low coefficients of tuberculosis incidence.

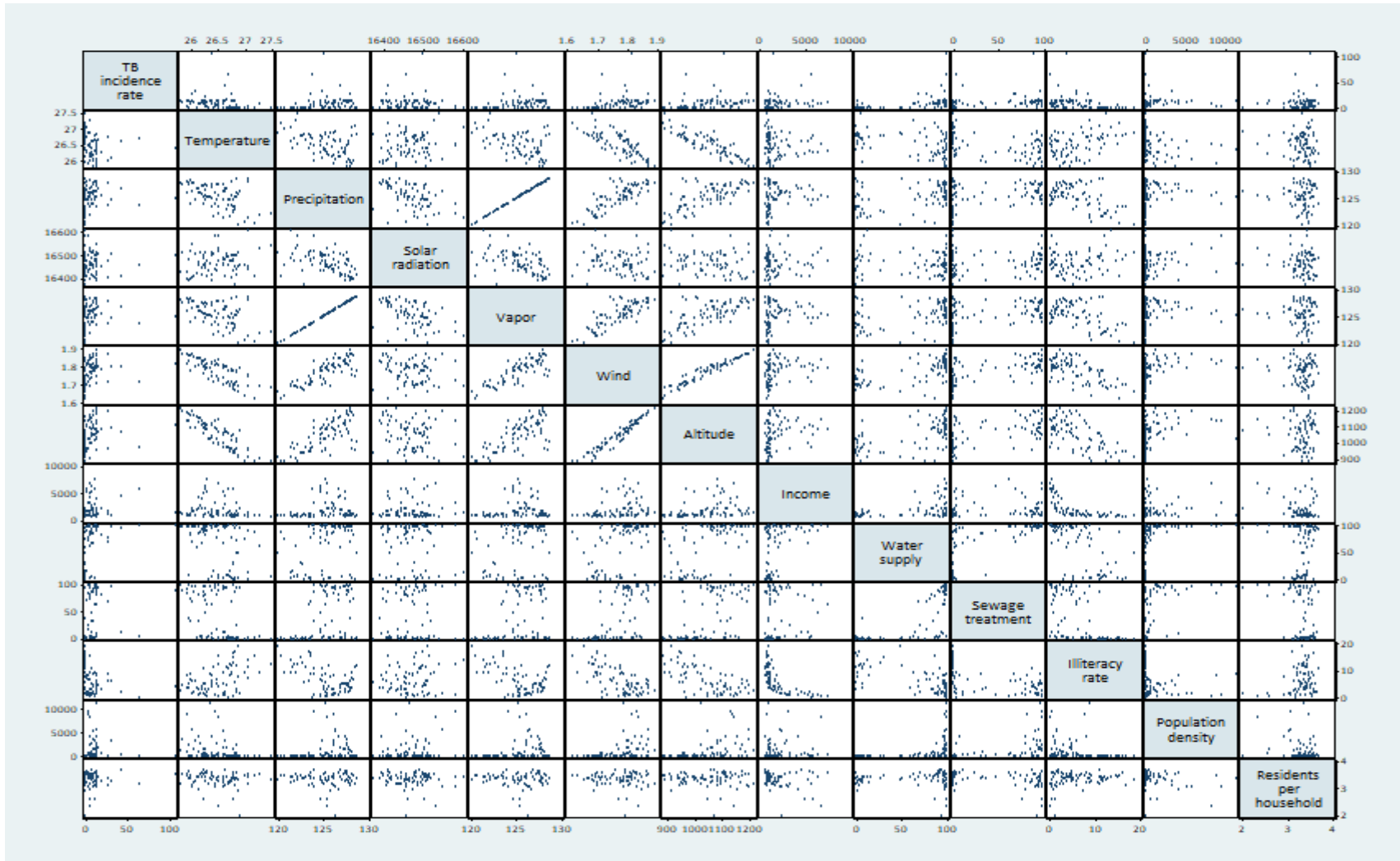


Figure 2. Relationship between TB incidence coefficients, socioeconomic conditions, and environmental factors of the Environmental/Hydrographic Administrative Regions of the Federal District – Brazil, 2003-2015.

The one-point increase in wind speed (1 km/h) raised the risk of TB transmission by 137,9%. Altitude also showed a positive association ( $p = 0.022$ ), indicating that the higher the altitude, the greater the risk of TB transmission. However, maximum temperature, solar radiation, precipitation, and mean vapor showed no significant association with the risk of TB transmission (Table 3).

Regarding socioeconomic conditions (Table 3), the bivariate analysis showed a negative association between TB infection and the illiteracy rate, with a significant result. No evidence of association was found between the risk of TB and per capita income, population density, and the average number of people per household.

**Table 3. Association between TB incidence rate and socioeconomic and environmental/hydrographic conditions in the Federal District, 2003-2015.**

Factors	Bivariate analysis			Multivariate analysis (final model)		
	Gross IRR	p-value	95% CI	Adjusted IRR	p-value	95% CI
Temperature	55,6%	0.069	0,29-1,04	-	-	-
Precipitation	109,3%	0.132	0,97-1,22	72,7%	0.030	0,54-0,96
Solar radiation	99,9%	0.698	0,99-1,00	99,5%	0.147	0,99-1,00
Vapor	109,3%	0.132	0,97-1,22	-	-	-
Wind speed	137,9%	0.013	2,8-6611.8	137,9%	0.016	299,6-7,7E+23
Altitude	100,3%	0.022	1,04-1,05	98,4%	0.023	0,97-0,99
Population density	99,9%	0.962	0,99-1,00	99,9%	0.001	0,98-0,99
Water supply	102,0%	0.001	1,01-1.02	102,2%	0.001	1,01-1,03
Income	100,0%	0.588	0,99-1,00	-	-	-
Sewage treatment	100,8%	0.001	1,00-1,01	-	-	-
Illiteracy rate	90,3%	0.001	0,84-0,96	-	-	-
Residents per household	3,9%	0.384	0,65-2,97	-	-	-

IRR: Incidence rate ratio; 95% CI: 95% interval

According to the multivariate analysis (Table 3), the environmental conditions *precipitation*, *altitude*, and *wind* were associated with TB infection. Considering socioeconomic conditions, *the number of households connected to the water supply network* and *population density* were also associated with TB incidence rates.

Figure 3 shows that, on average, TB incidence rate was higher in regions with higher wind speeds, especially in the regions from the first to the third interquartile range of the observed values of wind speed. There was no significant difference

between TB incidence rate in the regions from the third and fourth interquartile ranges.

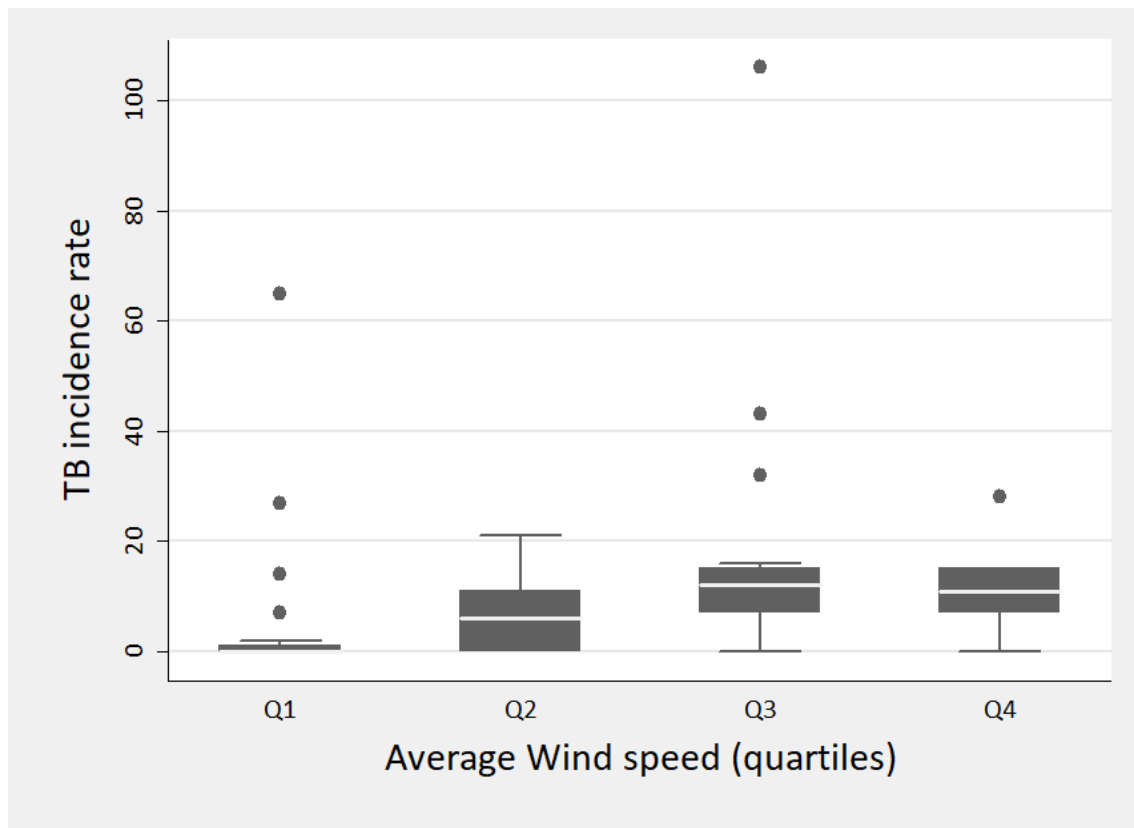


Figure 3. Boxplot of TB incidence rate according to different mean wind speed conditions (Q1 = 1.707 km/h; Q2 = 1.769 km/h; Q3 = 1.801 km/h; and Q4 = 1.833 km/h)

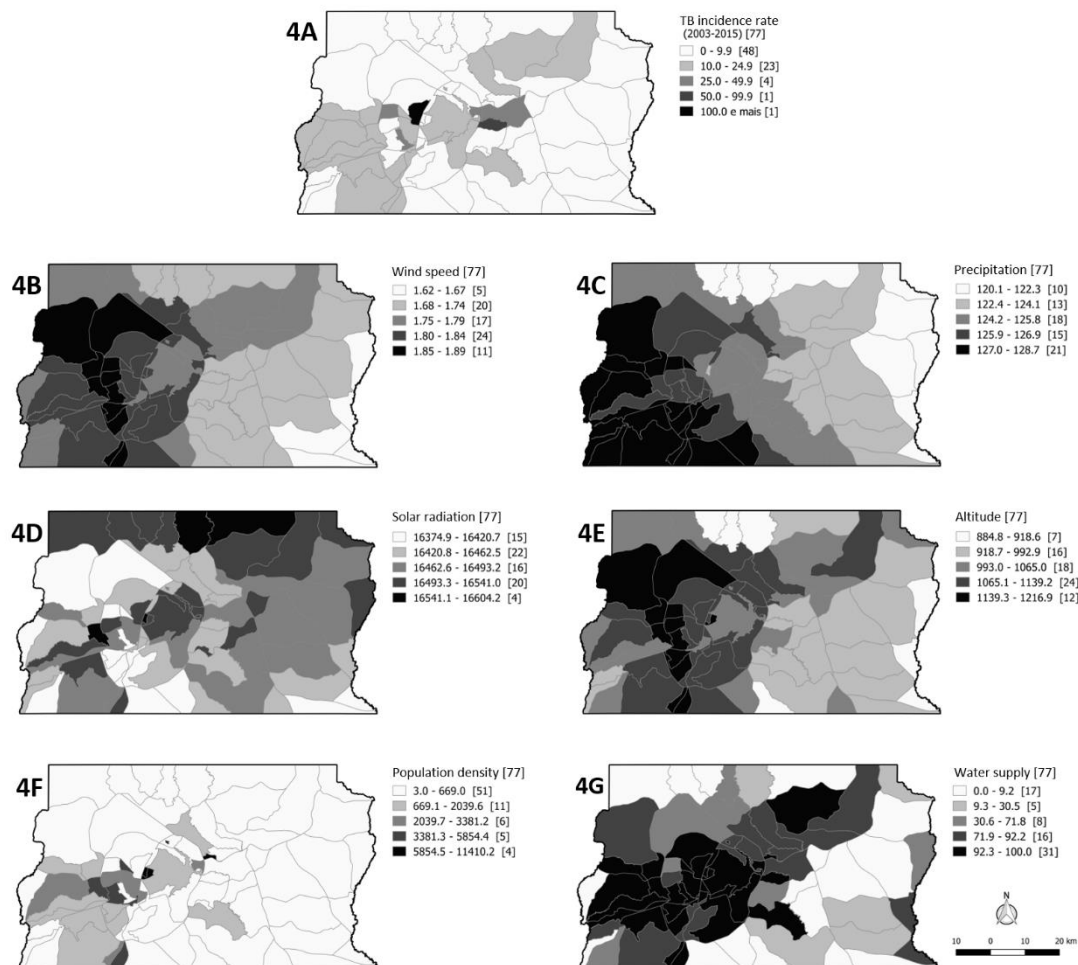


Figure 4. Spatial distribution of TB incidence rate and socioeconomic and environmental/hydrographic conditions in the Federal District, 2003-2015

Map 4A in Figure 4 shows that the spatial distribution of TB was not uniform, revealing a tendency of concentration in some areas. Large concentrations in the region that runs from the Central Southwest – involving the cities Estrutural and Areal – followed by the Northeast region (Paranoá and Itapuã) confirm the heterogeneous occurrence of the disease in the city, justified by the spatial agglomeration in the central and west areas of the map (50.0-100.0/100,000 pop.). The areas that surround the FD to the northwest, south, and east have the lowest TB incidence rates (0.0-9.9/100,000 pop.). In relation to the average wind speed, the FD had higher levels in the northwest and southwest (1,80-1,89km/h), coinciding with regions with a higher TB incidence (50.0-100.0/100,000 pop.), followed by the northeast to southeast regions with lower wind speeds (1,62-1,79km/h) and a TB incidence rate of 10.0-49.9/100,000 population. (Figure 4B).



The highest rates of mean precipitation in the FD occurred from the northwest to the southwest (Map 4C), (125,9-128,7mm), where TB incidence was between 0.0-24.9/100,000 population. The areas with the highest incidence of solar radiation (16,493-16,604 kJ/m<sup>2</sup>/day<sup>-1</sup>) were located in the northeast and northwest of the Federal District, comprising an agricultural area with low population density and a TB incidence of 0.0-24.9/100,000 population. (Map 4D).

The present study showed that the highest regions of the FD are in the range that extends from the northwest to the southwest (1,139.3-1,216.9 m), where TB incidence was 50.0-100.0/100,000 population. This range also coincided with the area with the highest wind speed (Map 4E). Regarding population density, our study observed a population concentration in the range that extends from the central region to the southwest (585,4-1.141 pop./sq. km), also coinciding with the sites with the highest TB incidence (50.0-100.0/100,000 pop., Map 4F). In terms of water supply, 92,0-100,0% of the FD is supplied, with a TB incidence between 25.0-49.9/100,000 population. On the other hand, in areas with a water supply rate of less than 92,0%, TB incidence rate was between 0.0-24.9/100,000 population (Map 4G).

## Discussion

The bivariate ( $p = 0.013$ ) and multivariate analyzes ( $p = 0.016$ ) that assessed wind speed in the FD showed an association with TB outcome. The highest mean wind speed was concentrated in the northwest and southwest regions (1,80-1,89km/h), coinciding with a high TB incidence (50.0-100.0/100,000 pop.) – particularly involving the cities Estrutural and Areal – followed by the northeast region – Paranoá and Itapuã cities. The slums in the central plateau of the federal capital are horizontal with high altitude, which leads us to believe that local geographical features, such as the wind, probably favored the spread of TB bacilli in those flat territories. A study carried out in the Qinghai province, China (mean 273-294 cases/100,000 pop.) showed an association between the incidence of bacilliferous TB and wind speed (7,0-11,0km/h,  $p = <0.05$ ), where each 3,6km/h increase in wind speed associated with a 7,0% increment in TB incidence<sup>9</sup> (Rao et al, 2016). Compared with the results of this study performed in the FD, a region with low TB burden, which considered all clinical forms of the disease, each increase of 1km/h in wind speed represented a 137,9% increment

in the incidence of the disease. In mainland China, wind was considered a protective factor (20km/h and TB incidence of 93/100,000 pop.), and each one unit increase in wind speed unit reduced the relative risk of TB by 0.83518 units<sup>10</sup>. In the Chinese study, the wind speed was more than 20 times smaller when compared to that observed in the FD of Brazil. Probably, other non-assessed environmental and social aspects implied this difference.

According to the authors, theoretically, high wind speed could accelerate ventilation and thus dilute the concentration of bacteria, and help reduce the risk of infection<sup>10</sup>. Experience from South Africa corroborates this point and showed that natural room ventilation favors air exchange, improves ventilation<sup>11</sup>, and, in conjunction with other interventions, helps reduce the risk of TB infection<sup>27</sup>. However, in the case of the FD, it should be considered that the residences of the TB affected areas are located in horizontal slums, with limited spaces between habitations. The houses are connected to each other, forming a jumble of disjointed streets, with unfinished and unventilated buildings. In other words, they form tunnels that do not favor air exchange and, on the contrary, confine the contaminated air in the houses. Also, despite the high average of daily sunshine duration in the FD, as the buildings are not planned in the slums, there is a lack of space between the houses, preventing adequate lighting. Therefore, access to the sun may not occur, limiting the amount of vitamin D those populations receive.

The present study revealed an association between altitude (1,139.3-1,216.9 m) and TB incidence (50.0-100.0/100,000 pop.), both in bivariate ( $p = 0.023$ ) and multivariate analyses ( $p = 0.022$ ). Despite the low TB incidence in most of the regions of the FD, Ceilândia, in the southwest region, showed the highest TB incidence rate. It is the 13th highest city in Brazil with high wind speeds. Estrutural, Paranoá, and Itapoã, cities with higher TB load and altitude (993-1,065 m), are urban slums, with high migration and poverty rates, and a TB incidence of 50.0-100.0/100,000 population. Researchers in China<sup>10</sup> found an association between TB incidence (92.0/100,000 pop.) and high altitude (3,000-3,500 m) in the Qinghai province, where farmers and herders lived at a high altitude and had a marked risk of developing TB. In Turkey<sup>28</sup>, cities with an altitude of 1,700 m showed a 3,28-fold higher risk of TB development (65-160/100,000 pop.) than at extreme altitudes (5,000 m,  $p = 0.000$ ). In Mexico, altitude

(1,600-2,500 m) was inversely associated with TB reporting (10-15 cases/100,000 pop.), and this relationship overcame the influence of factors such as literacy, urbanization, and number of rooms per household. However, despite the “good” Human Development Index (0,750), the country shows evident inequality, marginalization, corruption, and lack of infrastructure<sup>3</sup>. In Kenya, at altitudes of 1,000m or more, TB notification rates showed an incidence of 15-29/100,000 population, less than 30,0% of those reported in districts at altitudes below 500m<sup>22</sup>. It should be noted that the FD, with an altitude similar to that of Kenya and higher than that of Turkey (1139,0 m, 1000,0 m, and 1700m, respectively) had a lower mean incidence of TB than those of the two countries (100.0/100,000 pop., 15-29/100,000 pop., and 65-160/100,000 pop., respectively).

A possible biological explanation is that *Mycobacterium tuberculosis* survives longer in a lower altitude environment due to climatic differences: higher temperature, higher pressure of oxygen, humidity, and lower level of ultraviolet radiation<sup>21</sup>. Moreover, high altitude reduces the availability of oxygen, affects the frequency and depth of breathing, alters gas balance in the lungs and blood, and raises the level of salts such as potassium and sodium in the body<sup>29</sup>, hindering the growth of the tubercle bacillus<sup>30</sup>.

Illiteracy rate showed a positive association with TB incidence in the FD, indicating that areas with a lower percentage of illiterates have a higher incidence of the disease. Access to water and literacy rate were higher in more urbanized areas. Two possible explanations for the higher TB incidence in these areas may be: (i) people in a social vulnerability situation and (ii) greater capacity of health care services to diagnose TB cases.

Although the multivariate analysis ( $p = 0.001$ ) showed no association between TB and population density, this aspect seems to have contributed to a higher occurrence of TB in the FD since the pockets of the disease were found in the largest intra-urban agglomerations (585.4-1.141 pop./sq. km). Oliveira and Sam (2013) also pointed out that TB incidence rates may be associated with socioeconomic indicators – such as spatial aggregation level – and with particularities of the geographical areas. In the case of the FD, the plateau relief of the region displaying a smooth topography, free of valleys and mountains, seems to have facilitated the settlement of these

population groups into slums. In Turkey a population density greater than 80 persons/sq. km led to 4.18 times higher TB incidence than in cities with lower population density ( $p = 0.000$ )<sup>28</sup>.

In the present case, the multivariate analysis showed a negative relationship between TB infection and precipitation ( $p = 0.030$ ). In the FD, the rate of precipitation during the rainy season (October-April) is 127,0-128,7 mm, mainly to the southwest of the FD, a region with a high TB incidence (50.0-100.0/100,000 pop.) A study conducted in south western Cameroon<sup>4</sup> and another in Mongolia<sup>5</sup> also reported a higher TB case record in the rainy season. About 63,0% of TB cases in the cities of the FD showed an incidence of up to 10.0 cases per 100,000 population. In high rainfall zones, however, this rate ranged from 50.0-100.0/100,000 population. Humidity affects the survival of Koch's bacilli: about 70,0% of aerobic germs remain viable for up to 3 hours, 50,0% for 6 hours, and 30,0%, for up to 9 hours<sup>8</sup>. Probably, other environmental and social factors, associated or not, interfered with our findings.

It is noteworthy that the minimum and maximum levels of solar radiation in the cities of the FD – considered extreme in relation to the rest of the country (16,374  $\text{kJ/m}^2/\text{day}^{-1}$  and 16,604  $\text{kJ/m}^2/\text{day}^{-1}$ , respectively) – showed little variation and were not associated with the high TB load<sup>25</sup>. Laboratory studies have shown that exposure to UV light (for at least 5 minutes) leads to the destruction of microbacteria and modification of the DNA or RNA<sup>30</sup>, interfering with cell replication or transcription followed by bacterial death. The optimum radiation dose for inactivation of air-exposed *M. tuberculosis* is 6,000  $\text{kJ/m}^2/\text{day}^{-1}$ <sup>6</sup>, which is a lower value than that found in the FD, where UV radiation reaches an average of 16,469  $\text{kJ/m}^2/\text{day}^{-1}$  with an average of about 10 hours of daily sunlight<sup>24</sup>. Probably, the low TB incidence rate in the FD as a whole, when compared to the rest of the country<sup>2</sup>, occurs because the spatial distribution of solar energy is influenced by declivity. In addition, geographic aspects such as the plateau relief of the region displaying a smooth topography, free of valleys and mountains, facilitates sunlight penetration<sup>18</sup>.

Limitations to this study include secondary data collection (SINAN-TB), which may lead to a methodological bias because the information may be inconsistent due to incomplete, erroneous, and/or blank records. In sum, the multivariate and bivariate analysis suggested that the incidence of TB was affected in the FD by socioeconomic

and environmental factors, particularly high wind speed and access to water. Access to social improvement, personal income, and work, as well as housing, school, sewage, and potable water infrastructure, can contribute to the reduction of TB reproduction in face of the vulnerabilities of people living in slums in the FD. Also, a housing policy with adequate urbanization, creating healthy, ventilated spaces with access to the sun, will probably impact the prevention and dissemination of TB in those urban spaces.

### **Acknowledgments**

The authors gratefully acknowledge the support of the Health Registry Information System (SINAN/TB) of the Federal District Health Department which provided valuable intellectual.

### **Author Contributions**

**Conceptualization:** Fernanda M. C. Fernandes, Daniel B. Castro, José U. Braga, Antônio F. C. Junior, Maria do Socorro N. Evangelista.

**Data curation:** Fernanda M. C. Fernandes, Maria do Socorro N. Evangelista.

**Formal analysis:** Fernanda M. C. Fernandes, Maria do Socorro N. Evangelista.

**Methodology:** Daniel B. Castro, José U. Braga.

**Supervision:** José U. Braga, Antônio F. C. Junior, Maria do Socorro N. Evangelista.

**Writing – original draft:** Fernanda M. C. Fernandes.

**Writing – review & editing:** Fernanda M. C. Fernandes, Daniel B. Castro, José U. Braga, Antônio F. C. Junior, Maria do Socorro N. Evangelista.

### **References**

1. World Health Organization. Global Tuberculosis control. WHO Report 2016. Geneva, 2016.
2. Ministry of Health (BR). Secretariat of Health Surveillance. Epidemiological Bulletin. v. 47, 2016;13.
3. Vargas MH, Furuya MEY, Guzman C, Perez-Guzman C. Effect of altitude on the frequency of pulmonary tuberculosis. *Int J Tuberc Lung Dis* 2004; 8:1321-4.

4. Ane-Anyangwe IN, Akenji TN, Mbacham WF, Penlap VN, Titanji VP. Seasonal variation and prevalence of tuberculosis among health seekers in the South Western Cameroon. *East Afr Med J*. 2006 Nov;83(11):588-95.
5. Naranbat N, Nymadawa P, Schopfer K, Rieder HL (2009) Seasonality of tuberculosis in an Eastern-Asian country with an extreme continental climate. *Eur Respir J* 2009, 34: 921-925.
6. Conde Marcus Barreto, Melo Fernando Augusto Fiuza de, Marques Ana Maria Campos, Cardoso Ninarosa Calzavara, Pinheiro Valeria Goes Ferreira, Dalcin Paulo de Tarso Roth et al. III Guidelines for Tuberculosis of the Brazilian Society of Pulmonology and Tisiology. *J. bras. pneumol.* [Internet]. 2009 Oct [cited 2018 Apr 07] ; 35( 10 ): 1018-1048. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S18063713200900100011&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S18063713200900100011&lng=en). <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132009001000011>.
7. Balcells M, Cerda J, Concha S, Hoyos–Bachiloglu R, Camargo C, Martineau A, & Borzutzky A. Regional solar radiation is inversely correlated with incidence and severity of tuberculosis in Chile. *Epidemiology and Infection*, 2017, 145(9), 1815-1823. doi:10.1017/S0950268817000607.
8. Loudon RG, Spohn SK. Cough frequency and infectivity in patients with pulmonary tuberculosis. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 99:109-111,1969.
9. Rao H-X, Zhang X, Zhao L, et al. Spatial transmission and meteorological determinants of tuberculosis incidence in Qinghai Province, China: a spatial clustering panel analysis. *Infectious Diseases of Poverty*. 2016;5:45. doi:10.1186/s40249-016-0139-4.
10. Cao K, Yang K, Wang C, et al. Spatial-Temporal Epidemiology of Tuberculosis in Mainland China: An Analysis Based on Bayesian Theory. Congdon P, ed. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2016;13(5):469. doi:10.3390/ijerph13050469.
11. Escombe AR, Oeser CC, Gilman RH, et al. Natural Ventilation for the Prevention of Airborne Contagion. Wilson P, ed. *PLoS Medicine*. 2007;4(2):e68. doi:10.1371/journal.pmed.0040068.

12. Lonnroth K, Jaramillo E, Williams B, et al. Drivers of tuberculosis epidemics: the role of risk factors and social determinants. *Social Science & Medicine*. 2009 (68) 2240-2246.
13. San Pedro A, Oliveira RM. Tuberculosis and socioeconomic indicators: a systematic review of the literature. *Rev Panam Salud Publica*. 013;33(4):294–301.
14. Silva DF, Pereira MJF. Restructuring of the care model of the Tuberculosis Control Program of the city of Itaboraí, Rio de Janeiro. *J Bras Pneumol*. 2008;34 supl:1-70.
15. Rosela D, Aquino A, Santos CAT, Paes-Sousa R, Barreto ML. Effect of a conditional cash transfer programme on childhood mortality: a nationwide analysis of Brazilian municipalities. *Lancet*. 2013;382(9886):57-64.
16. Acosta, Lisiane Morelia Weide, & Bassanesi, Sérgio Luiz. (2014). The Porto Alegre paradox: social determinants and tuberculosis incidence. *Rev Brasileira de Epidemiologia*, 17(Suppl. 2), 88-101.
17. Viana PVS, Gonçalves MJF, Basta PC. Ethnic and racial inequalities in notified cases of tuberculosis in Brazil. *Plos One*. 2016,11.
18. Brudey K, Driscoll JR, Rigouts L, et al. Mycobacterium tuberculosis complex genetic diversity: mining the fourth international spoligotyping database (SpolDB4) for classification, population genetics and epidemiology. *BMC Microbiology*. 2006;6:23. doi:10.1186/1471-2180-6-23.
19. Serpa JA, Teeter LD, Musser JM, Graviss EA. Tuberculosis Disparity between US-born Blacks and Whites, Houston, Texas, USA. *Emerging Infectious Diseases*. 2009;15(6):899-904. doi:10.3201/eid1506.081617.
20. Brazilian Institute of Geography and Statistics. Demographic Census 2010. Characteristics of the population and households: results of the universe. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Available: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/population/censo2010/características\\_of\\_population/results\\_of\\_universe.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/population/censo2010/características_of_population/results_of_universe.pdf)>.
21. Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (BR). National Institute of Meteorology. INMET;2017.

22. Mansoer JR, Kibuga DK, Borgdorff MW. Altitude: a determinant for tuberculosis in Kenya. *Int J tuber Dis* 1999; 3:156-61.
23. Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (BR). Weather Stations. EMBRAPA; 2015.
24. Planning Company of the Federal District - CODEPLAN, PDAD - District Household Sample Survey 2017.
25. Fick, S E; Hijmans R J. Worldclim 2: new 1-Km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatology*, 2017. Doi: 10.1002/joc.5086.
26. Cox H1, Escombe R, McDermid C, Mtshemla Y, Spelman T, Azevedo V, London L. Wind-driven roof turbines: a novel way to improve ventilation for TB infection control in health facilities. *PLoS One*. 2012;7(1):e29589. doi: 10.1371/journal.pone.0029589. Epub 2012 Jan 9.
27. Douglas, Danielle; Robert Schoene. "End-tidal partial pressure of carbon dioxide and acute mountain sickness in the first 24 hours upon ascent to cusco, Peru (3326 meters)". *Wilderness and Environment Medicine*. 2010. 21 (2): 109–113. doi:10.1016/j.wem.2010.01.003
28. Tanrikulu A.C., Acemoglu H., Palanci Y., Eren Dagli C. Tuberculosis in Turkey: high altitude and other socio-economic risk factors (2008) *Public Health*, 122 (6) , pp. 613-619.
29. Hassarangsee S, Tripathi NK, Souris M. Sapatial Pattern detection of tuberculosis: a case study of Si Sa Ket Province, Thailand. *Int J Environ Res Public Health*, 2015 Dec 17;12(12):16005-18. Doi:10.3390/ijerph121215040.
30. Ueki, Suely Yoko Mizuka et al. Biological Safety Cabinet Monitoring: Strain Handling and Decontamination in a Mycobacterial Laboratory. *J. Bras. Patol. Med. Lab.*, Rio de Janeiro , v. 44, n. 4, p. 263-269, Aug. 2008 .



## **ANEXOS**

ANEXO A – Documentação de Aprovação pelo Comitê de Ética



FACULDADE DE CIÊNCIAS DA  
SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE  
BRASÍLIA - CEP/FS-UNB



## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Análise da incidência de tuberculose em quatro municípios dos diferentes estados do Brasil na perspectiva dos fatores climáticos

**Pesquisador:** Maria do Socorro Nantua Evangelista

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 43357015.5.0000.0030

**Instituição Proponente:** FUNDACAO UNIVERSIDADE DE BRASILIA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 1.098.421

**Data da Relatoria:** 08/04/2015

### Apresentação do Projeto:

"Resumo:

A emergência e re-emergência de doenças no mundo atual estão fortemente associadas as interações com fenômenos da degradação ambiental e urbanização, além da transformação rápida de padrões de comportamentos sociais, com impacto na saúde das pessoas, particularmente, nas doenças de transmissão aérea, dentre elas a Tuberculose (TB). Este estudo tem por objetivo analisar a incidência de tuberculose em quatro municípios de distintas regiões brasileiras (Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste) na perspectiva da representação social e fatores climáticos. Trata-se de uma pesquisa do tipo ecológica, com uso do banco de dados do Programa Nacional de Controle da Tuberculose (PNCT), Instituto Nacional de Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e Companhia de Planejamento do Distrito Federal. A incidência de TB será analisada em correlação com os seguintes indicadores: demográficos; socioeconômicos; climáticos e de carga da TB. Dada a distribuição da problemática da TB no país, espera-se com o estudo, compreender o contexto dos cenários de adoecimento, à luz dos diferentes referenciais teóricos, com vistas a criar estratégias para redução do problema, bem como, explicar os motivos pelo qual ocorre maior e menor adoecimento por TB nas referidas áreas. Este ocorrerá após aprovação pelo Comitê de Ética."

**Endereço:** Faculdade de Ciências da Saúde - Campus Darcy Ribeiro

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.910-900

**UF:** DF

**Município:** BRASILIA

**Telefone:** (61)3107-1947

**E-mail:** cepfsunb@gmail.com



FACULDADE DE CIÊNCIAS DA  
SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE  
BRASÍLIA - CEP/FS-UNB



Continuação do Parecer: 1.098.421

#### Metodologia Proposta:

O estudo será realizado em quatro municípios brasileiros, localizados nas regiões Nordeste, Sudeste, Centro-Oeste e Sul, sendo eles Recife, Rio de Janeiro, Brasília e Porto Alegre.

Trata-se de um estudo do tipo ecológico.

Quanto à base de informações a serem utilizadas no estudo, será composta por dados secundários disponíveis para o período de 2010 a 2015, provenientes do Ministério da Saúde/Vigilância Epidemiológica (Sistema de Informação de Agravos à Saúde-SINAN); do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE; Companhia de Planejamento do Distrito Federal – CODEPLAN e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

A incidência de TB por municípios será discutida/analisaada em correlação com outros indicadores, divididos em quatro classes, a saber: Indicadores demográficos (Proporção de urbanização, Taxa de fecundidade, Taxa bruta de natalidade, Esperança de vida ao nascer), indicadores socioeconômicos (Taxa de analfabetismo, Produto Interno Bruto (PIB) per capita, Razão de renda, Proporção da pop. abaixo da linha de pobreza, Taxa de desemprego, Taxa de residentes por domicílio); indicadores climáticos (Temperatura média dos municípios, Índice de pluviosidade, Umidade relativa do ar, Índice de radiação solar, Índice de precipitações, Velocidade e direção do vento); indicadores de incidência de Tuberculose; indicadores de cobertura por serviços de saúde e saneamento (No de atendimentos ambulatoriais, No de internações hospitalares, Proporção de TB com acompanhamento ambulatorial, proporção da pop.). Será também realizada análise ecológica.

A análise estatística será realizada por meio do programa STATA.

#### Objetivo da Pesquisa:

"Objetivo Primário:

Analisar a incidência de tuberculose em quatro municípios dos diferentes estados brasileiros na perspectiva dos fatores climáticos.

Objetivo Secundário:

- Analisar a correlação entre a incidência de tuberculose e as condições climáticas. - Quantificar os fatores sócio-econômicos, ecológicos e os efeitos na determinação dos diferentes coeficientes de incidência das áreas analisadas. - Identificar o perfil ambiental e a ocorrência de tuberculose, considerando os quatro municípios do estudo."

**Endereço:** Faculdade de Ciências da Saúde - Campus Darcy Ribeiro  
**Bairro:** Asa Norte **CEP:** 70.910-900  
**UF:** DF **Município:** BRASILIA



Continuação do Parecer: 1.098.421

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Riscos e benefícios segundo o pesquisador:

"Riscos:

A pesquisa seguirá todas as recomendações da Resolução 466/13 do Conselho Nacional de Saúde, que trata de pesquisas envolvendo seres humanos. Será desenvolvido por meio de fontes secundárias, não envolvendo diretamente os sujeitos, o que minimiza riscos de danos aos envolvidos.

Benefícios:

A pesquisa possibilita a aquisição de conhecimentos a fim de entender e prevenir a doença de Tuberculose que afeta o bem estar dos sujeitos, além de permitir a criação de políticas públicas nesta área. Além do resultado dessa pesquisa poder gerar dados sobre a aplicabilidade do método na identificação da TB por região, tanto em área com baixa e alta endemicidade da doença, objetivando em última instância, reduzir o risco de adoecimento e morte por tuberculose. Os resultados do estudo podem ainda subsidiar a discussão e a inclusão de novas estratégias governamentais e tecnologias, visando o controle da TB no país, e assim, reduzir a transmissão da doença, o sofrimento humano e a morbimortalidade por tuberculose na população."

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Trata-se de pesquisa de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Enfermagem da Universidade de Brasília (UnB) orientado pela Profa. Maria do Socorro Nantua Evangelista.

"Hipótese:

A incidência de Tuberculose nos municípios está correlacionada a fatores climáticos?"

Base de informações a serem utilizadas no estudo composta por dados secundários disponíveis para o período de 2008 a 2012, provenientes do Ministério da Saúde/Vigilância Epidemiológica (Sistema de Informação de Agravos à Saúde-SINAN); do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE; Companhia de Planejamento do Distrito Federal – CODEPLAN e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

O estudo será realizado em quatro municípios brasileiros, localizados nas regiões Nordeste, Sudeste, Centro-Oeste e Sul, sendo eles Recife, Rio de Janeiro, Brasília e Porto Alegre.

Orçamento no valor total de R\$7.621,00, consistindo de materiais de papelaria, impressora, computador e serviços de estatístico.

Período de execução do projeto na Plataforma Brasil de 26/02/2015 a 25/01/2016. Etapa de

**Endereço:** Faculdade de Ciências da Saúde - Campus Darcy Ribeiro

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.910-900

**UF:** DF

**Município:** BRASILIA

**Telefone:** (61)3107-1947

**E-mail:** cepfsunb@gmail.com





FACULDADE DE CIÊNCIAS DA  
SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE  
BRASÍLIA - CEP/FS-UNB



Continuação do Parecer: 1.098.421

busca por dados secundários ocorrerá de 27/04/2015 a 26/06/2015. Cronograma de execução do projeto informa período de execução de 2014 a 2017, e informa etapa de "coleta de dados", "Análise dos dados" e "Resultados e discussão" para 2015.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Documentos analisados para emissão do presente parecer:

Informações Básicas do Projeto - "PB\_INFORMAÇÕES\_BÁSICAS\_DO\_PROJETO\_464165.pdf", postado em 25/03/2015;

Termo de concordância de instituição coparticipante assinada pelo coordenador nacional do Programa de Tuberculose do Ministério da Saúde, Dráurio Barreira - "Instituição Co-Participante.pdf", postado em 22/03/2015;

Planilha orçamentária - "Planilha CEPFS.doc", postado em 06/03/2015;

Folha de Rosto assinada pela pesquisadora responsável e com carimbo e assinatura da vice-diretora da Faculdade de Ciências da Saúde, Profa. Karina Eleonora de Sávio - "Plataforma Brasil Fernanda1.pdf", postado em 26/02/2015;

Projeto Detalhado - "Projeto doutorado.docx", postado em 26/02/2015;

Resposta a pendências documentais - "resposta a pendencia.pdf", postado em 25/03/2015;

Termo de concordância assinado pela vice-diretora da Faculdade de Ciências da Saúde, Profa. Karina Eleonora de Sávio, e pela pesquisadora responsável - "Termo de Concordancia.pdf", postado em 26/02/2015;

Carta de requerimento de dispensa de TCLE, justificando pelo uso de fontes secundárias de bases de dados oficiais - "dispensa TCLE.pdf", postado em 20/02/2015;

Carta de encaminhamento de projeto de doutorado do Programa de Pós-graduação em Enfermagem, assinado pela pesquisadora responsável - "carta de encaminhamento.pdf", postado em 20/02/2015;

Termo de responsabilidade e compromisso assinado pela pesquisadora responsável - "termo de responsabilidade.pdf", postado em 20/02/2015;

Currículos de Fernanda Monteiro de Castro Fernandes e Maria do Socorro Nantua Evangelista - "currículo fernanda 1.docx" e "Currículo do Sistema de Currículos Lattes (Maria do Socorro Nantua Evangelista).pdf", postados em 10/02/2015.

**Recomendações:**

Recomenda-se incluir Fernanda Monteiro de Castro Fernandes como membro da equipe de pesquisa na Plataforma Brasil.

**Endereço:** Faculdade de Ciências da Saúde - Campus Darcy Ribeiro  
**Bairro:** Asa Norte **CEP:** 70.910-900  
**UF:** DF **Município:** BRASILIA



FACULDADE DE CIÊNCIAS DA  
SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE  
BRASÍLIA - CEP/FS-UNB



Continuação do Parecer: 1.098.421

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Trata-se de projeto de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Enfermagem, Universidade de Brasília, de Fernanda Monteiro de Castro Fernandes, sob orientação da Profa. Maria do Socorro Nantua Evangelista.

O estudo prevê a utilização de Base de informações composta por dados secundários disponíveis para o período de 2008 a 2012, provenientes do Ministério da Saúde/Vigilância Epidemiológica (Sistema de Informação de Agravos à Saúde-SINAN); do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE; Companhia de Planejamento do Distrito Federal – CODEPLAN e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Será realizado em quatro municípios brasileiros, localizados nas regiões Nordeste, Sudeste, Centro-Oeste e Sul, sendo eles Recife, Rio de Janeiro, Brasília e Porto Alegre.

Não há óbices éticos.

Protocolo de pesquisa aprovado.

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Em acordo com a Resolução 466/12 CNS, itens X.1.- 3.b. e XI.2.d, os pesquisadores responsáveis deverão apresentar relatórios parcial semestral e final do projeto de pesquisa, contados a partir da data de aprovação do protocolo de pesquisa.

BRASILIA, 09 de Junho de 2015

---

**Assinado por:**  
**Marie Togashi**  
**(Coordenador)**

