

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**COMISSÃO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**PÉTERSON OLIVEIRA SILVEIRA**

**ÍNDICE DE VULNERABILIDADE AO CONTÁGIO DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS  
DA POPULAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE- RS**

**PORTO ALEGRE**

**2019**

PÉTERSON OLIVEIRA SILVEIRA

**INDICE DE VULNERABILIDADE AO CONTÁGIO DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS  
DA POPULAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE- RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Laurindo Antonio Guasselli

**PORTO ALEGRE**

**2019**

### CIP - Catalogação na Publicação

Silveira, Péterson Oliveira  
ÍNDICE DE VULNERABILIDADE AO CONTÁGIO DE DOENÇAS  
RESPIRATÓRIAS DA POPULAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE  
PORTO ALEGRE- RS / Péterson Oliveira Silveira. --  
2019.  
48 f.  
Orientador: Laurindo Antonio Guasselli.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto  
de Geociências, Bacharelado em Geografia, Porto  
Alegre, BR-RS, 2019.

1. Doenças. 2. Respiratórias. 3. Vulnerabilidade.  
4. Mapeamento. 5. RMPA. I. Antonio Guasselli,  
Laurindo, orient. II. Título.

**Trabalho de Conclusão de Curso**

**INDICE DE VULNERABILIDADE AO CONTÁGIO DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS  
DA POPULAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE- RS**

Péterson Oliveira Silveira

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Roberto Verdum  
Departamento de Geografia/IGEO/UFRGS

---

Prof. Dr. Marcos Wellausen  
Departamento de Geografia/IGEO/UFRGS

*Dedico esse trabalho a minha vó, Maria Terezinha dos Santos Oliveira, e para minha mãe, Maria Rosane dos Santos Oliveira, pessoas que sempre estiveram comigo em todos os momentos da minha vida, principalmente nos mais difíceis, e que não me abandonaram até quando eu mesmo quis me afastar...*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha vó, Maria Terezinha, e a minha mãe, Maria Rosane, que me deram todo suporte necessário para ingressar em uma universidade pública de excelência e de me manter nela durante todos esses anos de estudo. Vocês acreditaram em mim e nas minhas capacidades quando nem eu acreditava, irei lembrar disso para sempre. Sou uma pessoa muito privilegiada por ter o apoio de vocês.

Agradeço as amizades que fiz durante esses anos e que me ajudaram de inúmeras formas a chegar onde cheguei. O carinho, compreensão e apoio de vocês me tornou uma pessoa muito melhor do que aquela de 6 anos atrás. Deixo um agradecimento especial para Daniel Machado, Bruno Mazzoni, Gabriel Toja, Larrisa Foppa e Natalia Schulz.

Agradeço ao meu professor/orientador/chefe/psicólogo Dr. Laurindo Antonio Guasselli por esses anos de pesquisa e trabalho juntos. Nunca irei me esquecer daquele mês de janeiro, quando você deu para um aluno, até então perdido em seu curso, um *norte* e a oportunidade de correr atrás dos seus sonhos. Se sou hoje feliz com meu trabalho e pesquisa, isso se deve muito ao seu apoio!

Ao Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia e todos seus funcionários e aos meus colegas de laboratório. O apoio de vocês foi fundamental para a minha formação acadêmica.

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ao Instituto de Geociências e ao Departamento de Geografia, por toda a infraestrutura, auxílios financeiros e incentivos proporcionados, sem os quais não seriam possíveis a minha formação e a realização deste trabalho.

Vale lembrar também que não só a elaboração desse estudo como a excelente formação acadêmica do aluno que vos fala, só foi possível graças ao apoio da CAPES, CNPq e PRAE-UFRGS, a partir das bolsas de incentivo a pesquisa e de permanência de aluno de baixa renda na universidade. A educação pública e de qualidade é um direito de todos, principalmente dos menos favorecidos. Eu como filho da UFRGS irei sempre defender a educação pública de excelência que essa universidade representa para nossa sociedade.

E por último, e longe de ser o menos importante, agradeço ao apoio das minhas gatinhas de estimação, Ravina e Dirce, pelas noites em claro juntos e por todo o conforto e aconchego nos momentos difíceis (e foram vários).

*Then you slowly recall all your mind;  
Why, your soul's gone cold, and all hope has run dry;  
Dead inside;  
Never enough to forget that you're one of the lonely;  
Slowly recall all your mind...*

*Decadence - Disturbed*

## RESUMO

As doenças respiratórias são um dos principais problemas do ponto de vista da saúde nos grandes centros urbanos. A alta densidade demográfica atrelada a diversas fontes fixas e móveis de poluição contribuem para a disseminação de doenças respiratórias na população. Nesse trabalho se propõe conceder um indicador de vulnerabilidade ao contágio de doenças respiratórias na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), a partir da consulta a referenciais teóricos para definir variáveis relacionadas ao processo de contágio. As variáveis selecionadas para o estudo foram: pessoas nas faixas etárias de 0 a 9 anos e acima de 60, registro de internações hospitalares por doenças respiratórias, registro de óbitos, número de veículos registrados e registro de indústrias. Foi utilizada a escala municipal para elaborar um índice de vulnerabilidade e enquadramento dos dados. Para análise espacial, foi utilizada a ferramenta de sobreposição ponderada, onde a cada variável foi atribuído um valor de influência e peso, e depois essas variáveis foram ponderadas e sobrepostas. Como resultado foi gerado mapa com o índice de vulnerabilidade para cada município da RMPA ao contágio de doenças respiratórias. Os resultados mostraram que os municípios de Arroio dos Ratos, Santo Antônio da Patrulha, Triunfo e São Jerônimo possuem o maior índice de vulnerabilidade ao contágio de doenças respiratórias, e ainda faltam trabalhos na área que definam a importância individuais de cada variável no processo de contágio de doenças respiratórias.

Palavras-chave: doenças; respiratórias; vulnerabilidade; mapeamento; RMPA



## ABSTRACT

Respiratory diseases are one of the major health problems in large urban centers. The high population density linked to both fixed and mobile sources of pollution contributes to the proliferation of respiratory diseases in the population. This paper proposes the development of an indicator of vulnerability to respiratory diseases contagion in the Metropolitan Region of Porto Alegre (RMPA), based on a theoretical references inquiry to define variables related to the contagion process. The selected variables for the study were: people aged 0 to 9 years and over 60, hospitalization records due to respiratory diseases, death records, number of vehicles and industries data. To elaborate a vulnerability index and data framing, the municipal scale was used. At the spatial analysis, the weighted overlay tool was applied, in which to each variable an influence and weight value were assigned. Then, these variables were weighted and overlapped. As a result, a map with the vulnerability index for each municipality of the RMPA to the respiratory diseases contagion was generated. The results showed that the municipalities of Arroio dos Ratos, Santo Antônio da Patrulha, Triunfo and São Jerônimo have the highest index of vulnerability to the respiratory diseases contagion. Still, there aren't enough studies in this area to better define the individual importance of each variable in the respiratory diseases contagion process.

Keywords: diseases; respiratory; vulnerability; mapping; RMPA

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da área de estudo. ....	16
Figura 2 - Internações em crianças e mortes em idosos atribuíveis às diferenças entre os níveis médios anuais de PM10 e o padrão de 20µg/m <sup>3</sup> . ....	25
Figura 3 - Mapa elaborado por John Snow para identificação dos locais de ocorrência de cólera em 1854. ....	26
Figura 4 - Mapeamento do índice de Moran para a vulnerabilidade na escala de bacia hidrográfica. ....	27
Figura 5 - Metodologia de trabalho. ....	29
Figura 6 - Fluxograma metodológico ....	30
Figura 7 - Classes e as influências das variáveis utilizadas como critério de vulnerabilidade. ....	34
Figura 8 - Mapa de vulnerabilidade a doenças respiratórias. ....	40
Figura 9 - Mapa de risco do IIMR. ....	43
Figura 10 - Correlação do mapa de vulnerabilidade e o IIMR. ....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais poluentes atmosféricos .....	21
Tabela 2 - Definições na Avaliação de Exposição (AE) .....	22
Tabela 3 - Principais poluentes atmosféricos, suas fontes, áreas de ação no sistema respiratório e efeitos sobre a saúde humana. ....	23
Tabela 4 - Softwares e hardwares utilizados no trabalho .....	29
Tabela 5 - Descrição da fonte das variáveis. ....	31
Tabela 6 - Bases vetoriais utilizadas no projeto. ....	31
Tabela 7 - Reclassificação de Intervalos .....	32

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>14</b>
<b>1.3 OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
<b>1.3.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>15</b>
<b>1.3.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>15</b>
<b>1.4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>16</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 FONTES POLUIDORAS .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 POPULAÇÕES VULNERÁVEIS A DOENÇAS RESPIRATÓRIAS .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) APLICADOS À SAÚDE .....</b>	<b>26</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1 MATERIAIS .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2 MÉTODOS .....</b>	<b>29</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1 CRITÉRIOS PARA MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE A DOENÇAS RESPIRATÓRIAS .....</b>	<b>33</b>
<b>4.2 CLASSES DE VULNERABILIDADE AO CONTÁGIO DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS E CORRELAÇÃO COM MAPA DE RISCO DO IIMR.....</b>	<b>39</b>
<b>5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>47</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As doenças respiratórias são um dos principais problemas de saúde que envolvem grandes centros urbanos no mundo inteiro. São consideradas doenças “silenciosas”, que atuam de forma constante no organismo das pessoas, gerando complicações à saúde conforme se intensifica o acúmulo de poluentes, e os órgãos do sistema respiratório começam a ser afetados mais gravemente.

A pesquisadora Cláudia Rhoden, do laboratório de Poluição Atmosférica da UFCSPA, em recente entrevista à revista Cidades e Esportes (BARCELOS, 2018), ressalta que a falta de monitoramento da qualidade do ar em Porto Alegre, devido às estações sucateadas da RMPA, dificulta o monitoramento das doenças causadas pela má qualidade do ar nas populações mais vulneráveis a esse tipo de doença, que ela ressalta serem os idosos, as crianças e demais pessoas com problemas cardíacos.

Segundo a reportagem publicada pelo site do G1 (RODRIGUES, 2013), Porto Alegre possui a qualidade do ar duas vezes mais poluída do que o aceitável, isso foi relatado em um estudo elaborado pelo grupo de pesquisa da UFCSPA que estuda poluentes atmosféricos e seus impactos em organismos. Os pesquisadores ainda estimam que o estado gasta em torno de R\$ 360 milhões por ano em tratamentos para esse mal “invisível” que atinge a população.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), são ferramentas que podem contribuir a partir de análises espaciais para um melhor entendimento de questões relacionadas à saúde da população. Em diversos lugares do mundo e do Brasil, as técnicas de geoprocessamento que envolvem o SIG são utilizadas na área da saúde (BENÍTEZ, 2015; COSTA; MARDINI; BARRETO, 2017; LOURENÇO; LANDIM, 2005; LUENAM; PUTTANAPONG, 2019; MULLER; CUBAS; BASTOS, 2010; OLIVEIRA; CARVALHO; TRAVASSOS, 2004; SANTOS; BARCELLOS, 2006).

Visando a complementação de instrumentos de gestão territorial e contribuição científica para essa área de pesquisa, esse trabalho de conclusão de curso de geografia propõe gerar um mapa de vulnerabilidade a partir das variáveis relacionadas ao contágio de doenças respiratórias na RMPA, e desta forma delimitar as áreas onde a população vem sendo mais afetada por esse tipo de agravo na saúde.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

As doenças respiratórias são um dos principais problemas socioambientais dos grandes centros urbanos, nessa temática de estudo é possível encontrar trabalhos que procuram estimar a emissão de poluentes a partir de modelagem da pluma de dispersão, estudos de análise química dos poluentes emitidos e como é possível neutralizados, e outros que pelo viés da saúde procuram avaliar o impacto que determinado poluente causa na saúde humana e etc. Estudos que busquem através do levantamento de bancos de dados da saúde e socioeconômicos, junto de técnicas de geoprocessamento mapear populações vulneráveis ainda são escassos.

A determinação das variáveis envolvidas no processo de contágio de doenças respiratórias e, espacialização das mesmas a partir de técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG, pode contribuir para a elaboração de modelos estatísticos espaciais capazes de determinar zonas onde a população se encontra mais vulnerável ao contágio de enfermidades oriundas da poluição atmosférica.

Os resultados desse tipo de mapeamento podem contribuir para o entendimento da dinâmica espaço-temporal das variáveis relacionadas no processo de contágio e da população. Esse entendimento ajuda a elaborar melhores estratégias em programas de promoção da saúde por parte das secretárias e vigilâncias. Também podem servir como ponto de partida para novos estudos focados em escalas de maior detalhe, como um bairro ou uma pequena região, que podem ser identificadas como vulneráveis a partir de um primeiro estudo em macro escala.

Pesquisas abordando essa temática ainda são muito escassas. Pouco se tem produzido nessa temática levando em consideração o recorte urbano das grandes metrópoles nacionais e a geração de modelos estatísticos espaciais. Um trabalho realizado com essa temática de estudo pode apresentar resultados capazes de servir tanto ao interesse científico quanto ao público.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo Geral**

Relacionar poluição do ar e população vulnerável da RMPA, a partir da análise de dados da saúde, qualidade do ar e indicadores socioeconômicos, gerando um mapa final de vulnerabilidade ao contágio de doenças respiratórias.

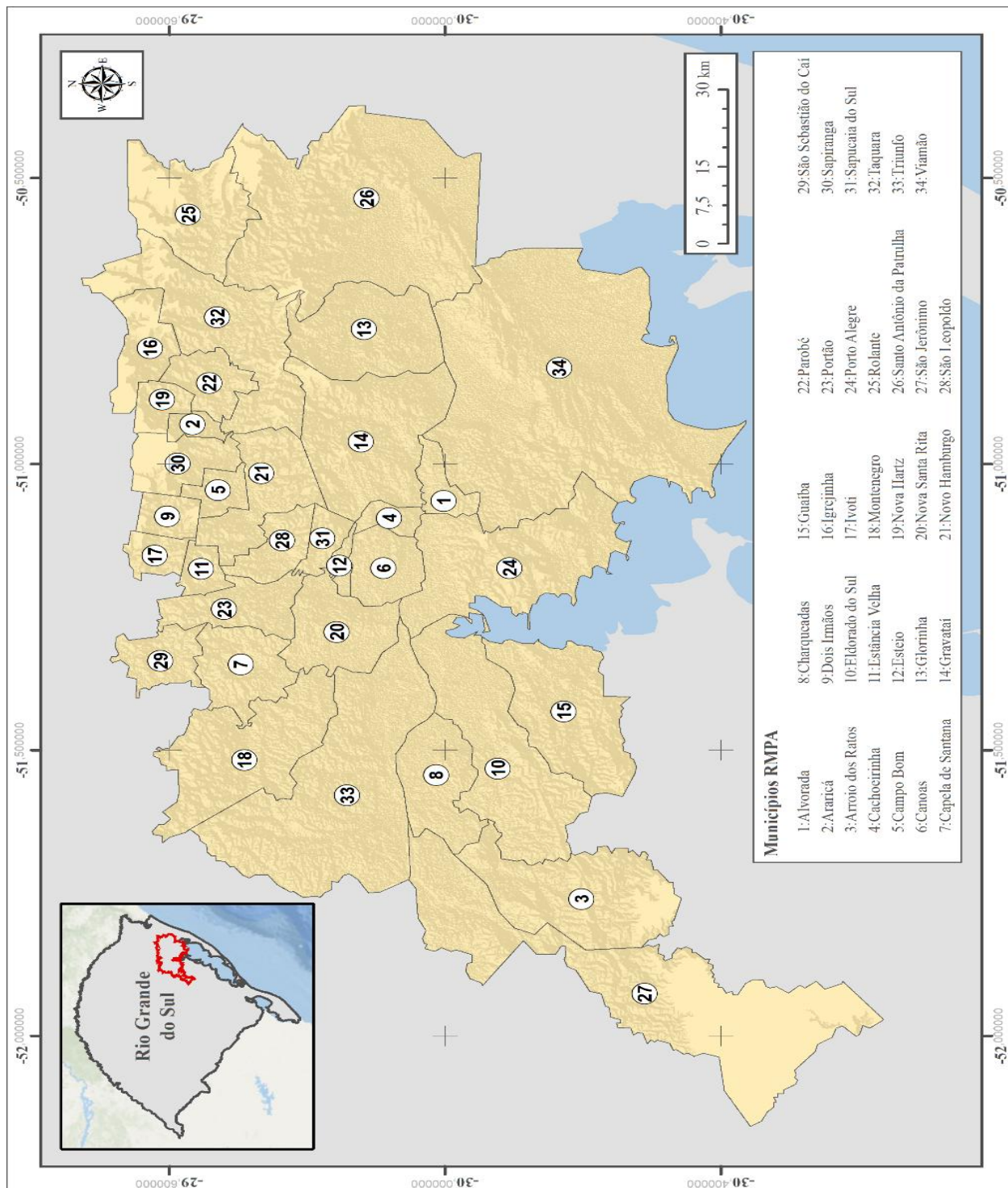
### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Definir critérios de vulnerabilidade ao contágio de doenças respiratórias;
- Definir classes de vulnerabilidade ao contágio de doenças respiratórias para na RMPA;
- Relacionar a vulnerabilidade ao mapa de risco do IIMR da vigilância de saúde do RS.

## 1.4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo do trabalho compreende a RMPA, no estado do Rio Grande do Sul conforme ilustra a Figura 1:

Figura 1 - Localização da área de estudo.



Fonte: elaborado pelo autor.



O estado do Rio Grande do Sul possui um total de 497 municípios, sendo que 34 deles estão na região metropolitana, que tem como centro a capital de Porto Alegre. Segundo dados do IBGE (IBGE, 2019), a RMPA possui uma área estimada de 10.346,00 km<sup>2</sup>, com uma estimativa populacional de 4.318.000 habitantes, e densidade demográfica de 417,36 hab/km<sup>2</sup>. Possui um IDH de 0,762, e um PIB total de R\$ 94.774.885,057, sendo o PIB per capita de R\$ 23.225,00. Por se tratar de um centro populacional, essa região também abriga a maioria das indústrias de bens de consumo do estado segundo dados da SEMA, cerca de 542, e a maior parte das estações de monitoramento de qualidade do ar da FEPAM, 9 no total, mas nem todas ativas e com longas séries de monitoramento.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO**

O referencial teórico desse trabalho será dividido em três momentos distintos que irão tratar de temas chave para a compreensão do tema da pesquisa. O primeiro é sobre fontes poluidoras, onde foi realizada a busca de publicações que abordam os conceitos básicos de fontes de poluição, até trabalhos mais elaborados sobre modelagem de pluma de contaminantes. O segundo tema é sobre as populações vulneráveis, onde a pesquisa ocorreu em trabalhos na área da saúde que buscaram analisar qual o perfil das pessoas mais atingidas por doenças respiratórias, como hábitos, faixa etária, doenças crônicas e outros fatores que aumentem a vulnerabilidade do organismo. A terceira parte mostra como os SIGs estão sendo trabalhos na área da saúde a partir da descrição de alguns trabalhos que aplicaram técnicas de geoprocessamento em suas análises.

### **2.1 FONTES POLUIDORAS**

São diversos os estudos que abordam as diferentes fontes de poluição atmosférica e os impactos diretos ou indiretos na saúde da população dos grandes centros urbanos. Alguns descrevem o comportamento dessas fontes na RMPA (CUNHA, 2002; SALDANHA, 2005; TEIXEIRA; FELTES; SANTANA, 2008; TISSOT, 2010; FILHO, 2011; CARDOSO et al., 2013; CASTRO; SILVA; ARAÚJO, 2013; SOUZA et al., 2013; CHOVERT, 2016), e buscam compreender o possível impacto ambiental dos poluentes a partir da estimativa das quantidades lançadas e da sua dispersão e concentração.

Segundo Filho (2011) os principais poluentes do ar gerados pela humanidade podem ser classificados de duas formas: primários e secundários. Os primários são os poluentes jogados diretamente na atmosfera, já como compostos químicos nocivos, enquanto que os secundários são

os que, a partir de reações químicas na atmosfera entre compostos inofensivos, formam outros compostos químicos prejudiciais. Esses compostos, primários e secundários, podem ser particulados, gases e líquidos.

Castro et al. (2013) elaboram uma revisão teórica sobre qualidade do ar e os principais poluentes atmosféricos citados na literatura científica. Destacam como os poluentes de maior importância: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), ozônio (O<sub>3</sub>), fumaça, materiais particulados (MP) usualmente citados como (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>), e pelas partículas em suspensão. Nessa revisão, os materiais particulados foram os de maior destaque. Os efeitos desses poluentes na saúde da população são variados, sendo possível o aumento de chances de câncer de pulmão, doenças respiratórias crônicas, arteriosclerose, bronquite, asma e outras doenças tanto no sistema respiratório como cardiovascular.

Cardoso et al. (2013) comparam o tipo de poluição atmosférica nos municípios da RMPA de Montenegro e Charqueadas. A partir da análise dos teores de MP<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> e elementos potencialmente tóxicos (EPT). Demonstraram que Charqueadas tem pior qualidade do ar do que Montenegro. Classificaram a poluição de Charqueadas como de áreas urbanas a industriais, e a de Montenegro como de áreas rurais a urbanas. Assim a população de Charqueadas estaria mais vulnerável a problemas de saúde veiculados a poluição do ar.

Chovert (2016) elaborou estudo numérico do impacto da frota veicular na qualidade do ar na RMPA, a partir da modelagem de dois cenários, um otimista e outro pessimista, com relação ao desenvolvimento da frota até o ano de 2030. Utilizou modelagem CCATT-BRAMS (Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian Development on the Regional Atmospheric Modelling System) para elaborar as simulações, e a ferramenta PREP-CHEM-SRC (Preprocessor of trace gas and aerosol emission fields for regional and global atmospheric chemistry models) para obtenção dos inventários de emissão que serviram como dados de entrada no modelo. Os resultados mostraram uma redução nos índices de poluição atmosférica até o ano de 2030. Isso ocorre, segundo o autor, devido as mudanças tecnológicas da frota veicular e o estabelecimento de políticas de regulamentação das emissões associadas à combustão dos veículos brasileiros. No entanto, o acumulado dos poluentes lançados na atmosférica até o ano de 2030 não impede que o número de doenças respiratórias ainda aumente na próxima década.

A combustão incompleta é a maior causa da poluição do ar. Sendo as principais fontes de poluição: o sistema de transporte, combustão e fontes estacionárias, processos industriais e resíduos sólidos (FILHO, 2011). Como efeitos da poluição do ar, o mesmo autor cita que um dos principais impactos ocorre na saúde da população:

A poluição do ar pode afetar o homem e seu ambiente de diversas formas. Quando a concentração dos poluentes do ar aumenta, sem ser o mesmo, adequadamente disperso devido a meteorologia, topografia e outros fatores, sérios problemas de saúde acabam ocorrendo. [...] Em cada caso, uma inversão térmica segurou os poluentes próximos da superfície da terra causando mais morbidade e mortalidade do que o usual, especialmente, entre os mais velhos e naqueles já possuidores de condições cardiológicas e pulmonares deficitárias. (FILHO, 2011,p.9-10)

Sobre os impactos na mortalidade da população afetada por doenças respiratórias, o autor diz:

Embora as estimativas de mortalidade devido à poluição do ar variem de 0,1% para 10%, mesmo o efeito de 0,1% da poluição do ar corresponderia a 15 mil mortes anuais. Estes dados são indicativos da poluição norte americana e estimados pela Academia Nacional de Ciências do Estados Unidos. No Brasil tais informações não existem e principalmente nas grandes cidades deveriam ser levantadas. As pessoas que vivem nas áreas urbanas têm um maior risco por estarem expostas aos poluentes do ar que podem afetar o seu bem-estar. (FILHO, 2011,p.10)

Cunha (2002) analisou o transporte de poluentes na região do polo petroquímico em Triunfo, na RMPA. O objetivo foi analisar as alterações e dispersões dos poluentes SO<sub>2</sub>, Material Particulado e NO<sub>x</sub>, emitidos pelas fontes fixas do polo de Triunfo, operado pela COPESUL. Foi utilizado o modelo ISCST3 – Industrial Source Complex Term – Short Term, recomendado pela EPA – UNAMAP (Environment Protection Agency – Users Network for Applied Modeling of Air Pollution) para modelagem da dispersão de poluentes oriundos de fontes industriais admitindo a variação de condições topográficas e de emissões variáveis. Como resultado, verificou que os valores de NO<sub>x</sub> para o período de 5 dias analisados foram os principais responsáveis pela poluição do ar na região. Segundo o autor os resultados podem ter sido influenciados por outras fontes de poluição na área, relacionadas a indústrias de 2ª geração, como: Ipiranga Petroquímica S.A., Nitriflex do Sul Ltda., OPP Petroquímica S.A., OPP Poliolefinas S.A., Oxiteno S.A., Petroflex/CoperboS.A., e Petroquímica Triunfo S.A., e a fornecedora de insumos White Martins S.A.

Saldanha (2005) elaborou um estudo sobre a dispersão de poluentes oriundos da queima de carvão mineral para geração de energia nas Usinas Termoeletricas de Charqueadas e São Jerônimo, utilizando o modelo de dispersão RAMS (Regional Atmospheric Modeling System), para o período entre 17 e 23 de junho de 2003. Os resultados mostram que nos dias onde foi registrado um sistema pré-frontal e pós-frontal as concentrações do material particulado, dióxido de enxofre e do óxido de nitrogênio, atingiram valores máximos, devido a umidade do ar estar bastante baixa com intensidade dos ventos fraca. No dia classificado como frontal, as concentrações estavam praticamente nulas, devida a passagem do sistema frontal, aumento da umidade e ocorrência de precipitação atmosférica nesse dia (SALDANHA, 2005a). Isso corrobora com o estudo elaborado por Cardoso et al. (2013) que constatou a característica industrial da poluição do ar no município de Charqueadas, sendo a população residente desse município constantemente exposta a uma grande concentração de poluentes atmosféricos.

Souza et al. (2013) analisaram as fontes de emissão móveis na RMPA, utilizando dados obtidos junto a CETESB sobre característica da frota. A partir dos cálculos realizados com base no tipo de combustível utilizado, número estimado de veículos, consumo e emissão média, descreveram a poluição oriunda da frota veicular. Os autores ressaltam que apesar de a gasolina ainda está muito à frente dos demais tipos de combustíveis, o aumento da frota veicular movida GNV tende a modificar esse quadro de emissões e melhorar a qualidade do ar na RMPA.

Tissot (2010) estudou a dispersão de material particulado emitido pela usina termelétrica de Charquedas, na RMPA, utilizando o modelo ISCST (Industrial Source Complex Term – Short Term ), indicado para o estudo da dispersão de poluentes oriundos de fontes industriais. Os resultados mostraram que a poluição gerada pela termelétrica não ultrapassa os valores permitidos, mas que o modelo subestima as concentrações de material particulado observado nas estações de qualidade do ar, que foram utilizadas para validar os resultados. Isso ocorre pelo fato do modelo não considerar as demais fontes de poluição do ar presentes na região e pela limitação da qualidade dos dados obtidos das estações. Esses valores se considerados poderiam trazer um valor mais próximo do real para o resultado da modelagem. A autora também elabora na tabela a seguir (Tabela 1), um levantamento das principais fontes de emissão de poluentes e o respectivo poluente do ar.

Tabela 1 - Principais poluentes atmosféricos

<b>Fontes</b>	<b>Poluentes</b>
Combustão	Material Particulado
	Óxidos de enxofre, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos
Processos Industriais	Material Particulado
	Óxidos de enxofre, gás sulfídrico, mercaptanas, fluoretos, ácido clorídrico, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos...
Queima de Resíduos Sólidos	Material Particulado
	Óxidos de enxofre, ácido clorídrico, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos
Veículos Automotores, Motocicletas, Locomotivas, Aviões	Material Particulado
	Monóxido de carbono, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos, aldeídos, ácidos orgânicos...
Naturais	Material Particulado
	Dióxido de enxofre, gás sulfídrico, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos...
Reação Química na Atmosfera	Ozônio, aldeídos, ácidos orgânicos, nitratos orgânicos.

Fonte: Tissot (2010).

## 2.2 POPULAÇÕES VULNERÁVEIS À DOENÇAS RESPIRATÓRIAS

Entre os diversos problemas decorrentes da poluição atmosférica, as doenças do sistema respiratório são as que mais impactam a população de forma direta. Na literatura científica, diversos trabalhos abordam os agravos causados nas populações em áreas com alta concentração/emissão de poluentes (ESCAMILLA-CEJUDO, 2003; ARBEX et al., 2012; CASTRO; GOUVEIA; DAPPER; SPOHR; ZANINI, 2016; SOUZA, 2018).

Ao debaterem sobre as metodologias envolvidas na avaliação dos agravos na saúde associados à poluição do ar, Castro et al. (2003) tratam a Avaliação da Exposição (AE) como um elemento chave para a análise dos efeitos que a poluição do ar pode vir a trazer a saúde da população. O objetivo da AE é identificar as fontes de variação da exposição da população, por exemplo, o lugar e hora do dia, levando em conta as diferentes concentrações de poluentes nos diversos ambientes do cotidiano. Isto é, a população está em contato de diferentes formas (Tabela 2) com os poluentes atmosféricos ao longo do dia, e isso deve ser levado em consideração nas análises de indicadores.

Tabela 2 - Definições na Avaliação de Exposição (AE)

<b>Termo</b>	<b>Definição</b>
Exposição	Exposição a um poluente é um evento que consiste na relação entre o homem e o ambiente, dada uma concentração específica de poluente ambiental em um intervalo de tempo determinado. As unidades para expressar a exposição são a concentração multiplicada pelo tempo. Portanto, o conceito incorpora tanto a concentração quanto o tempo de duração do contato.
Exposição Total do Indivíduo	Abrange todas as exposições a um poluente específico no meio ambiente como um todo (ar, água, alimento e solo) e todas as rotas de entrada (inalação, ingestão e absorção dérmica).
Dose	Dose é a quantidade de poluente absorvida ou depositada no corpo de um organismo exposto por um período de tempo maior – em geral de um único meio. A dose total é a soma de doses recebidas de um poluente por um indivíduo em um dado intervalo, resultante da interação com todos os meios que apresentem o poluente. Unidades de dose e dose total (massa) são, em geral, convertidas em unidades de massa por volume de fluido fisiológico ou massa por massa de tecido, por exemplo, níveis sanguíneos em $\mu\text{g}/\text{dL}$ .
Dose Interna	Refere-se à quantidade do poluente ambiental absorvido pelo tecido corporal ou à interação com a superfície da membrana de um órgão.
Dose Biologicamente Eficaz	É a quantidade do poluente depositado ou absorvido que atinge as células ou o sítio alvo onde surge um efeito adverso ou onde o poluente interage com a superfície da membrana.

Fonte: Castro et al. (2003).

Segundo Arbex et al. (2012) o mecanismo mais aceito para explicar os efeitos da poluição atmosférica na saúde humana são as altas concentrações de oxidantes e pró-oxidantes contidos nos poluentes, entre eles se pode destacar o MP (Material Particulado) de diversos tamanhos, gases e óxidos de nitrogênio (

Tabela 3). Esses poluentes em contato excessivo com o sistema respiratório acabam levando a inflamação e outros agravos.

Tabela 3 - Principais poluentes atmosféricos, suas fontes, áreas de ação no sistema respiratório e efeitos sobre a saúde humana.

Poluentes	Fontes	Penetração no sistema respiratório	Fisiopatologia
PTS	Fontes antropogênicas: poeira da rua e de estradas, atividades agrícolas e de construções. Fontes naturais: sal marinho, pólen, esporos, fungos e cinzas vulcânicas.	Nariz, garganta	Diminui a atividade mucociliar e dos macrófagos. Produz irritação nas vias respiratórias. Causa estresse oxidativo e, em consequência, inflamação pulmonar e sistêmica. Exposição crônica produz remodelamento brônquico e DPOC. Pode ser cancerígeno.
MP <sub>10</sub>		Traqueia, brônquios, bronquíolos	
MP <sub>2,5</sub>		Alvéolos	
MP <sub>0,1</sub>		Alvéolos, tecido pulmonar, corrente sanguínea	
O <sub>3</sub>	Não é emitido diretamente na atmosfera. Sua formação ocorre através de reações químicas complexas entre compostos orgânicos voláteis (COVs) e óxidos de nitrogênio (NO <sub>x</sub> ) na presença de luz solar. A luz solar e a temperatura estimulam tais reações, de tal forma que em dias ensolarados e quentes, ocorrem picos de concentração de ozônio. As fontes de emissões de COVs e NO <sub>x</sub> são veículos, indústrias químicas, lavanderias e atividades que usam solventes.	Traqueia, brônquios, bronquíolos, alvéolos	É um agente oxidante fotoquímico e muito irritante. Provoca inflamação da mucosa do trato respiratório. Em altas concentrações, irrita os olhos, mucosa nasal e da orofaringe. Provoca tosse e desconforto torácico. Exposição por várias horas leva a lesão no tecido epitelial de revestimento das vias aéreas. Provoca inflamação e obstrução das vias aéreas a estímulos como o frio e exercícios.
NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub>	Fontes antropogênicas: indústrias de ácido nítrico e sulfúrico e de motores de combustão (principal fonte), queima de combustíveis em altas temperaturas, em usinas térmicas que utilizam gás ou incinerações. Fontes naturais: descargas elétricas na atmosfera.	Traqueia, brônquios, bronquíolos, alvéolos	Afeta a mucosa dos olhos, nariz, garganta e do trato respiratório inferior, Aumenta a reatividade brônquica e a vulnerabilidade às infecções e aos alérgenos. É um bom marcador da poluição veicular.
SO <sub>2</sub>	Fontes antropogênicas: refinarias de petróleo, veículos a diesel, fornos, metalurgia e fabricação de papel. Fontes naturais: atividade vulcânica.	Vias aéreas superiores, traqueia, brônquios, bronquíolos	Irritante. Afeta a mucosa dos olhos, nariz, garganta e do trato respiratório. Causa tosse e aumenta a reatividade brônquica, facilitando a broncoconstrição.
CO	Fontes antropogênicas: queimadas florestais, combustão incompleta de combustíveis fósseis ou outros materiais orgânicos e transportes rodoviários. O setor que mais contribui para as emissões desse poluente são as áreas urbanas com tráfego intenso. Fontes naturais: erupções vulcânicas e decomposição da clorofila.	Alvéolos, corrente sanguínea	União com a hemoglobina, interferindo no transporte de oxigênio. Provoca cefaleia, náuseas e tontura. Tem efeito deletério sobre o feto. Está associado com recém-nascidos de baixo peso e morte fetal.

Fonte: Adaptado de KUNZLI et al. (2010) apud ARBEX et al. (2012).

Notas: PTS: partículas totais em suspensão; MP: material particulado; MP<sub>10</sub>: MP com menos de 10 µm de diâmetro; MP<sub>2,5</sub>: MP com menos de 2.5 µm de diâmetro; e MP<sub>0,1</sub>: MP com menos de 0.1 µm de diâmetro.

Para a definição de grupos vulneráveis ao contágio de doenças respiratórias, Arbex et al. (2012) citam como pertencentes a esse grupo: crianças, idosos e portadores de doenças crônicas pré-existent. Crianças são vulneráveis por causa do metabolismo basal acelerado e a maior atividade física quando comparadas aos adultos, o sistema imunológico não totalmente desenvolvido contribuiu no aumento de problemas respiratórios. Idosos por causa de seu sistema



imunológico não ser mais tão eficiente no combate aos poluentes, e possuem um declínio da função pulmonar que obstrui as vias aéreas, facilitando o contágio de doenças respiratórias. Os portadores de doenças crônicas pré-existentes independem da idade, são pessoas com doenças respiratórias do tipo: asma, DPOC e fibrose; e doenças circulatórias: arritmias, hipertensão e doenças isquêmicas do coração.

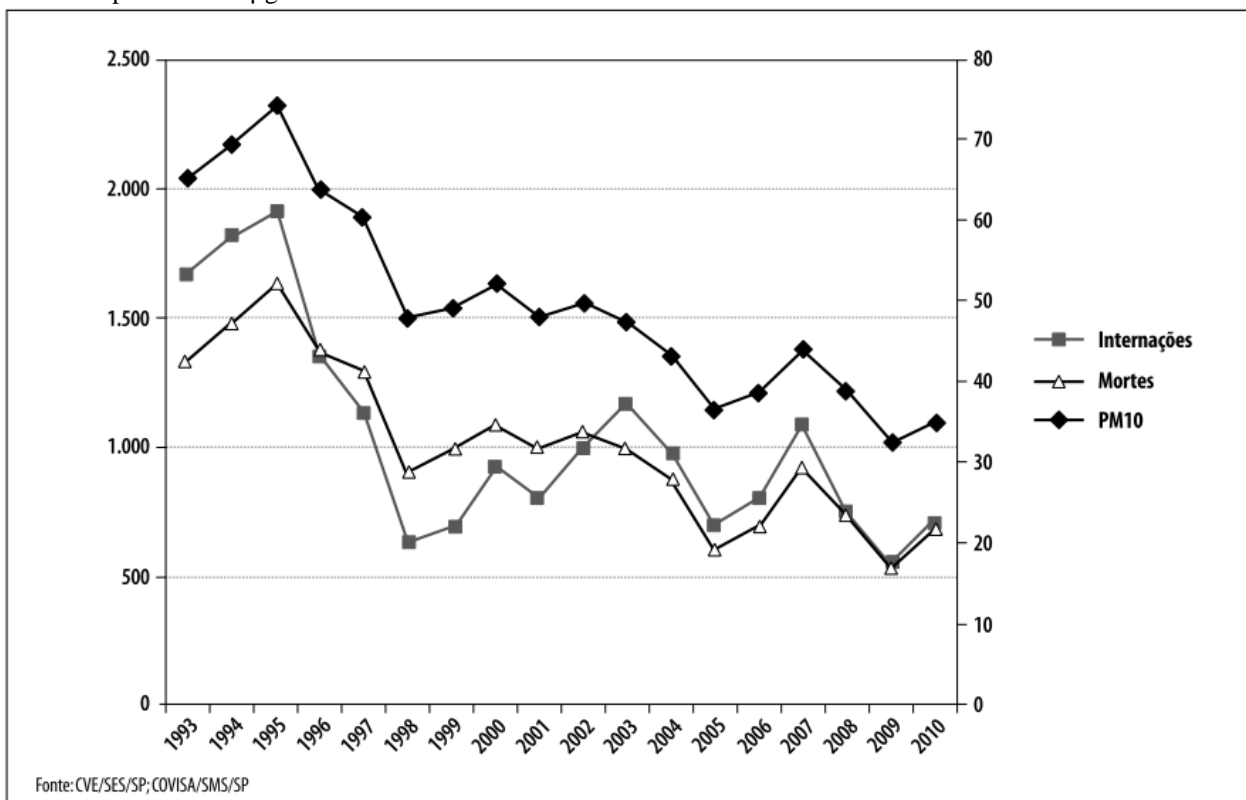
Dapper et al. (2016) elaboram uma revisão sistêmica de estudos que avaliaram a relação de doenças com poluição atmosférica no estado de São Paulo no período de 2010 à 2015. Segundo os autores os resultados sugeriram associação entre poluição atmosférica com problemas na saúde das populações estudadas, inclusive trabalhos que comprovam a relação da poluição atmosférica com o aumento da mortalidade e morbidade. Também foi relacionada a poluição atmosférica com outros agravos a saúde, como: baixo peso de recém-nascidos, incidência e mortalidade por câncer, partos prematuros e anemia falciforme.

Souza (2018) ao avaliar a presença de sintomas respiratórios e o comportamento da função pulmonar em trabalhadores atuantes na produção de carvão vegetal no período de 2008 a 2016, nos municípios de Lindolfo Collor, Presidente Lucena e Ivoti, mostra maior vulnerabilidade ao contágio de problemas pulmonares nos trabalhadores tabagistas. Isso indica que esse grupo estaria ainda mais vulnerável que o grupo de trabalhadores não-tabagistas dentro de um ambiente com altas concentrações de poluentes. No entanto, o autor ao analisar a qualidade do ar nessa mesma série temporal, a média encontrada nos três municípios mostrou fraca correlação estatística.

Freitas et al. (2013) avaliaram os impactos da poluição atmosférica na saúde em municípios brasileiros a partir da seleção de indicadores para fins de vigilância em saúde. Dos indicadores avaliados, as internações por doenças respiratórias em menores de cinco anos e internações por doenças respiratórias totais se mostraram os mais robustos para a análise, tendo esses indicadores maior consistência estatística comprovada. A Secretaria do Meio Ambiente e o Vigiante do estado do Rio Grande do Sul optaram por não participar do estudo, mesmo afirmando terem dados de monitoramento contínuo da qualidade do ar, ficando assim de fora os municípios de Porto Alegre, Canoas e Sapucaia do Sul dessa análise.

Sobre os impactos das emissões de poluentes atmosféricos na saúde, os autores apresentam dados da COVISA do município de São Paulo que mostram que no município é possível verificar uma relação entre a dinâmica de emissão de PM10 (MP<sub>10</sub>), internações por doenças respiratórias em crianças e mortes em idosos (Figura 2).

Figura 2 - Internações em crianças e mortes em idosos atribuíveis às diferenças entre os níveis médios anuais de PM10 e o padrão de 20µg/m<sup>3</sup>.



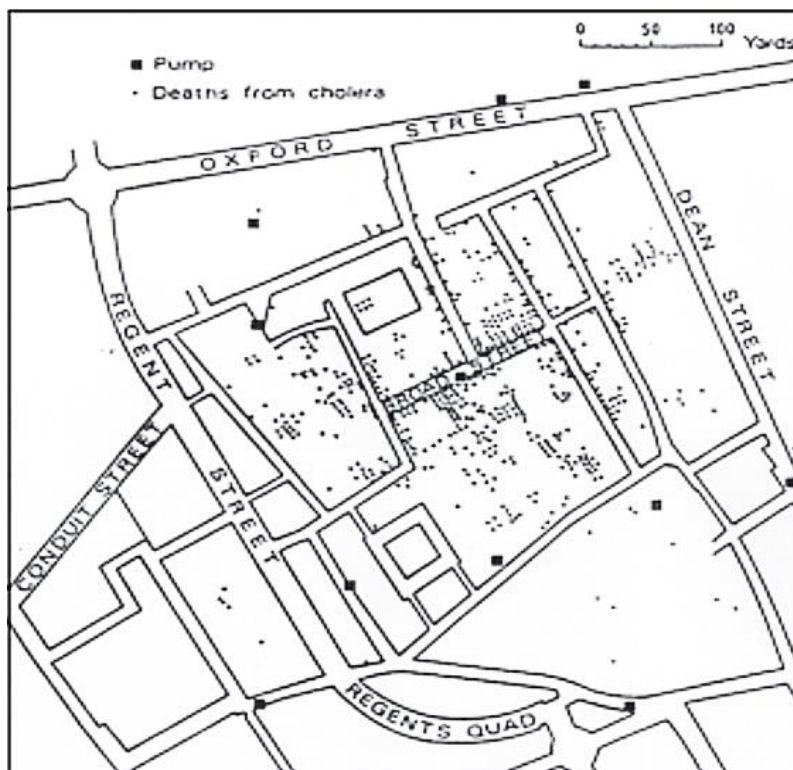
Fonte: Freitas et al. (2013).

### 2.3 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) APLICADOS A SAÚDE

Os sistemas de informações geográficas (SIG), podem ser utilizados como uma ferramenta no desenvolvimento de trabalhos e estratégias de gestão na área da saúde (CARVALHO; TRAVASSOS, 2004; LOURENÇO; LANDIM, 2005; OLIVEIRA; SANTOS; BARCELLOS, 2006; MULLER; CUBAS; BASTOS, 2010; BENÍTEZ, 2015; LUENAM; PUTTANAPONG, 2019). A partir do seu uso, é possível mapear áreas importantes para a implementação de programas da saúde da família, análise de doenças relacionados a eventos ambientais extremos, mapeamento da vulnerabilidade das poluições localizadas em áreas susceptíveis a eventos de inundação/alagamento e etc.

Santos; Barcellos (2006) citam um caso bastante conhecido e utilizado como exemplo tanto na área da saúde quanto do geoprocessamento, do médico Jon Snow e seu mapeamento da cólera. A partir do registro dos locais de moradia por mortes por cólera em Londres, no século XIX, ele conseguiu identificar um padrão de ocorrências dos casos com a localização de poços de distribuição de água, Figura 3, assim sabendo quais poços deveriam ser interditados para o uso. Assim os casos foram drasticamente reduzidos, evitando mais perdas de vidas humanas.

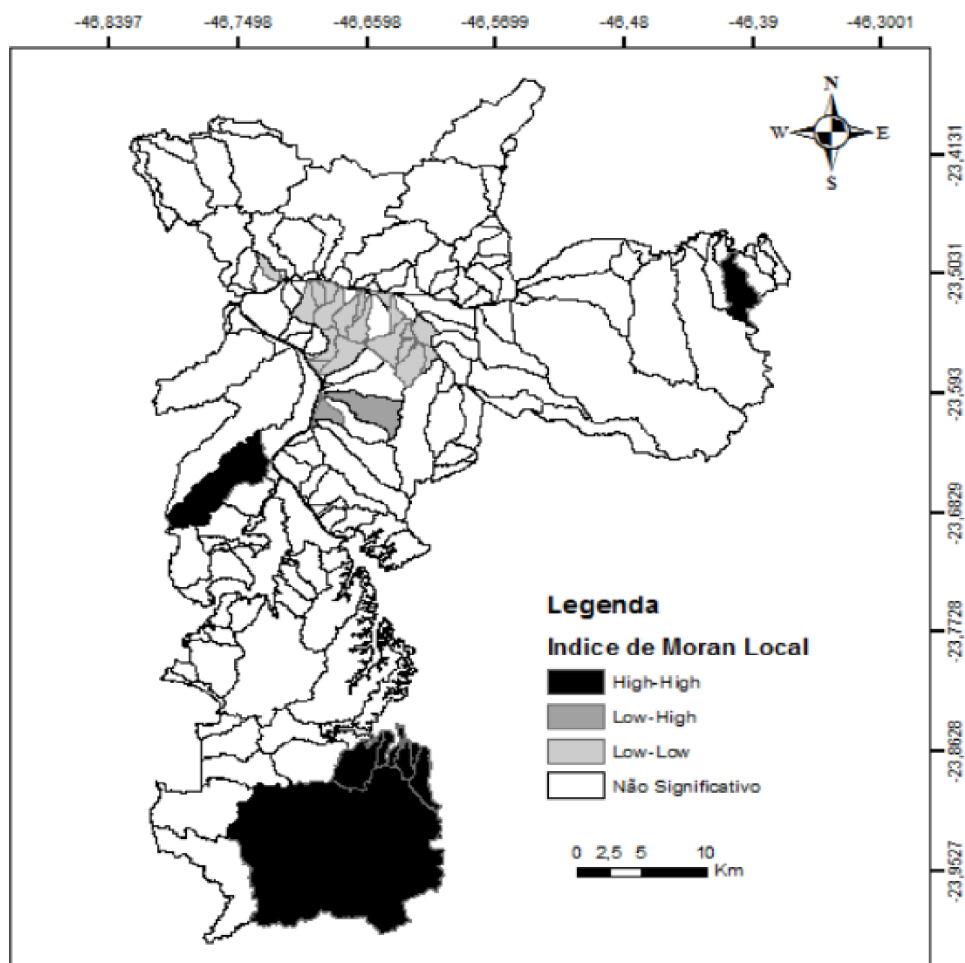
Figura 3 - Mapa elaborado por John Snow para identificação dos locais de ocorrência de cólera em 1854.



Fonte: Santos; Barcellos (2006).

Benítez (2015) elabora uma análise da vulnerabilidade das populações em relação a doenças de veiculação hídrica, a partir do cruzamento de variáveis socioeconômicas e ambientais. Para esse estudo foi utilizado um agrupamento de variáveis a partir do índice de Moran, resultando em um mapa de vulnerabilidade, Figura 4.

Figura 4 - Mapeamento do índice de Moran para a vulnerabilidade na escala de bacia hidrográfica.



Fonte: Benítez (2015).

Lourenço; Landim (2005) aplicaram métodos geoestatísticos para elaborar mapas de áreas de risco a saúde, a partir da identificação de áreas com concentrações elevadas de metais pesados no solo. O mapeamento foi realizado em uma zona urbana e industrial da Baixada Santista, em São Paulo. Os resultados obtidos pelos autores comprovaram a eficácia do uso da geoestatística para identificação de áreas contaminadas com altas concentrações de metais pesados que possam vir a causar agravos a saúde da população local.

Luenam; Puttanapong (2019) elaboram análise do padrão temporal a agrupamento espacial da leptospirose na Tailândia. Para isso fizeram uso de técnicas de agrupamento, a partir da inclusão de indicadores locais de associação espacial e estatística local Getis-Ord Gi. Foram utilizados dados de entrada dos anos de 2013 - 2015. Como resultados, conseguiram mapear as áreas onde os recursos de assistência à saúde devem ser locados a partir dos altos agrupamentos dos padrões de leptospirose que foram identificados.

Uma forma de utilização do SIG para gestão em saúde é para a organização e espacialização de informações sobre a população local atendida por uma Unidade Básica de Saúde (UBS), como abordado por Muller; Cubas; Bastos (2010). Os autores realizam uma pesquisa descritiva e operacional em uma UBS do município de Curitiba-Paraná, a partir da espacialização de informações dos pacientes pertencentes a área de atuação dos profissionais das Equipes de Saúde da Família. Com os resultados obtidos da geocodificação das informações, foi possível obter uma melhor compreensão do território de atuação das equipes e, conseqüentemente, realizar diversas correlações espaciais que tornaram possível adaptar as estratégias que vinham sendo utilizadas.

Um outro exemplo de trabalho com a finalidade de gestão da saúde a partir da espacialização de informações é Oliveira; Carvalho; Travassos (2004), que investigaram as redes estabelecidas no Brasil para os diferentes tipos de serviços da saúde. Os autores analisaram as redes de serviços simples e complexos conveniados ao SUS a partir do mapeamento dos hospitais e os locais de residências das pessoas atendidas. Os resultados apontaram que para serviços simples de saúde, grande parte dos municípios possuem uma unidade de saúde capaz de prestar atendimento. Já no caso de serviços mais complexos, ainda falta muito para o SUS atingir uma boa cobertura de seus serviços, muitos municípios ainda dependem de hospitais de referência muito distantes para atendimento. A partir da análise das redes de atendimentos, também foi possível que os autores identificassem quais estados precisam de maior mobilização para reversão desse quadro de desigualdade na cobertura dos serviços de saúde.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 MATERIAIS

Para elaboração desse estudo foram utilizados os seguintes softwares e hardwares (Tabela 4):

Tabela 4 - Softwares e hardwares utilizados no trabalho

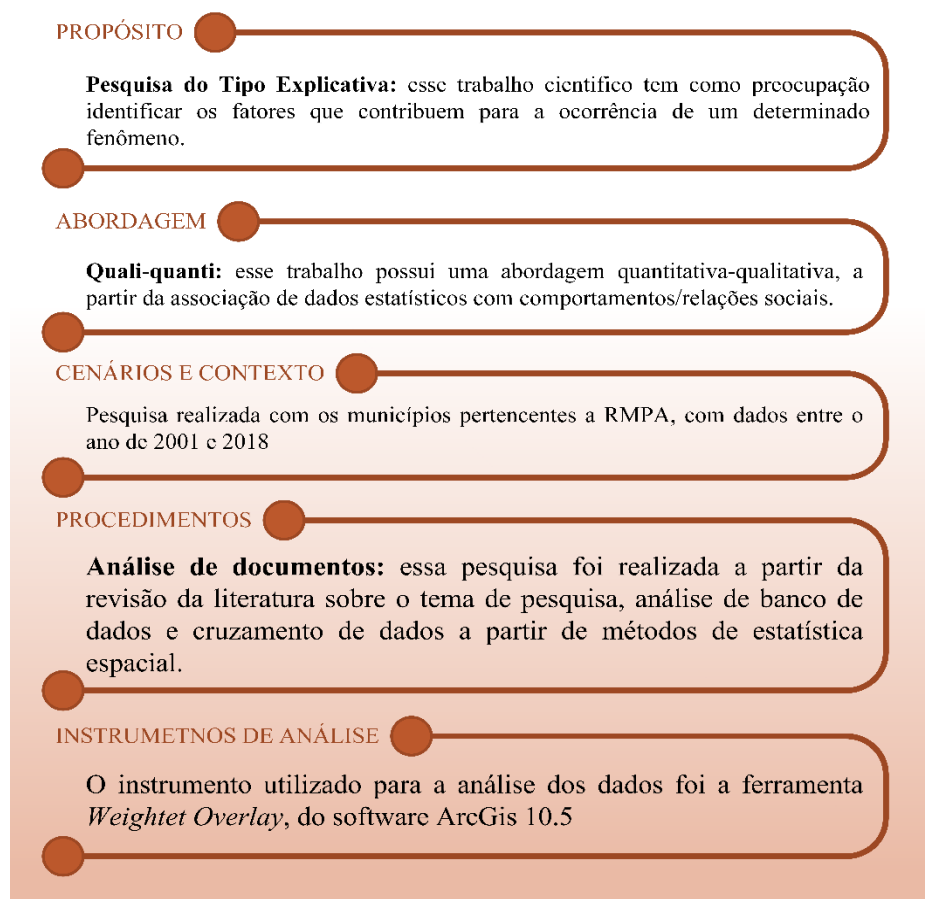
Software / Hardware	Uso
Pacote Office 2016	Digitação de texto, organização de planilhas e elaboração de material visual.
ArcGis 10.5	Elaboração dos mapas e aplicação das ferramentas de geoprocessamento.
Computador Workstation	Uso dos softwares e geoprocessamento de dados.
Mendeley	Organização da biblioteca de textos e formatação de referências bibliográficas.
Tabwin	Gerenciamento de bases de dados relacionadas a saúde.

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 3.2 MÉTODOS

O enquadramento metodológico do trabalho está apresentado na Figura 5:

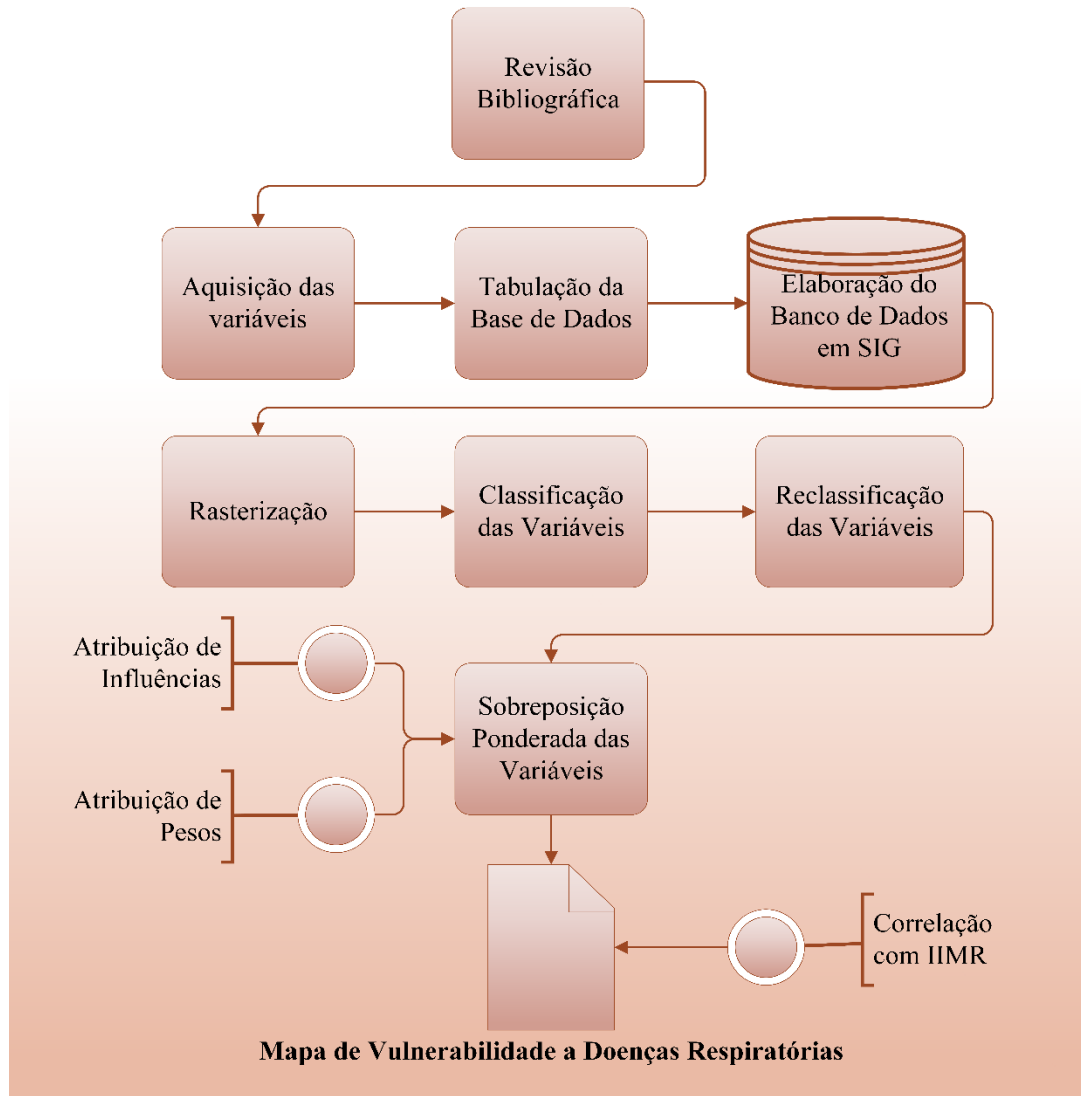
Figura 5 - Metodologia de trabalho.



Fonte: elaborado pelo autor.

Para a realização dos objetivos propostos, o trabalho segue o fluxograma da Figura 6:

Figura 6 - Fluxograma metodológico



Fonte: elaborado pelo autor

- **Revisão Bibliográfica**: corresponde a etapa a partir do qual organizado o referencial teórico e metodológico a partir da consulta a trabalhos nas seguintes temáticas aplicadas a saúde: fontes poluidoras, doenças respiratórias e sistemas de informação geográfica. A partir dessa revisão foram definidas as variáveis a serem sobrepostas para a elaboração do mapa de vulnerabilidade e as influências de cada uma para a sobreposição.

- **Aquisição das Variáveis:** a partir da definição das variáveis, foi realizado o download das mesmas para serem utilizadas na elaboração do mapa de vulnerabilidade. As informações referentes a fonte, ano de referência da informação e data de acesso são apresentadas na Tabela 5:

Tabela 5 - Descrição da fonte das variáveis.

Variável	Fonte	Ano de Referência da Informação	Acesso
Óbitos por doenças respiratórias	Ministério da Saúde	2001 - 2017	15/10/2019
Internações por doenças respiratórias		2008 - 2015	16/11/2019
Registro de Veículos	PROCERGS	2018	17/11/2019
Pessoas entre 0 e 10 anos	IBGE CENSO 2010	2010	17/11/2019
Pessoas acima de 65	IBGE CENSO 2010	2010	17/11/2019
Indústrias	SEMA	2018	15/10/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

- **Tabulação da Base de Dados:** nessa etapa as variáveis foram filtradas pela área de estudo (RMPA), e tabuladas em uma planilha no software Excel 2016. Essa tabela contempla todas as variáveis e seus respectivos metadados. Os gráficos e as correlações foram elaborados a partir dos registros presentes nessa tabela.
- **Elaboração do Banco de Dados em SIG:** a tabela com todas as variáveis foi relacionada com um arquivo vetorial do tipo *shapefile*, dos municípios pertencentes a RMPA segundo a lista disponível no site da Metroplan (2019). As demais bases de dados vetoriais utilizadas na elaboração dos mapas presentes no projeto podem ser conferidas na Tabela 6:

Tabela 6 - Bases vetoriais utilizadas no projeto.

Dado	Fonte	Ano	Acesso
Limite Municípios RS	SEMA	2018	15/10/2019
Limite UF	IBGE	2015	16/11/2019
Sedes Municipais	SEMA	2018	15/10/2019
Edificações Industriais	SEMA	2018	15/10/2019

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

- **Rasterização:** a partir do *shapefile* das variáveis foi realizada a sua conversão para um arquivo matricial do tipo *raster*. Essa conversão se faz necessária pois a ferramenta para sobreposição e ponderação das variáveis trabalha com o formato de arquivo *raster* como informação de entrada.



- Classificação das Variáveis: essa etapa compreende a classificação de todas as variáveis em 5 (cinco) intervalos a partir do método estatístico de quebras naturais (JENKS; CASPALL, 1971). Esse método minimiza a diferença dos valores relativos a uma mesma classe e destaca o intervalo entre classes (RAMOS et al., 2016). Foi o método que melhor diferenciou os dados de forma individual quando representados espacialmente.
- Reclassificação das Variáveis: após a classificação foi realizada a sua reclassificação. Essa reclassificação serve para converter intervalos em números inteiros, assim podendo ser os mesmos utilizados na ferramenta de sobreposição ponderada. Cada um dos intervalos recebeu um número corresponde de 1 a 5, onde 1 corresponde ao menor intervalo, e 5 que corresponde ao maior intervalo de valores.

Tabela 7 - Reclassificação de Intervalos

<b>Valor Reclassificado</b>	<b>Pessoas de 0 a 9 Anos de Idade</b>	<b>Pessoas Acima de 60 Anos de Idade</b>	<b>Registro de Internações por Doenças Respiratórias</b>	<b>Registro de Óbitos por Doenças Respiratórias</b>	<b>Registro de Veículos</b>	<b>Registro de Indústrias</b>
<b>1</b>	0,101 - 0,107	0,070 - 0,084	0,000 - 0,001	0,008 - 0,010	3632 - 26803	2 - 6
<b>2</b>	0,108 - 0,119	0,085 - 0,098	0,002 - 0,003	0,011 - 0,012	26804 - 51701	7 - 10
<b>3</b>	0,120 - 0,128	0,099 - 0,111	0,004 - 0,008	0,013 - 0,014	51702 - 123281	11 - 16
<b>4</b>	0,129 - 0,137	0,112 - 0,132	0,009 - 0,014	0,015 - 0,016	123282 - 197042	17 - 28
<b>5</b>	0,138 - 0,147	0,133 - 0,149	0,015 - 0,027	0,017 - 0,018	197043 - 840856	29 - 57

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

- Sobreposição Ponderada das Variáveis: corresponde a principal etapa da metodologia. Foi utilizada a ferramenta *Weighted Overlay* que sobrepõe vários arquivos do tipo *raster* utilizando um método de medição comum que leva em consideração as influências atribuídas a cada variável e o peso de cada um dos seus intervalos de valores. O destaque desse método de sobreposição fica pelo critério que o autor utiliza para determinar as influências que vão ser atribuídas a cada variável para chegar a um resultado satisfatório no

desfecho do processamento dos dados. As influências e pesos foram determinados a partir da consulta a literatura na área da saúde que trata dos principais fatores relacionados as doenças respiratórias em seres humanos.

- Mapa de Vulnerabilidade a Doenças Respiratórias: o resultado da sobreposição ponderada foi o mapa de vulnerabilidade da população a doenças respiratórias. Os valores de vulnerabilidade resultantes do mapa foram tabelados e adequados para estabelecer correlação com o mapa de risco do IIMR elaborado pelo Centro de Vigilância de Saúde do RS (CEVS). A partir dessa correlação foram discutidos os resultados.

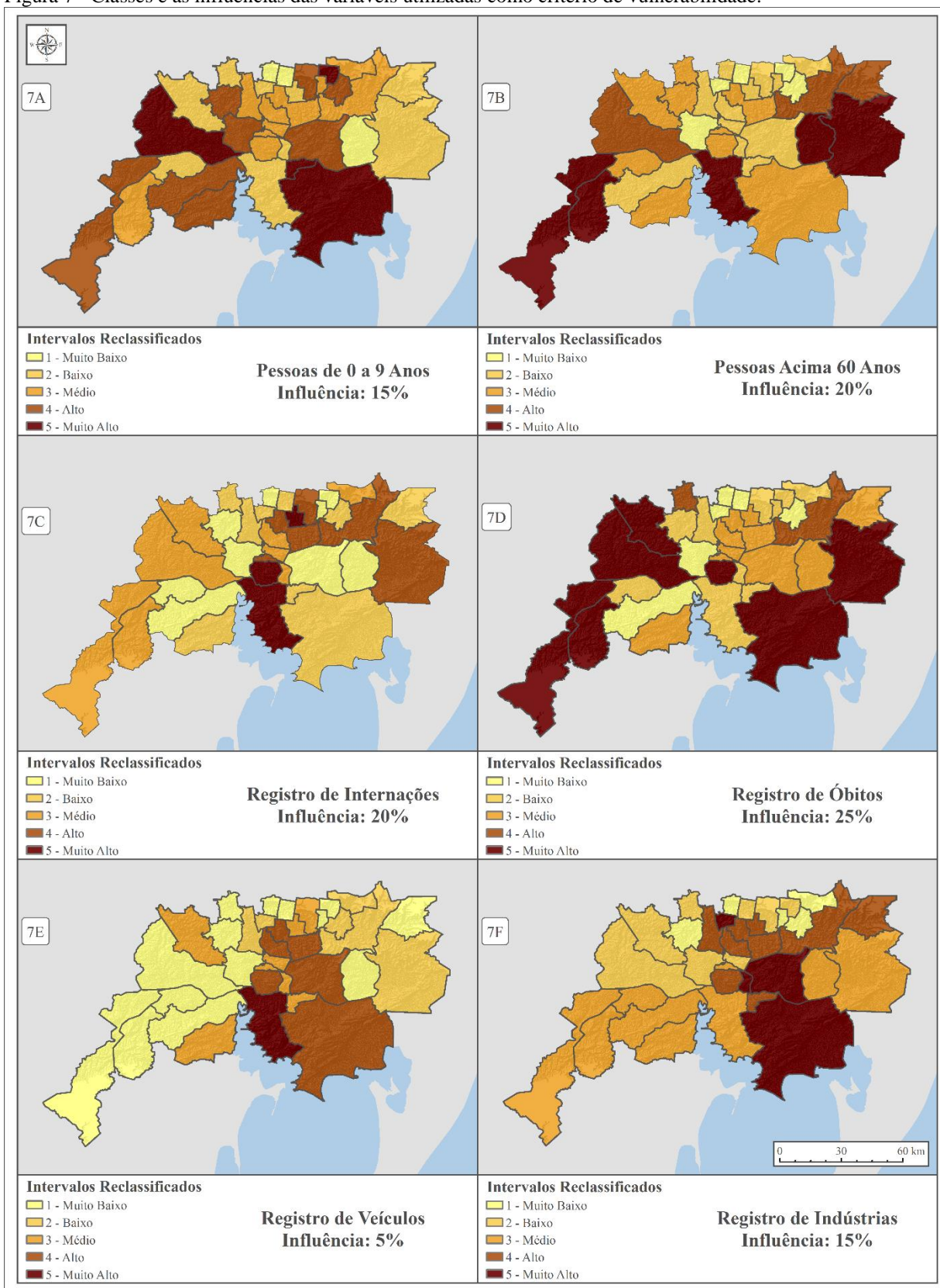
## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados estão apresentados conforme a ordem dos objetivos específicos, e foram divididos em dois subitens intitulados: Critérios para Mapeamento da Vulnerabilidade a Doenças Respiratórias; e Classes de Vulnerabilidade ao Contágio de Doenças Respiratórias com Correlação ao Mapa de Risco do IIMR.

### **4.1 CRITÉRIOS PARA MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE A DOENÇAS RESPIRATÓRIAS**

Os mapas contendo as classes e as influências das variáveis utilizadas para o mapeamento da vulnerabilidade ao contágio de doenças respiratórias são apresentados na Figura 7:

Figura 7 - Classes e as influências das variáveis utilizadas como critério de vulnerabilidade.



Fonte: elaborado pelo autor.

A análise do mapa da variável *Pessoas de 0 a 9 Anos*, Figura 7A, mostra que os municípios de Montenegro, Nova Hartz, Viamão e Alvorada estão na classe 5 (Muito Alto) e Glorinha, Ivoti e Dois Irmãos na classe 1 (Muito Baixo). Na variável *Pessoas Acima de 60 Anos*, Figura 7B, os municípios de Porto Alegre, São Jerônimo, Arroio dos Ratos, Santo Antônio da Patrulha e Glorinha se concentram na classe 5, e na classe 1 os municípios de Parobé, Nova Hartz, Nova Santa Rita, Estância Velha e Dois Irmãos.

Na variável *Registro de Internações*, Figura 7C, os municípios de Porto Alegre, Canoas, e Campo Bom estão na classe 5, e os municípios de Charqueadas, Eldorado do Sul, Nova Santa Rita, Capela de Santana, Gravataí, Glorinha, Araricá, Nova Hartz e Ivoti na classe 1. A variável *Registro de Óbitos*, Figura 7D, concentra os municípios de São Jerônimo, Arroio dos Ratos, Triunfo, Montenegro, Canoas, Viamão e Santo Antônio da Patrulha na classe 5, e os municípios de Campo Bom, Ivoti, Nova Hartz, Estância Velha, Nova Santa Rita, Eldorado do Sul e Parobé na classe 1.

Na variável *Registro de Veículos*, Figura 7E, somente o município de Porto Alegre está na classe 5, e os municípios de Arroio dos Ratos, São Jerônimo, Eldorado do Sul, Charqueadas, Triunfo, Nova Santa Rita, Capela Santana, São Sebastião do Caí, Ivoti, Dois Irmãos, Nova Hartz, Araricá, Rolante e Glorinha na classe 1. Na variável *Registro de Indústrias*, Figura 7F, os municípios de Viamão, Gravataí, Cachoeirinha e Estância Velha estão na classe 5, e Capela Santana, Ivoti, Araricá, Parobé e Igrejinha na classe 1.

Segundo Arbex et al. (2012) e Freitas et al. (2013), são grupos vulneráveis as populações de crianças, idosos, portadores de doenças crônicas pré-existentes independentemente da idade. E também pessoas que nascem com algum tipo de vulnerabilidade genética que não necessariamente chega a ser uma doença crônica. Nesses casos, entretanto, a partir desse tipo de vulnerabilidade a pessoa contrai doenças respiratórias mais facilmente e ainda pode ter o quadro mais rapidamente agravado. De acordo com DAPPER; SPOHR; ZANINI (2016), a maior parte dos trabalhos na área da saúde sobre doenças respiratórias utilizam a faixa etária entre 0 e 18 anos para grupos vulneráveis classificados como crianças, e acima de 60 para grupos vulneráveis classificados como idosos.

A partir da leitura desses trabalhos, foram definidos os dois primeiros critérios para o modelo de sobreposição, crianças com até 9 anos de idade e idosos acima de 60 anos como grupos vulneráveis por faixa etária, Figuras 7A e 7B. Outros grupos citados pelos autores não foram

definidos como variáveis devido à dificuldade de acesso ao banco de dados da saúde, as limitações impostas ao número de variáveis abordadas nessa escala de análise, e as limitações definidas para esse estudo. Nos trabalhos consultados, as informações utilizadas eram geralmente cedidas por agentes de saúde mediante autorização de conselhos de ética e em escalas menores, em nível de bairro ou município. Essas duas variáveis utilizadas foram taxadas pela população total do município com ano de referência de 2018, para que se possa saber o valor real da informação, sem a distorção dos valores causada pelo número total de pessoas residentes no município.

Crianças até 9 anos de idade, são citadas como grupos vulneráveis por ainda não possuírem um sistema respiratório totalmente desenvolvido, e que é prejudicado facilmente a cada mudança na qualidade do ar a que são expostas (MACHIN; NASCIMENTO, 2018). Crianças em situação de pobreza extrema tendem a ter uma exposição maior a poluição atmosférica, por frequentarem lugares com, por exemplo, queima constante de resíduos sólidos, e por estarem parte do tempo na rua expostas a poluentes. Com base nesses possíveis casos e pelo destaque que se é dado a esse tipo de grupo vulnerável, foi atribuído o valor de influência de 15% visto na Figura 7A para essa variável no modelo.

O segundo grupo vulnerável por faixa etária, pessoas acima de 60 anos, possui algumas ressalvas que o tornam mais vulnerável do que o grupo das crianças até 9 anos de idade. A idade avançada contribui para a fragilidade dos órgãos do sistema respiratório com o devido envelhecimento das células. Diminuiu a imunidade, facilita a ocorrência de infecções, e dificulta a cura das doenças respiratórias e outras que possam surgir a partir disso. A vulnerabilidade natural adquirida ao envelhecer, tem que ser levado em consideração os hábitos que as pessoas tiveram durante suas vidas. Pessoas fumantes, com maus hábitos alimentares, pouca ou nenhuma prática de exercício físico e etc. Tem sistemas imunológicos mais frágeis com a idade, sendo mais vulneráveis ao contágio de doenças respiratórias. Foi atribuído um valor maior para essa variável, com valor de influência de 20%.

Para Castro et al. (2003), um dos principais indicadores levado em consideração no estudo de doenças respiratórias é a incidência de internações hospitalares e óbitos por essas doenças na região onde é realizada a pesquisa. Essa informação pode ser espacializada por local de residência, o que seria a escala ideal. Essa escala de detalhe pode ser mais diretamente relacionada a uma fonte de poluição próxima do local, ao registro de estações pontuais de monitoramento da qualidade do

ar e a outras variáveis também pontuais. Esse tipo de informação, entretanto, exige aprovação prévia de conselhos de ética da saúde.

O acesso ao banco de dados foi em escala municipal, disponível para acesso público no DATASUS. Os critérios definidos foram o número de internações hospitalares por doenças respiratórias e os óbitos por problemas respiratórios em cada um dos municípios da RMPA. Os valores absolutos de internações e óbitos também foram taxados pelo total da população.

A espacialização do número de internações hospitalares contribui para análise dos locais mais vulneráveis a doenças respiratórias. Se a população é constantemente internada por esse tipo de doença, algum problema pode estar ocorrendo na qualidade do ar. Essa relação não é direta e deve ser compreendida com ressalvas.

Porto Alegre e Canoas, Figura 7C, são municípios com altas taxas de internações, mesmo o número total sendo normalizado pela população do município. Isso ocorre pelo fato desses municípios serem centros de referência de saúde para internações hospitalares mais complexas. O que explica a classe 5 nesses dois municípios, e as classes mais baixas nos municípios periféricos a eles. Como a base utilizada trata das internações hospitalares, esses registros são somente dos casos mais graves que dão entrada em determinados hospitais pertencentes a um mesmo município, sendo que não necessariamente o paciente é atendido em seu município de residência. Casos mais complexos, que exigem hospitais mais aparelhados para o tratamento da doença, recebem pacientes de municípios vizinhos com menor infraestrutura hospitalar.

Uma informação que poderia substituir essa variável, caso fosse de acesso público, é o registro dos postos de saúde do bairro. Para ocorrerem essas internações mais complexas em outros municípios, a maior parte dos pacientes passa por consulta nos postos de saúde ou UPA's de seus municípios de residência. Esse registro é mais fidedigno ao local de exposição da pessoa ao poluente atmosférico que possa ter causado a doença. Mesmo assim foi utilizada por ser uma das poucas bases de fácil acesso, e que pode determinar uma relação espacial aproximada na escala de análise utilizada nesse trabalho. O valor de influência determinado para essa variável foi de 20% conforme mostra a Figura 7C.

O registro de óbitos por problemas respiratórios contribui de forma mais eficaz do ponto de vista espacial para o modelo de sobreposição. Isso se dá pelo fato do registro do óbito ser do município onde a pessoa residia, diferente do registro de internação hospitalar que era onde a

pessoa era internada. No entanto, algumas ressalvas que devem ser analisadas. A variável utilizada no modelo, trata sobre os óbitos oriundos de qualquer problema respiratório. Isso significa que, não necessariamente tenha relação com doenças que a pessoa possa ter desenvolvido a partir da exposição direta ou indireta a poluentes atmosféricos em sua residência e/ou ambiente de trabalho.

Essa variável pode ser refinada a partir da solicitação dos bancos de dados contendo a ficha completa da perícia realizada após a morte, e o histórico dos pacientes. Assim, poderia ser aplicado um filtro que separe as mortes relacionadas a doenças respiratórias agravadas a partir da constante exposição a má qualidade do ar. Mesmo com essas ressalvas, o registro de óbitos é a variável de maior importância no modelo. A boa relação espacial referente ao lugar de residência da vítima a torna a mais confiável para se desenvolver um mapeamento da vulnerabilidade. Foi atribuída a essa variável a influência de 25%, Figura 7D.

Dapper; Spohr; Zanini (2016) e Castro; Gouveia; Escamilla-Cejudo (2003), abordam os poluentes de fontes de poluição fixas e móveis como critério para estudos sobre doenças respiratórias. Os autores afirmam que a concentração de fontes poluidoras fixas como indústrias, e móveis como veículos automotores indicam locais onde as populações são mais vulneráveis a doenças respiratórias. Os dois últimos critérios para o modelo de sobreposição foram definidos a partir dessas leituras como sendo: o número de indústrias e o número total de veículos registrados por município.

O registro de veículos automotores é citado como um critério ao estudar os impactos na qualidade do ar. Chovert (2016) e Teixeira; Feltes; Santana (2008) tratam sobre as fontes de poluição móveis na RMPA e seus impactos na qualidade do ar. A população de grandes centros urbanos está constantemente exposta, tendo como variação o tempo e a quantidade. No entanto, foi atribuído um valor de influência menor a essa variável. Embora muitos trabalhos na área da saúde cite os impactos na qualidade do ar oriundos das emissões de gases por veículos automotores, tratam o número de veículos de um município como um critério indireto para o contágio de doenças respiratórias, diferente das demais variáveis que foram selecionadas.

Isso não significa afirmar que o número de automóveis tenha menor importância do que alguma outra variável utilizada no modelo. Faltam estudos na área da saúde que abordem a importância dessas variáveis. Como prioridade foi atribuída menor influência para as fontes móveis, e importância maior as fontes fixas e aos dados do banco de dados da saúde do que as

fontes de poluição oriundas de veículos automotores. Por isso a influência definida foi de 5%, Figura 7E.

O registro de indústrias é um bom critério a ser utilizado como variável para estimar a vulnerabilidade ao contágio de doenças respiratórias em municípios predominantemente industriais. A concentração de indústrias e a quantidade constante de poluentes influencia diretamente na qualidade do ar local, e por isso podem ser utilizadas como indicadores para o modelo de sobreposição. Saldanha (2005) e Tissot (2010) destacam que essas fontes de poluição fixa na RMPA, quando monitoradas corretamente por estações de qualidade do ar, demonstram comportamentos prejudiciais à saúde da população vizinha devido aos poluentes que ficam concentrados em dias pré-frontais e pós-frontais, onde se tem baixa umidade do ar e fraca intensidade dos ventos.

Essa variável poderia ser melhor ponderada dentro do modelo se junto do registro das indústrias tivesse o registro da quantidade de poluentes emitidos ou a média das emissões de cada indústria por mês. Assim, além da localização da indústria, seria possível quantificar o que cada uma emite naquela região. Sendo possível melhor avaliar os impactos causados na qualidade do ar e, conseqüentemente, na saúde da população. Mesmo com a falta de informações sobre as emissões de cada indústria, a informação espacial de localização é uma importante variável para o modelo. Por isso foi definida a influência de 15%, Figura 7F.

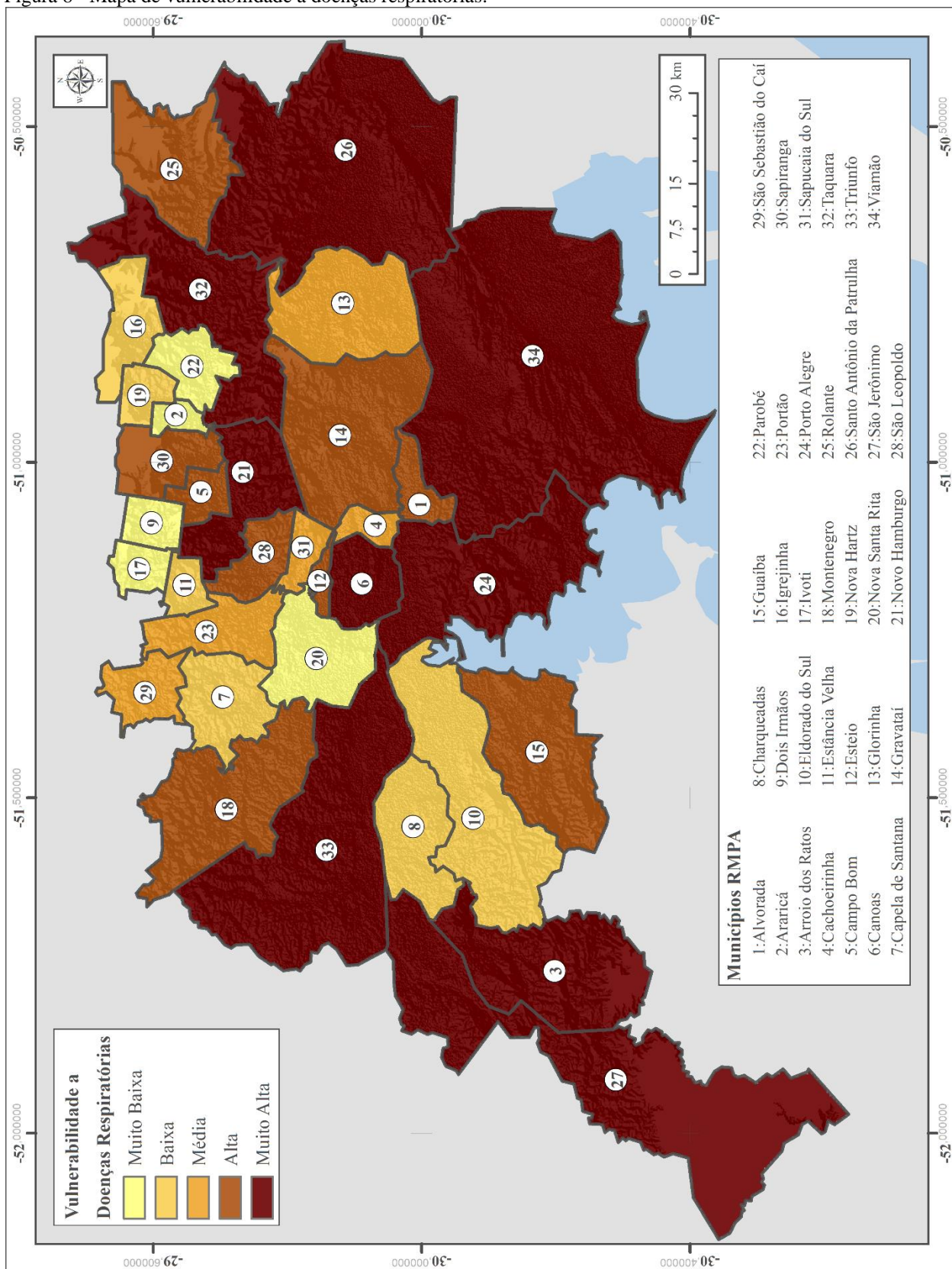
#### **4.2 CLASSES DE VULNERABILIDADE AO CONTÁGIO DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS E CORRELAÇÃO COM MAPA DE RISCO DO IIMR.**

A distribuição das classes de vulnerabilidade a doenças respiratórias na RMPA a partir da sobreposição das variáveis pode ser observada na Figura 8.

No mapeamento de vulnerabilidade a doenças respiratórias, ficaram na classe 1 (Muito Baixa) os municípios de Nova Santa Rita, Dois Irmãos, Araricá, Parobé e Ivoti. Na classe 2 (Baixa), Charqueadas, Eldorado do Sul, Capela Santana, Estância Velha, Nova Hartz e Igrejinha. Na classe 3 (Média), Cachoeirinha, Sapucaia do Sul, Glorinha, Portão, São Sebastião do Caí. Na classe 4 (Alta) Guaíba, Montenegro, São Leopoldo, Campo Bom, Sapiranga, Rolante, Alvorada e Gravataí. E na classe 5 (Muito Alta), Porto Alegre, Viamão, Canoas, São Jerônimo, Arroio dos Ratos, Triunfo, Santo Antônio da Patrulha, Taquara e Novo Hamburgo.



Figura 8 - Mapa de vulnerabilidade a doenças respiratórias.



Fonte: elaborado pelo autor.

A atribuição de pesos seguiu a mesma ordem que o método estatístico de quebras naturais utilizado para classificar os intervalos de cada variável: 1 - Muito Baixo, 2 - Baixo, 3 - Médio, 4 - Alto e 5 - Muito Alto. Não foram encontrados trabalhos na área da saúde com atribuição de pesos diferentes dentro das classes de cada variável, o que era esperado, visto que nem trabalhos que definam diferentes influências de cada variável foram encontrados nessa área. Para não prejudicar os resultados, foi realizada a classificação dos pesos seguindo a ordem do método estatístico utilizado para a divisão de intervalos de cada variável. Dessa forma os pesos foram neutralizados, deixando apenas que os valores atribuídos às influências determinassem o resultado da sobreposição ponderada.

Autores que utilizam a sobreposição ponderada fazem uso de referenciais teóricos para a definição dos critérios para a escolha das influências e pesos que devem ser atribuídos às variáveis e seus respectivos intervalos utilizados no modelo. Cunha et al. (2011) e Lourenço et al. (2015), utilizam sobreposição ponderada como método de modelagem estatística espacial, e definem as influências e pesos atribuídos a cada variável a partir de outros referenciais teóricos que abordavam a importância de determinada variável para o desfecho do resultado esperado do modelo estatístico.

Mas há uma diferença na metodologia empregada nesses trabalhos para a determinação de influências e pesos em suas variáveis com os trabalhos elaborados na área da saúde. Os critérios utilizados para escolha das variáveis no primeiro são em sua maioria físicos/ambientais, enquanto nos trabalhos da área da saúde predominam critérios socioeconômicos e de caráter comportamental. Isso quando o objeto de estudo possui algum trabalho que avalie esses critérios.

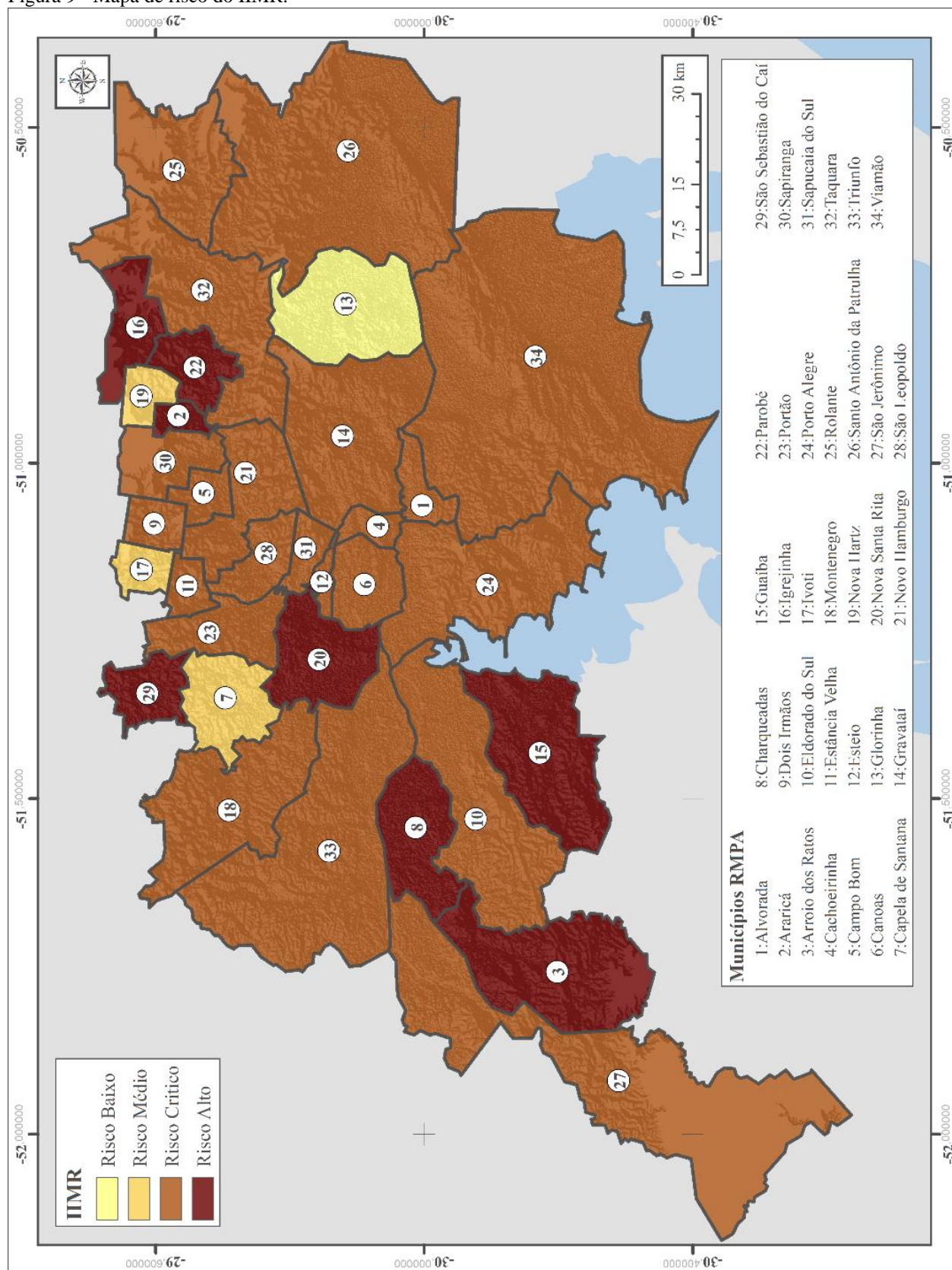
Alguns trabalhos procuram uma base de dados que possa ser utilizada para correlação com o resultado obtido. Assim sendo possível validar o resultado da modelagem a partir de outro trabalho cujo resultado seja correlacionável com o obtido. No trabalho de Silveira et al., (2018), para validar o aumento anômalo de casos de hepatite A com o registro de inundações ocorridas recentemente no município de Encantado - RS, os autores utilizaram a delimitação da mancha de inundação do município gerada por Oliveira (2015) para comprovar a relação do surto da doença com os eventos de inundação.

Não foram encontrados trabalhos na área da saúde que indiquem índices de vulnerabilidade para o contágio de doenças respiratórias em nenhuma escala, e nem trabalhos que utilizem o modelo estatístico de sobreposição ponderada para a determinação da vulnerabilidade a qualquer

outra doença. Na base de dados do SINAN, principal banco de dados de registro de doenças de notificação compulsória, as doenças respiratórias não estão inclusas. Não sendo assim possível ter acesso a registros nem em nível municipal dos pacientes que são atendidos por agravos desse tipo. Outras doenças, como por exemplo a leptospirose e a dengue, podem ser correlacionadas com os resultados oriundos de modelos estatísticos espaciais que busquem determinar índices de vulnerabilidade a essas doenças para validação dos seus resultados.

Buscando validar os resultados obtidos foi utilizada para comparação o mapa de risco obtido com o modelo IIMR elaborado pela Vigiar do Centro Estadual de Vigilância em Saúde do Estado. O IIMR é um instrumento proposto pelo Ministério da Saúde que possibilita, através de um modelo matemático, para identificar o risco atmosférico em cada município e estabelecer estratégias de atuação do Programa de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Poluentes Atmosféricos do VIGIAR (COSTA; MARDINI; BARRETO, 2017), Figura 9:

Figura 9 - Mapa de risco do IIMR.



Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme o mapa de risco do IIMR, os municípios na classe de Risco Baixo são de Capela Santana, Ivoti, Nova Hartz e Glorinha. Na RMPA nenhum município ficou na classe intermediária (Risco Médio). A maior parte dos municípios se concentra na classe de Risco Crítico: São Jerônimo, Eldorado do Sul, Porto Alegre, Viamão, Triunfo, Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Esteio, Sapucaia do Sul, São Leopoldo, Novo Hamburgo, Portão, Montenegro, Estância Velha, Dois Irmãos, Campo Bom, Sapiranga, Taquara, Rolante e Santo Antônio da Patrulha. Na classe mais alta (Risco Alto), ficaram os municípios de: Guaíba, Arroio dos Ratos, Charqueadas, Nova Santa Rita, São Sebastião do Caí, Araricá, Parobé e Igrejinha.

No relatório do IIMR, a metodologia indica que o mapeamento foi realizado a partir de um modelo matemático descrito como a soma de todas as variáveis e divisão em intervalos a partir do método estatístico de quartil. As variáveis utilizadas foram: número de indústrias de extração e de transformação, termelétricas, número de focos de queimadas, frota veicular e dados epidemiológicos. A metodologia utilizada é descrita no seguinte trecho do relatório:

“As variáveis ambientais e de saúde contidas no IIMR são classificadas individualmente por pontos. Cada município é classificado oito vezes. Quatro pontos para as variáveis ambientais e quatro pontuações para as variáveis epidemiológicas. Após a soma de todas as variáveis do município foi realizado o cálculo do quartil, atribuindo um intervalo de pontos para cada risco, para chegar ao Ranking do estado quanto à classificação de risco” (COSTA; MARDINI; BARRETO, 2017, p.2).

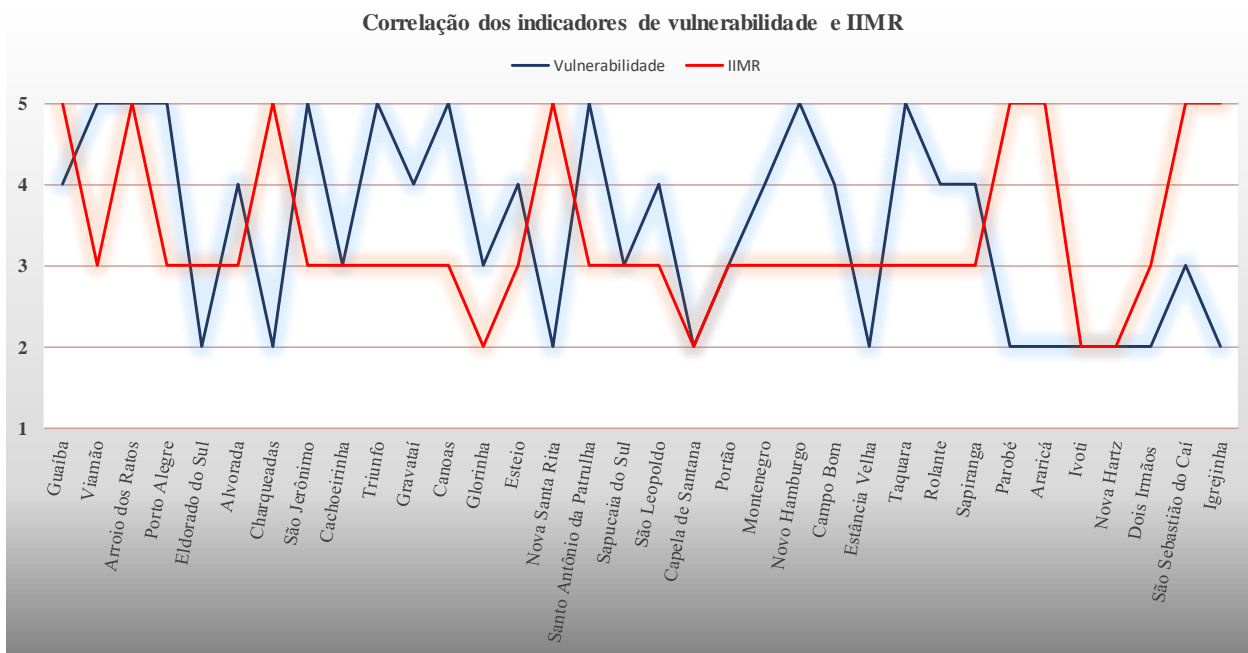
A metodologia do IIMR não pondera nenhuma variável, todas recebem um único peso, de quatro pontos, indiferente do impacto maior ou menor de cada uma. Somente foi descrito o uso de taxa para normatização da informação para os dados epidemiológicos. Onde foi levado em consideração apenas os casos de internações e óbitos por doenças respiratórias na faixa etária de 0 a 5 anos de idade, e acima de 60 anos. Somente os grupos considerados de risco que foram citados por trabalhos na área da saúde foram levados em consideração, sendo que por serem grupos vulneráveis, eles estão mais propícios ao contágio de doenças respiratórias, mas não são os únicos afetados.

Dapper; Spoher; Zanini (2016) citam que grupos de diferentes faixas etárias também sofrem o impacto dessas doenças, e poucas publicações levam em consideração. Esses dois grupos vulneráveis por faixa etária devem ser levados em consideração, mas não devem ser os únicos. A

análise ponderada possibilidade resolver esse problema a partir da atribuição de influências e pesos distintos.

Foi aplicada a correlação linear de Pearson com o resultado das classes de vulnerabilidade ao contágio de doenças respiratórias e o mapa de risco do IIMR, Figura 10:

Figura 10 - Correlação do mapa de vulnerabilidade e o IIMR



Fonte: elaborado pelo autor.

O resultado da correlação foi  $p = -0,16$ , o que indica uma correlação inversamente proporcional fraca entre os dois resultados. Isso se deve ao fato de a metodologia aplicada em cada um ser diferente. Enquanto o modelo de sobreposição agrega diferentes influências e pesos a cada variável, o cálculo do IIMR é a soma de todas as variáveis com a mesma pontuação.

Buscou-se obter os dados do VIGIAR que desenvolveu o IIMR quanto ao modelo matemático utilizado, o que não foi possível. O que permitiria aplicar as variáveis do IIMR ao mesmo modelo de sobreposição e poder comparar as duas metodologias.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados mostram que os municípios de Arroio dos Ratos, Santo Antônio da Patrulha, Triunfo e São Jerônimo, apresentaram a classe mais alta de vulnerabilidade a doenças respiratórias. Isso se deve elevado número de mortes nos municípios por essas doenças e o elevado número da população nas faixas etárias consideradas vulneráveis.

São necessárias mais pesquisas na área da geografia da saúde que utilizem métodos que analisem a vulnerabilidade da população. Em particular utilizando sobreposição ponderada para elaboração de indicadores de vulnerabilidade da população. Outra questão é que abordem critérios a serem utilizados para a escolha das variáveis relacionadas ao contágio de doenças respiratórias nas populações vulneráveis. O uso da análise espacial para definição de indicadores de vulnerabilidade pode ser utilizado não só como avanço no conhecimento científico na área, mas como também para melhor gestão na área da saúde e diminuição de mortes evitáveis por determinados tipos de doenças.

Alguns limites devem ser levados em consideração na análise da elaboração desse trabalho. A escala espacial utilizada, em nível municipal, generaliza muitas informações que só poderiam ser contextualizadas em escalas de maior detalhe, como um bairro ou até mesmo um setor censitário. A base de dados utilizada foi de acesso público, o que significa que são dados que, em alguns casos, estão desatualizados e foram devidamente não revisados por agentes de saúde. A inexistência de outros trabalhos que utilizaram a mesma metodologia também é um fator limitante, sendo que a comparação dos resultados não foi possível de forma direta com outro trabalho que tenha utilizado o mesmo método.

No entanto, a elaboração do trabalho também foi motivada pelo fato de não haver outros trabalhos que tenham utilizado esse método de análise espacial com essas bases de dados. Esse é um incentivo importante, pois se faz necessário a elaboração de propostas que possam ser analisadas e complementadas por profissionais tanto da área da geografia quanto da saúde, para que assim se busquem formas mais eficazes de gestão do espaço e das populações vulneráveis ao contágio de doenças evitáveis.

## REFERÊNCIAS

- ARBEX, M. A. et al. A poluição do ar e o sistema respiratório. **J Bras Pneumol**, [s. l.], v. 38, n. 5, p. 643–655, 2012. Disponível em: <<http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDPI/40293/S1806-37132012000500015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>
- BARCELOS, F. **Com estações de monitoramento sucateadas e a falta de informação sobre a (má) qualidade do ar de Porto Alegre, a preocupação é com a saúde da população. Idosos, crianças e cardíacos são os que mais sofrem, alerta em entrevista exclusiva a pesquisadora Clá.** Porto Alegre. Disponível em: <<https://medium.com/cidades-e-esportes/precisamos-falar-sobre-o-ar-de-porto-alegre-f8b4414e334f>>.
- BENÍTEZ, D. J. R. **Vulnerabilidade Social e ocorrência de doenças gastrointestinais associadas com inundações no Município de São Paulo.** 2015. Universidade de São Paulo, [s. l.], 2015.
- CARDOSO, N. C. et al. Comparação da qualidade do ar no período 2010 - 2012 em dois municípios da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA). **UFRGS**, Porto Alegre, v. 1, p. 1, 2013.
- CASTRO, A. H.; SILVA, G. M.; ARAÚJO, R. S. QUALIDADE DO AR – PARÂMETROS DE CONTROLE E EFEITOS NA SAÚDE HUMANA: UMA BREVE REVISÃO. **HOLOS**, [s. l.], v. 5, p. 107, 2013. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1242>>
- CASTRO, H. A. De; GOUVEIA, N.; ESCAMILLA-CEJUDO, J. A. Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 135–149, 2003.
- CHOVERT, A. D. **Estudo numérico do impacto da frota veicular na qualidade do ar na Região Metropolitana de Porto Alegre.** 2016. Universidade Federal de Pelotas, [s. l.], 2016.
- COSTA, E. T.; MARDINI, L.; BARRETO, S. Instrumento De Identificação De Município De Risco - Iimr / 2017. [s. l.], p. 19, 2017.
- CUNHA, R. C. Da et al. Utilizando Inferência Inferência Fuzzy Fuzzy E E Zoneamento Das Estudo Do Do Caso Hidrográfica Hidrográfica Do Do Ribeirão Ribeirão Do Do Feijão , Feijão , São Carlos -. **Geociências**, [s. l.], v. 30, p. 399–414, 2011.
- CUNHA, R. M. P. Da. Estudo do Transporte de Poluentes na Região do Polo Petroquímico, localizado em Triunfo - RS Dissertação. [s. l.], v. 1, n. 1, p. 155, 2002.
- DAPPER, S. N.; SPOHR, C.; ZANINI, R. R. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: Uma revisão sistemática no estado de São Paulo. **Estudos Avancados**, [s. l.], v. 30, n. 86, p. 83–97, 2016.
- FILHO, J. B. G. Poluição do Ar. **ECP**, [s. l.], 2011. Disponível em: <[www.consultoriaambiental.com.br](http://www.consultoriaambiental.com.br)>
- FREITAS, C. U. De et al. Poluição do ar em cidades brasileiras: selecionando indicadores de impacto na saúde para fins de vigilância. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 445–454, 2013. Disponível em: <[http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1679-49742013000300009&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742013000300009&lng=en&nrm=iso&tlng=en)>
- IBGE. **IBGE Cidades.** 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/por-cidade-estado-estatisticas.html>>. Acesso em: 25 nov. 2019.



JENKS, G. F.; CASPALL, F. C. Error on Choropleth Maps: Definition, Measurement, Reduction. **Annals of the Association of American Geographers**, [s. l.], v. 61, n. 2, p. 217–244, 1971.

LOURENÇO, R. W. et al. METODOLOGIA PARA SELEÇÃO DE ÁREAS APTAS À INSTALAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS CONSORCIADOS UTILIZANDO SIG. **Ciência e Natura**, [s. l.], v. 37, n. 3, 2015. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaenatura/article/view/15973>>

LOURENÇO, R. W.; LANDIM, P. M. B. Mapeamento de áreas de risco à saúde pública por meio de métodos geostatísticos. **Cadernos de Saúde Pública**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 150–160, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-311X2005000100017&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2005000100017&lng=pt&tlng=pt)>

LUENAM, A.; PUTTANAPONG, N. Spatial and statistical analysis of leptospirosis in Thailand from 2013 to 2015. **Geospatial Health**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 121–127, 2019. Disponível em: <<https://www.geospatialhealth.net/index.php/gh/article/view/739>>

MACHIN, A. B.; NASCIMENTO, L. F. C. Efeitos da exposição a poluentes do ar na saúde das crianças de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. **Cadernos de Saude Publica**, [s. l.], v. 34, n. 3, p. 1–9, 2018.

METROPLAN. **Municípios da RMPA, RMSG e Aglomerações Urbanas**. 2019. Disponível em: <[http://www.metroplan.rs.gov.br/conteudo/1242/?Municípios\\_da\\_RMPA%2C\\_RMSG\\_e\\_Aglomerações\\_Urbanas](http://www.metroplan.rs.gov.br/conteudo/1242/?Municípios_da_RMPA%2C_RMSG_e_Aglomerações_Urbanas)>. Acesso em: 10 out. 2019.

MULLER, E. P. L.; CUBAS, M. R.; BASTOS, L. C. Georreferenciamento como instrumento de gestão em unidade de saúde da família. **Revista Brasileira de Enfermagem**, [s. l.], v. 63, n. 6, p. 978–982, 2010. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=267019463017%0AComo>>

OLIVEIRA, E. X. G. De; CARVALHO, M. S.; TRAVASSOS, C. Territórios do Sistema Único de Saúde: mapeamento das redes de atenção hospitalar. **Cadernos de Saúde Pública**, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 386–402, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-311X2004000200006&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2004000200006&lng=pt&tlng=pt)>

OLIVEIRA, G. G. Interpretação e mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, com suporte de técnicas de geoprocessamento e utilização de dados orbitais e cartográficos. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, [s. l.], v. 17, p. 6467–6474, 2015.

RAMOS, A. P. M. et al. Avaliação qualitativa e quantitativa de métodos de classificação de dados para o mapeamento coroplético. **Revista Brasileira de Cartografia**, [s. l.], v. 68, n. 3, p. 609–629, 2016.

RODRIGUES, D. **Ar de Porto Alegre é duas vezes mais poluído do que aceitável, diz pesquisaG1**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/07/ar-de-porto-alegre-e-duas-vezes-mais-poluído-do-que-aceitavel-diz-pesquisa.html>>. Acesso em: 29 out. 2019.

SALDANHA, C. B. **UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE E MODELAGEM NUMÉRICA PARA O ESTUDO DA DISPERSÃO DE POLUENTES NAS USINAS TERMOELÉTRICAS DE CHARQUEADAS E SÃO JERÔNIMO**. 2005a. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s. l.], 2005.

SALDANHA, C. B. **UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE E MODELAGEM NUMÉRICA PARA O ESTUDO DA DISPERSÃO DE POLUENTES NAS USINAS TERMOELÉTRICAS DE CHARQUEADAS E SÃO JERÔNIMO**. 2005b. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), [s. l.], 2005.

SANTOS, S. M.; BARCELLOS, C. **Abordagens Espaciais na Saúde Pública**. Brasília - DF: Ministério da Saúde, 2006.

SILVEIRA, P. O. et al. Relação entre casos de hepatite A e áreas de inundação, município de encantado - RS. **Ciência e Saúde Coletiva**, [s. 1.], 2018. Disponível em: <<http://www.cienciaesaudecoletiva.com.br/artigos/relacao-entre-casos-de-hepatite-a-e-areas-de-inundacao-municipio-de-encantado-rs/17252>>

SOUZA, L. P. De et al. ESTUDO DO IMPACTO DAS EMISSÕES DE POLUENTES NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE – RS. **Ciência e Natura**, [s. 1.], v. 0, n. 0, p. 351–355, 2013. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaenatura/article/view/11649>>

SOUZA, R. M. De. **A qualidade do ar, o comportamento da função pulmonar e a ocorrência de doenças respiratórias em trabalhadores da produção de carvão vegetal em três municípios do estado do Rio Grande do Sul**. 2018. Feevale, [s. 1.], 2018.

TEIXEIRA, E. C.; FELTES, S.; SANTANA, E. R. R. De. Estudo das emissões de fontes móveis na região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Química Nova**, [s. 1.], v. 31, n. 2, p. 244–248, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422008000200010&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422008000200010&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>

TISSOT, R. C. M. **ESTUDO DA DISPERSÃO DE MATERIAL PARTICULADO (PTS), EMITIDO PELA USINA TERMELÉTRICA DE CHARQUEADAS**. 2010. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s. 1.], 2010.