UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, ADMINISTRATIVAS E CONTÁBEIS – ICEAC.
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

MAUREN MENDONÇA MENDES

A RELAÇÃO ENTRE POLUIÇÃO INDUSTRIAL DO AR E SAÚDE: UMA ANÁLISE ECONÔMICA PARA OS MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL

RIO GRANDE
2018

MAUREN MENDONÇA MENDES

A RELAÇÃO ENTRE POLUIÇÃO INDUSTRIAL DO AR E SAÚDE: UMA ANÁLISE ECONÔMICA PARA OS MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel, pelo Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande – FURG.

Orientador: Prof. Dr Vinícius Halmenschlager
Coorientador: Prof. Dr Pedro Leivas

_____

Assinatura do Orientador

RIO GRANDE
2018

MAUREN MENDONÇA MENDES

A RELAÇÃO ENTRE POLUIÇÃO INDUSTRIAL DO AR E SAÚDE: UMA ANÁLISE ECONÔMICA PARA OS MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL

Monografia apresentada como requisito para a obtenção do título de Bacharel, pelo Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande – FURG

Aprovado (a) em: 20/11/2018

BANCA EXAMINADORA

Prof.º Dr. Vinícius Halmenschlager – Orientador – Universidade Federal do Rio Grande – FURG

Prof.º Dr. Pedro Leivas – Membro da Banca – Universidade Federal do Rio Grande – FURG

Profa. M.ª. Blanca Lila Gamarra Morel – Membro da Banca – Universidade Federal do Rio Grande – FURG

Agradecimentos

Primeiramente a Deus, pela força para conseguir concluir a graduação, pela saúde e pela vida.

Aos meus pais e meu irmão, agradeço imensamente pelo apoio, pela paciência, pelo amor e todo ensinamento me passado por todos esses anos.

Ao meu namorado, por ter me incentivado a sempre seguir mesmo quando achava que nunca ia chegar ao fim. Agradeço todas as correções na monografia, pela paciência nesse momento tão estressante na vida de uma estudante.

A Universidade Federal do Rio Grande – Furg, por toda sua infraestrutura, ambiente criativo e amigável que nos proporciona.

Aos professores, pelo conhecimento e educação me proporcionado, contribuindo com a minha formação profissional.

Ao meu orientador Vinícius e corientador Pedro, pelas orientações, presenciais, viam e-mail, ou Messenger, sem eles não conseguiria concluir. Muito obrigada.

Aos meus amigos e colegas, que durante esses cinco anos de graduação, contribuíram para minha formação, através do companheirismo, troca de conhecimento e a principal amizade que levarei sempre comigo.

A todos eles, gratidão por tudo!

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”.

José de Alencar

RESUMO

O objetivo desta monografia é avaliar a relação entre a poluição industrial do ar nas doenças do aparelho respiratório, para os municípios do Rio Grande do Sul no período de 2004 a 2015. Para isso, utilizou um modelo de dados em painel com efeitos fixos, que permite que sejam controladas características não observáveis dos municípios que não variam ao longo do tempo. Os resultados mostram que a poluição afeta significativamente as internações hospitalares por doenças do aparelho respiratório, com destaque para a poluição das frotas de veículos.

Palavras Chave: Doenças do aparelho respiratório, Poluição industrial do ar, e Dados em Painel.

ABSTRACT

The objective of this monograph is to evaluate the relationship between industrial air pollution in diseases of the respiratory system for the municipalities of Rio Grande do Sul from 2004 to 2015. For this purpose, was used the fixed-effect method for panel data, since this method makes it possible to control the effect of variables that are different for each individual, but that are constant over time. The results show that pollution significantly affects hospital admissions due to diseases of the respiratory system, especially pollution of vehicle fleets.

Keywords: Respiratory system diseases, Industrial air pollution, and Panel data.

Lista de Figuras

Figura 1: Poluição Eficiente.....15
Figura 2: Sacrifício para o Indivíduo.....17
Figura 3: Solução de Equilíbrio 18

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Outras Doenças Pulmonares Obstrutivas Crônicas.....35
Tabela 2- Influenza a gripe e pneumonia 36
Tabela 3- Sinusite Crônica.....37
Tabela 4 - Asma.....37
Tabela 5 - Bronquectasia 38
Tabela 6 - Bronquiolite aguda 39
Tabela 7- Doenças do Aparelho Respiratório.....40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 11

2. REVISÃO DE LITERATURA 13

2.1. TEORIA NEOCLÁSSICA DA POLUIÇÃO 13

2.1.1. Modelo de Equilíbrio Geral com a Externalidade da Poluição 15

2.1.2. O Funcionamento dos Mercados e a Poluição Ótima 18

2.2. MODELO TEÓRICO RELACIONANDO QUALIDADE DO AR E SAÚDE 21

2.3. REVISÃO EMPÍRICA 25

3. METODOLOGIA E DADOS 30

3.1. DADOS EM PAINEL 30

3.2. DADOS 33

4. RESULTADOS 35

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 41

REFERÊNCIAS 43

1. INTRODUÇÃO

A partir do século XX, com advento da Revolução Industrial, tornaram-se mais evidentes os efeitos perversos da poluição industrial sobre o ambiente. As práticas produtivas não sustentáveis, baseadas na exploração intensa dos recursos naturais e no uso intensivo de combustíveis fósseis, aliadas com a baixa preocupação com a emissão de poluentes, levaram a uma série de desdobramentos negativos sobre a população, tais como os efeitos negativos sobre a saúde (BRAGA *et al.* (2001).

Segundo Braga *et al*. (2001), os episódios de poluição excessiva que aconteceram no Vale Meuse na Bélgica em 1930 e Donora na Pensilvânia em 1948, chamaram a atenção das autoridades, por conta do aumento do número de mortes por doenças respiratórias e cardiovasculares. De acordo com os autores, o episódio que teve maior ênfase na história, foi em Londres em 1952, onde ocorrera uma inversão térmica, na qual não conseguiam a dispersão dos poluentes das indústrias locais. Tal fato durou três dias, e causou um aumento de quatro mil mortes, em comparação com os períodos semelhantes.

Assim, vários países adotaram padrões de qualidade do ar, impondo limites sobre as emissões de poluentes atmosféricos. No Brasil, em 1990, o Conselho Nacional do Meio Ambiente também adotou esses padrões, a fim de controlar as emissões de poluentes. Entretanto, segundo Cançado *et al*. (2006), novos estudos demonstraram que não existem níveis de poluentes que declarem segurança para a saúde humana .

Ainda de acordo com Cançado *et al.* (2006), a poluição atmosférica é gerada através de poluentes, emitidos pela queima de combustíveis fósseis nos motores de combustão, pelas indústrias siderúrgicas, pelos veículos automotivos, e pelo manuseio de produtos químicos. Os autores citam ainda alguns poluentes que causam maiores danos à população, sendo eles: monóxido de carbono (CO); óxidos de nitrogênio (NO_x); dióxido de enxofre (SO_2); Ozônio (O_3); e Material Particulado. Esses elementos, quando jogados no meio ambiente, trazem consequências graves para o meio ambiente e também para a saúde das pessoas.

O panorama da emissão de poluentes não é diferente no Rio Grande do Sul, uma vez que o Atlas Socioeconômico Do Rio Grande Do Sul (2015), diz que o Estado gaúcho é composto por muitas indústrias de diversos setores, sendo que os

principais segmentos são de transformação e a de extração. As indústrias de transformação do Estado ocupam a terceira posição do *ranking* nacional (ficando somente abaixo de São Paulo e Minas Gerais), contendo no ano de 2015, 38.970 estabelecimentos e gerando 675.327 empregos. No Valor Adicionado Bruto (VAB), o segmento apresenta uma participação de 16,8%. Já as indústrias de extração, no *ranking* nacional, ocupam a sexta posição, com 722 estabelecimentos e gerando 6.767 empregos, sendo sua participação no VAB da ordem de 0,2%.

De acordo com a SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE DO RIO GRANDE DO SUL (2016), ocorreram 3.678.178 internações hospitalares no Estado e que 544.583 foram por doenças do aparelho respiratório. Tais dados foram registrados no estudo de uma série histórica do ano de 2010 a 2014, acerca da saúde no Estado do Rio Grande do Sul. Portanto, pode-se constatar que, uma das principais causas das internações hospitalares são as doenças do aparelho respiratório.

Com base nos dados sobre as indústrias e as internações hospitalares, é possível analisar que o Estado gaúcho tem uma grande quantidade de indústrias emissoras de poluição e que as principais causas de internações hospitalares no Estado são as doenças do aparelho respiratório (MOTA, 2009).

Frente a tal cenário, o objetivo do presente trabalho é analisar o efeito da poluição industrial sobre a saúde, com base no número de internações hospitalares por doenças respiratórias nos 497 municípios do Rio Grande do Sul, no período de 2004 a 2015.

Para que fosse possível debater os aspectos que circulam a temática abordada, o trabalho se dividiu em cinco capítulos. O primeiro apresenta uma breve introdução sobre o assunto. Já o segundo capítulo se refere à revisão de literatura dividida em três partes, sendo estas: a teoria neoclássica da poluição, Modelo teórico relacionando qualidade do ar e saúde, e a revisão empírica de artigos relacionados à temática.

Posteriormente, o terceiro capítulo aborda a metodologia que foi utilizada para alcançar o objetivo do trabalho, que foi analisar o efeito da poluição industrial do ar sobre as doenças do aparelho respiratório. No quarto capítulo, abordou-se a demonstração dos resultados atingidos pela pesquisa. E por fim, são apresentadas as considerações finais, baseadas em tais resultados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A revisão teórica apresentada dividiu-se em três partes: a primeira aborda a teoria neoclássica da poluição, mostrando um modelo de equilíbrio geral; a segunda parte apresenta um modelo de saúde, que demonstra a disposição a pagar por uma melhoria na qualidade do ar; e a terceira parte trata de revisão empírica, na qual são analisados diversos trabalhos que abordam o impacto da poluição industrial sobre a saúde da população.

2.1. TEORIA NEOCLÁSSICA DA POLUIÇÃO[1]

A teoria neoclássica da poluição aponta que existe um nível de poluição ótima. Para os indivíduos da sociedade, o nível de poluição ótima é o equilíbrio entre o incômodo provocado pela poluição e a produção de bens e serviços. Dessa forma, a teoria neoclássica da poluição de fluxo, foi desenvolvida para demonstrar o conceito de poluição ótima, que estabelece o equilíbrio entre as partes beneficiadas e prejudicadas.

A produção ótima de um bem x, origina a poluição de fluxo, ou seja, a produção desse bem vai gerar poluição, que irá causar danos para o meio ambiente e provocar ameaça para a saúde da sociedade. A poluição é uma externalidade negativa, a empresa causadora do poluente gera um custo que a sociedade próxima a essa empresa irá pagar.

$$\Psi = k.x \tag{1}$$

Conforme a equação acima, Ψ é o volume de poluição dado a um nível de produção, k é a quantidade de poluição por unidade de produto e x é o nível de produção por unidade de tempo, ou seja, quanto maior a produção de x maior será o fluxo de poluição emitido pela a empresa. Ponderando a produção de x e o volume de poluição ψ, para a empresa há um nível de poluição ótima, sendo que para a mesma não há custo de poluir, ou seja, a empresa produz x no nível que maximize seu benefício líquido.

[1] Seção baseada, fundamentalmente no livro, Os Economistas e as Relações entre o Sistema Econômico e o Meio Ambiente de Charles. C. Mueller (2007)

O objetivo é obter o nível eficiente ótimo de poluição, e para isso é necessário que o nível de poluição e de produção, traga o maior nível de benefício líquido total para a sociedade. No entanto, o nível ótimo de poluição não pode ser zero, se isso acontecer não haveria emissões de poluição, do mesmo modo não haveria produção e nem bens para consumo. Nesse caso, a poluição não poderia ser no seu nível máximo, pois estaria maximizando o seu benefício total da produção, e conduziria a danos muito elevados a população. Para obter o nível eficiente ótimo de poluição, é necessário um ponto no meio desses dois extremos.

Para chegar ao nível eficiente ótimo da poluição, a equação benefício líquido da poluição denominado por $BL\ (\psi)$, onde a diferença entre o benefício total tem a denominação $B(\psi)$ e o dano que a poluição provoca para a sociedade denominada por $D(\psi)$. Algebricamente:

$$BL\ (\psi)\ =\ B(\psi) - D(\psi) \tag{2}$$

Estabelecemos o nível ótimo de poluição derivando $BL\ (\psi)$ com relação à poluição (ψ) e igualando à zero:

$$\frac{dBL\ (\psi)}{d(\psi)}\ =\ \frac{dB\ (\psi)}{d(\psi)} - \frac{dD\ (\psi)}{d(\psi)}\ =\ 0 \tag{3}$$

Podemos dizer que:

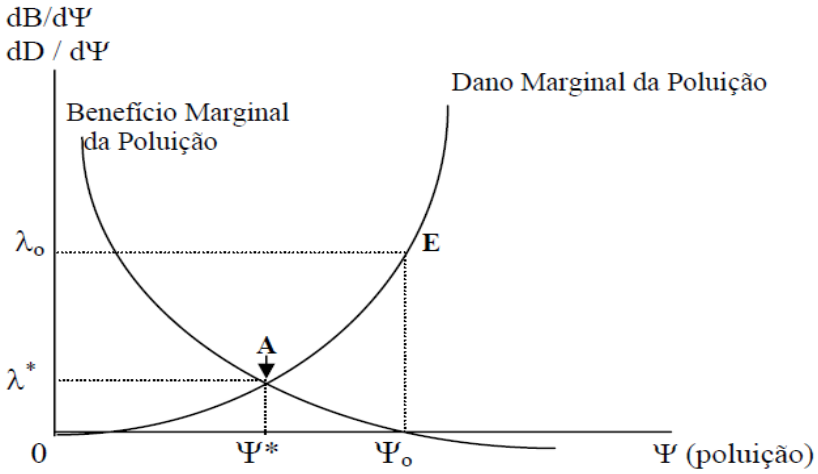
$$\frac{dB\ (\psi)}{d(\psi)}\ =\ \frac{dD\ (\psi)}{d(\psi)} \tag{4}$$

A figura a seguir mostra que existe um nível ótimo de poluição. Esse nível gera um benefício social líquido que será maximizado e que faz ter um preço de equilíbrio da poluição λ^*. No entanto, não existe um preço para se colocar na poluição. Alguns economistas chamam de “preço sombra”[2] da poluição um bem que

[2] Segundo Eustáchio e Junior (1999), o preço-sombra é quando atribuímos preços a insumos, que para o mercado não contem eficiência.

não há no mercado, esse preço seria por unidade produzida de poluição emitida, que maximizaria o lucro dessa empresa, e estaria reduzindo o nível de poluição ψ_0 para ψ^*, que seria o nível eficiente de poluição.

Figura 1: Poluição Eficiente



Fonte: Mueller. C. C (2006)

Resumidamente, nenhum outro ponto seja acima ou abaixo do nível ótimo de poluição ψ^*, gerará um benefício líquido social total (BL) menor, que o obtido ao nível ψ^*.

2.1.1. Modelo de Equilíbrio Geral com a Externalidade da Poluição

O modelo de equilíbrio geral considera uma população composta por: m indivíduos, h sendo as empresas, n será os produtos e insumos da empresa, S_k é denominado como fumaça (poluição) de cada empresa k, $\Sigma S_k = S$, pode-se dizer que é a fumaça emitida por um conjunto de empresas.

É possível afirmar ainda, que a função utilidade do indivíduo é denominada por U^j (•), já a quantidade de um bem i consumido, ou recurso i fornecido pelo individuo j, é denominado por X_i^j, Y_i^k é a quantidade do produto i produzido, ou o recurso i utilizado por esta empresa k, a quantidade de fumaça (poluição) emitida pela empresa tem a denominação S_k, a externalidade negativa da poluição (fumaça)

é denominado por $S = \Sigma S_k$, e por último a função de produção da empresa k é denominado por f^k (•).

Conforme a teoria descrita anteriormente, faz-se necessário observar alguns pontos relevantes sobre a teoria: primeiro ponto a ser observado é que, a poluição é um bem público, ou pode-se dizer um “mal público”. A poluição total denominada por S entra na função utilidade de cada indivíduo m da sociedade.

Segundo ponto relevante a ser observado é que, as utilidades dos indivíduos não podem decair, elas podem aumentar ou permanecer constantes, porém nunca declinar. Essa condição pode ocorrer através do Critério Eficiente de Pareto, juntamente com a teoria do bem-estar neoclássico.

O terceiro ponto observado descreve que, a função de produção das empresas *h,* precisa fazer sua produção conforme os recursos e tecnologias que as mesmas possuem, e o consumo não pode ser maior que a produção.

O último ponto observado destaca que, para as empresas poluidoras, a fumaça é tratada como um insumo de produção, ou seja, a fumaça é considerada como mão de obra por exemplo. Pode-se dizer que quanto maior a emissão de fumaça, maior será o incremento na produção da empresa.

Para se calcular o Pareto-Ótimo utiliza-se Lagrange:

$$L = U^1(\bullet) + \Sigma\lambda_j \left[U^{j*} - U^j(\bullet)\right] - \Sigma\mu_k f^k(\bullet) + \Sigma\varpi_j \left(r_j - \Sigma X_i^j + \Sigma y_i^k\right) \quad (5)$$

As condições de primeira ordem (maximizando a utilidade do indivíduo 1) são as seguintes:

$$\frac{\delta L}{\delta X_j^i} = -\lambda_j U_i^j + \varpi_i = 0 \quad \text{(para todos os bens } i \text{ e indivíduos } j\text{)} \quad (6)$$

$$\frac{\delta L}{\delta Y_i^*} = -\mu_k f_i^k + \varpi_i = 0 \quad \text{(para todos os bens } i \text{ e empresa } k\text{)} \quad (7)$$

$$\frac{\delta L}{\delta S} = -\Sigma\lambda_j U_s^j - \mu_k f_s^k = 0 \quad \text{(para todos os } m \text{ indivíduos e} \quad (8)$$

as h empresas)

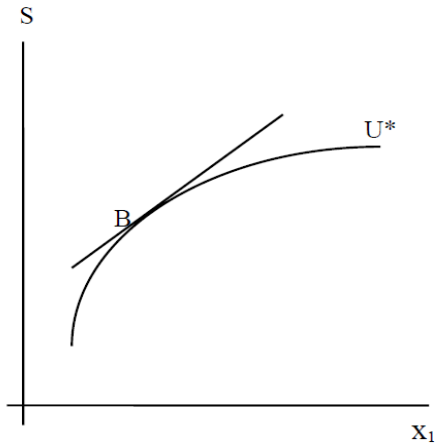
Onde a utilidade marginal do bem i para o indivíduo j é denominado por U_i^j, o produto físico marginal para a firma k de um insumo i é denominado por f_i^k, a utilidade marginal da fumaça para o indivíduo chama-se de U_s^j, o produto físico marginal da fumaça para a firma k tem a denominação de f_s^k, e por último os multiplicadores do lagrange ϖ_i, λ_j e μ_k.

Seguindo a equação $\delta L/\delta S$, é possível apurar que a economia ambiental neoclássica determina o nível de poluição eficiente, ou seja, a poluição que maximiza o bem estar para a sociedade.

Neste modelo o equilíbrio máximo da produção, de cada empresa é o nível do valor do produto marginal da poluição (fumaça), que se iguala ao somatório das desutilidades marginais (denominado por dano marginal da poluição) que é causado pela fumaça do conjunto de empresas na economia.

Dada à equação $(\delta L/\delta x_j^i) = -\lambda_j U_i^j + \varpi_i = 0$, pode-se observar que $\lambda_j U_1^j = \varpi_1$, e que $\lambda_j = \varpi_1/U_1^j$, em que x_1 é um bem designado para ser a unidade de conta da economia. A equação dano marginal da poluição é $-\varpi_1 \Sigma(U_s^j/U_1^j)$.

Figura 2: Sacrifício para o Indivíduo



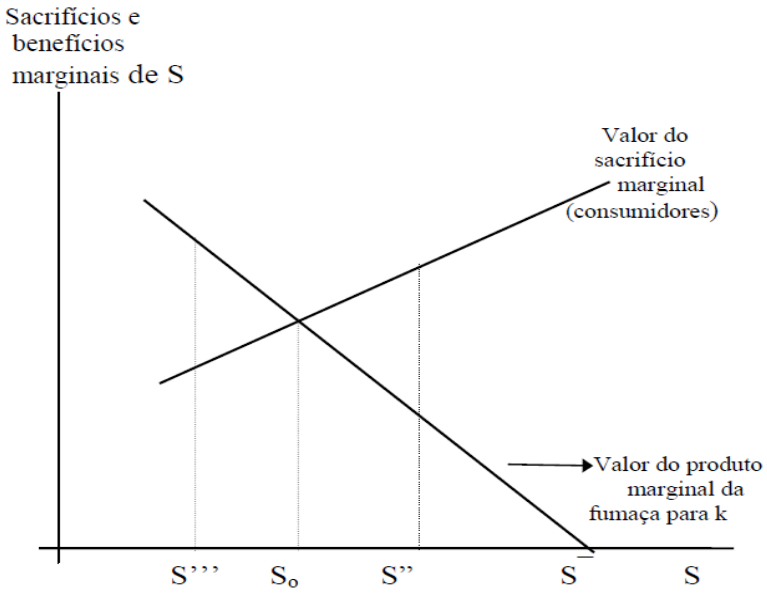
Fonte: Mueller. C.C (2006)

Observa-se que, a curva decorre do fato que a fumaça acaba causando desutilidade, que é considerada como sacrifício para os indivíduos. Quando aumenta a quantidade da poluição *s*, os indivíduos terão que consumir automaticamente,

porém os mesmos irão solicitar mais de $x_{1,}$ ou seja, se os indivíduos não solicitassem mais de x_1 diminuiria o nível de satisfação dos mesmos.

Na análise para as empresas a expressão $\mu_k f_s^k$ representa o valor do produto marginal denominação de S_k, a poluição emitida pela empresa k. A solução de equilíbrio para a empresa k, é que o ponto de equilíbrio seja $S_{0,}$ ou seja, o nível de produção dessa empresa k, gere a poluição que iguala a relação: $-\Sigma\lambda_j U_s^j = \mu_k f_s^k$.

Figura 3: Solução de Equilíbrio



Fonte: Mueller. C.C (2006)

Se a empresa k gerar poluição acima de S_0, o valor do produto marginal da poluição para empresa será menor que o sacrifício que foi provocado pela unidade marginal de poluição para o conjunto de consumidores. Certo disto, é compensador para os indivíduos pagar para diminuir a poluição para o nível $S_{0,}$ e assim a empresa ganha, sem diminuir o sacrifício marginal dos indivíduos.

Deste modo, a solução de equilíbrio ótimo da economia, se dá quando o valor do produto marginal da poluição se iguala ao valor do sacrifício marginal da sociedade.

2.1.2. O Funcionamento dos Mercados e a Poluição Ótima

Para determinar um equilíbrio competitivo, que envolve maximizar as funções utilidades dos consumidores e o lucro da empresa poluidora, o modelo assume a criação de um imposto unitário sobre a emissão de poluição, ou seja, as empresas que emitem poluição serão cobradas por este imposto, e, além disso, uma recompensação aos consumidores pelos danos causados.

Função de utilidade do individuo j:

$$U_j = U_j(x_1^j, x_2^j, \ldots, x_n^j s) \tag{9}$$

Restrição orçamentaria:

$$\Sigma p_i \times x_i^j \leq \Sigma p_i \times x_i^j + t_j \tag{10}$$

Pode-se afirmar que o lado esquerdo da equação da restrição orçamentaria é o valor do consumo dos bens e serviços. O lado direito é a venda de serviços de fatores (mão-de-obra, terra, capital e etc.)

Para determinar o equilíbrio dos consumidores, usa-se a equação abaixo:

$$L_j = U_j(\bullet) + \alpha_j\,(t_1 - \Sigma p_i\,.x_j) \tag{11}$$

Condição de primeira ordem:

$$\frac{\delta L_j}{\delta x_i^j} = U_i^j + \alpha_j\,(t_j - p_i) = 0 \tag{12}$$

O equilíbrio de mercado para a empresa k é alcançado pela maximização de seu lucro, sujeito à restrição estabelecida por sua função de produção.

A função lucro deste modelo é o custo da emissão de poluição, ou seja, é igual à receita da firma menos sua despesa com insumos e menos ($t_k \times s_k$).

A função lucro total da empresa i:

Lucro da empresa $k = \Sigma p_i \times y_k^i - (\Sigma p_i \times y_k^i + t_k \times s_k)$ (13)

Lucro de $k = \Sigma p_i \times y_k^i - t_k \times s_k$ (14)

Para maximizar o lucro da empresa k:

$$L_k = \Sigma p_i \times y_i^k - t_k \times s_k - \beta^k f^k(\bullet) \quad (15)$$

Distinguindo a relação de Y_i^k e o S_k e igualando a zero, é possível obter as equações:

$$\frac{\delta L_k}{\delta y_i^k} = p_i - \beta^k f_i^k = 0 \quad (16)$$

$$\frac{\delta L_k}{\delta s_k} = -t_k - \beta^k f_s^k = 0 \quad (17)$$

Visando determinar tais condições, coloca-se as equações de equilíbrio competitivo e solução de equilíbrio ótimo, para serem comparadas:

Solução de equilíbrio competitivo:

$$U_i^j + \alpha_j(t^j - p_i) = 0 \quad (18)$$

$$P_i - \beta^k f_i^k = 0 \quad (19)$$

$$-t_k - \beta^k f_s^k = 0 \quad (20)$$

Solução de equilíbrio ótimo:

$$\lambda_i U_i^j - \varpi_j = 0 \tag{21}$$

$$-\mu_k f_i^k + \varpi_j = 0 \tag{22}$$

$$-\Sigma\lambda_j U_s^j - \mu_k f_s^k = 0 \tag{23}$$

O que pode-se observar sobre a comparação é que, para obter uma solução ótima, é necessário o imposto t_k, sobre cada unidade de poluição emitida pela empresa k. Ou seja, o imposto tem que se igualar ao sacrifico marginal que a poluição causa aos consumidores.

2.2. MODELO TEÓRICO RELACIONANDO QUALIDADE DO AR E SAÚDE[3]

O modelo apresentado a seguir relaciona saúde e poluição do ar, tendo sido desenvolvido por Gerking e Stanley (1986), com base nos trabalhos de Grossman (1972), Cropper (1981), Rosenzweig (1982), e Harrington e Portney (1982). O modelo parte do pressuposto de que os indivíduos obtém utilidade através do consumo de duas classes de bens: 1) seu próprio estoque de capital saúde (H), e 2) bens que geram satisfação direta, mas que não afetam a saúde (X), ou seja,

$$U = U(X, H) \tag{24}$$

O estoque de capital saúde é determinado pela função de produção

$$H = H(M, \alpha, \delta) \tag{25}$$

onde, M representa os cuidados médicos (dos quais o indivíduo não deriva nenhuma utilidade direta), α denota a qualidade do ar, e δ representa um conjunto de outras variáveis exógenas, como educação, que afetam H ($H_M > 0$, $H_\alpha > 0$,

[3] Esta seção é baseada, fundamentalmente, em Gerking e Stanley (1986)

$H_\delta \gtreqless 0$). A utilidade é maximizada sujeito à equação (3.2.2) e a restrição orçamentária dada pela equação (3.2.3):

$$Mq_X + Mq_M + WT_L = WT + A \tag{26}$$

onde $q_i = (P_i + WT_i)$, $i = X, M$. P_i é o valor monetário da commodity i, W é a taxa de salário, T_i é o tempo requerido para consumir uma unidade da commodity i, T_L é o tempo perdido das atividades relacionadas ou não ao mercado devido a doenças, e A é um montante de receita de ativos exogenamente determinada. T_L está relacionada com o estoque de saúde de acordo com

$$T_L = G(H) \tag{27}$$

onde $G_H < 0$.

Esse modelo pode ser manipulado a fim de derivar uma expressão do tipo variação compensatória, para a disposição marginal a pagar pela melhoria da qualidade do ar. Primeiramente, toma-se o diferencial total da função de utilidade e definir $dU = 0$, como mostrado na equação (5),

$$dU = 0 = U_x dX + U_H H_M dM + U_H H_\alpha d\alpha + U_H H_\delta d\delta \tag{28}$$

Em segundo lugar, toma-se o diferencial total da restrição orçamentária, como mostra a equação (6), fazendo $dq_i = dW = dT = 0$ para $i = X, M$.

$$\begin{aligned} d(WT) = 0 = q_X dX + (q_M + WG_H H_M)dM - dA + WG_H H_\alpha d\alpha \\ + WG_H H_\delta d\delta \end{aligned} \tag{29}$$

Usando as condições de primeira ordem do modelo,

$$U_X - \lambda q_X = 0 \tag{30}$$

$$U_H H_M - \lambda(q_M + WG_H H_M) = 0 \tag{31}$$

a equação (5) pode ser resolvida para dX e substituída na equação (6) para obter

$$\frac{\partial A}{\partial \alpha} = -\frac{H_\alpha q_M}{H_M} \tag{32}$$

Seis características da equação (9) e do modelo subjacente merecem alguns comentários. Em primeiro lugar, esta equação indica que o indivíduo está disposto a pagar mais (ou seja, desistir de mais receita de ativos) para uma determinada melhoria da qualidade do ar, quanto maior a melhoria associada na saúde. Além disso, essa oferta é maior quanto menor a produtividade dos serviços médicos e quanto maior seu custo. Portanto, se os serviços médicos são um meio caro, mas ineficaz, de melhorar a saúde, o indivíduo está disposto a pagar mais pelo aumento da qualidade do ar. Em segundo lugar, a equação (9) é relativamente simples de implementar empiricamente, uma vez que os termos de utilidade foram eliminados.

Terceiro, a expressão para $\partial A/\partial \alpha$ envolve derivadas parciais da função de produção saúde em vez de parâmetros da forma reduzida de um modelo do tipo “dose-resposta”. Uma diferença chave entre essas duas abordagens está no tratamento de M. O presente modelo trata M como uma variável de escolha, enquanto na abordagem "dose-resposta", H é especificada como uma função de uma variedade de variáveis (possivelmente incluindo assistência médica, qualidade do ar, medidas socioeconômicas e demográficas), todas tratadas como exógenas.

Em quarto lugar, a equação (9) deve ser interpretada como a oferta marginal para evitar os efeitos da doença proveniente da redução da qualidade do ar em um mundo perfeitamente determinado em um período. Evidências epidemiológicas sugerem que os poluentes do ar podem iniciar e/ou exacerbar uma ampla gama de doenças respiratórias, incluindo bronquite crônico, enfisema, asma e possivelmente câncer de pulmão, que os cuidados médicos podem, pelo menos em parte, melhorar. No entanto, uma tentativa de evitar a doença por si só pode não incluir a disposição a pagar para evitar pequenos desconfortos sintomáticos da exposição à poluição, como olhos lacrimejantes, dor no peito e mal-estar geral.

A equação (9) pode, portanto, subestimar a oferta total relacionada à saúde para melhorar a qualidade do ar. Além disso, uma oferta marginal diferente pode emergir de um modelo multiperíodo em que os resultados de saúde são tratados como probabilísticos. Uma estrutura multiperiódica permitiria uma descrição mais completa dos danos fisiológicos acumulados em longo prazo ou da poluição do ar, e os resultados probabilísticos capturariam as incertezas científicas sobre as consequências exatas da poluição do ar sobre a saúde. No entanto, as principais ideias refletidas na equação (9) quase certamente seriam incluídas na oferta marginal derivada de uma formulação mais rica do modelo.

Quinto, restringindo a atenção aos modelos de um período sob a hipótese de certeza perfeita, existem inúmeras variantes do modelo apresentado que produzem uma expressão da oferta marginal idêntica à equação (9). Como um exemplo, o modelo existente poderia ser expandido para incluir um bom Y, representando fatores de estilo de vida, incluindo tabagismo, consumo de álcool, dieta ou exercício, que afetam diretamente a utilidade e a saúde. Como segundo exemplo, uma função de exposição da forma: $\alpha^* = \alpha^*(V, \alpha)$ poderia ser adicionada ao modelo existente. A variável α ainda denota os níveis de qualidade do ar ambiente, α^* denota os níveis de exposição reais e V denota a quantidade de uma atividade de evitação (i.e., sair da cidade nos fins de semana quando a qualidade do ar é baixa) que tem um preço total de q_V. Uma consequência da incorporação dessa equação no modelo é fazer de α^* variável endógena. Em ambos os exemplos, no entanto, a equação (9) ainda contém a oferta marginal para evitar reduções na qualidade do ar ambiente. O raciocínio aqui está na estrutura de otimização do modelo, na qual as condições marginais são equiparadas.

Em sexto lugar, a oferta marginal da qualidade do ar mostrada na equação (9) pode ser comparada com a oferta que resultaria se a saúde fosse tratada como uma mercadoria de investimento pura, ou seja, se H fosse eliminada da função de utilidade. Nesse caso, a oferta seria $WG_H H_\alpha$, que simplesmente indica valores à redução no tempo perdido das atividades relacionadas ou não ao mercado devido a doenças, causada pela melhoria na qualidade do ar na taxa de salário. Esta oferta é semelhante à abordagem de função de dano usada por Lave e Seskin (1977) e é menor que a proposta marginal mostrada na equação (9). Esse resultado em relação ao tamanho das ofertas deve ser esperado, uma vez que o modelo subjacente à

equação (9) trata a saúde como uma mercadoria com atributos de consumo e investimento.

2.3. REVISÃO EMPÍRICA

Em sentido histórico Braga *et al* (2001), mostra em seu estudo que os efeitos negativos da poluição geram consequências para a população e para a economia. Países desenvolvidos acabam adotando medidas de precaução para as indústrias poluidoras emitirem menor quantidade de poluentes, para assim diminuir os efeitos adversos causados pela poluição. Em alguns países, são concedidos subsídios para que as empresas utilizassem tecnologia para controlar a emissão. Segundo o estudo, empresas poluidoras migram de países desenvolvidos para países em desenvolvimento, porque nesses países a legislação é mais flexível. O custo que um país tem em fazer implementação, para a diminuição da poluição é muito menor do custo que ele terá com a saúde da população.

Dapper *et al.* (2016) em seu estudo buscam avaliar a relação da poluição atmosférica na saúde no estado de São Paulo no período de 2010 a 2015, o estudo fez análise de quais poluentes e as doenças e a faixa etária dos indivíduos atingidos pela poluição. A metodologia utilizada para chegar ao resultado, foi uma revisão bibliográfica de 2010 a 2015, que demonstrava sobre o efeito da poluição na saúde.

Diante disso, eles chegaram aos resultados que o principal poluente é Material Particulado (MP), causando doenças no sistema respiratório, doenças venosas, como acidente vascular cerebral, problemas cardiovasculares, e o peso dos bebes ao nascer. A mortalidade por câncer, partos prematuros e anemia também se mostraram doenças relacionadas à poluição. Segundo o estudo, as faixas etárias com maiores danos a saúde, são as crianças e os idosos. Por fim, o estudo relata que apesar do estado de São Paulo usar medidas de precaução para diminuir a poluição, tais medidas não estão sendo suficiente, e a população continua sendo atingida por esses danos.

Conforme Nakagawa *et al.* (2010), o estudo foi realizado devido ao grande nível de poluição na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Foi analisado que nos municípios desta região, a perspectiva de vida é um ano e meio menor, do que em cidades menos industrializadas. A metodologia utilizadas neste estudo embasa-

se em dados referentes às concentrações de poluentes atmosféricos (sendo analisados os poluentes MP,O_3, SO_2, CO e NO_x), apanhados de três estações telemétricas na RMSP. E os dados para comparação são retirados da Organização Mundial da Saúde (OMS), na intenção de analisar possibilidades de não ultrapassar os padrões estabelecidos. Diante deste contexto, os resultados observados apontam que quase todos os poluentes se intensificaram nos meses mais frios do ano, exceto ozônio O_3, que se intensificou em meses mais quentes. Assim, é possível concluir que os limites diários e os horários máximos foram acima da média anual esperada. Dessa forma, pode-se dizer que esse limite ultrapassado é significante e relevante, o qual deveria gerar um grande nível de preocupação em órgãos responsáveis pelo meio ambiente e saúde da população.

Para Braga *et al.* (2011), o estudo tem como objetivo analisar o perfil das internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças e adolescentes na cidade de São Paulo de 2000 a 2004. Os autores utilizaram a metodologia de séries temporais, e os dados coletados foram os hospitais conveniados com o Sistema Único de Saúde SUS na cidade de São Paulo no período e as doenças do Capítulo X (J00-J99) do Classificação Internacional de Doenças CID-10. Neste estudo os resultados obtidos indicam que ocorreram 130.653 internações entre crianças e adolescentes, sendo que 102.454 foram em crianças de zero a cinco anos e o restante entre seis e dezenove anos. A conclusão que os autores chegaram é que quanto menor for à idade maior é o número de internações.

O estudo Amâncio *et al.* (2012) buscou avaliar a associação entre os poluentes atmosféricos (material particulado, dióxido de enxofre e ozônio) e as internações hospitalares de crianças com asma brônquica, na cidade de São José dos Campos, São Paulo. Para analisar essa relação, foi utilizado o método de séries temporais, nos quais foram utilizados dados de internações de crianças de 0 a 10 anos com asma brônquica, no período de 01/01/2004 a 31/12/2005. Segundo o estudo, os dados para essa pesquisa foram obtidos do Departamento de Informações e Informática do Sistema Único de Saúde (SUS). Outros dados obtidos pelo o estudo foram os níveis de poluentes ambientais, como material particulado, dióxido de enxofre, e ozônio, sendo retirados da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental que conta com um ponto de medição na cidade de São José dos Campos.

Diante disso, chegaram ao resultado que ocorreram 841 internações de crianças e adolescentes com asma brônquica nesse período. E dessa forma, é possível verificar que existe uma relação entre os poluentes e a saúde das pessoas. Nesse estudo foi observado somente às internações hospitalares, porém têm muitos outros fatores que correspondem que a poluição que afeta os indivíduos, diminuindo sua qualidade de vida.

O estudo de Oliveira e Ferreira (2008) tem o objetivo de avaliar a qualidade do ar do município do Rio de Janeiro, e propor, sobre as características locais, uma melhoria nesse aspecto através de planejamento, urbanização para assim trazer qualidade de vida para os indivíduos. O método desse estudo foi através de uma série histórica de concentração de poluentes monitorados em quatro estações de amostragens da cidade do Rio De Janeiro. O período do estudo foi de 01/01/2001 a 31/12/2004. O resultado do estudo diz que a qualidade do ar da cidade do Rio de Janeiro é regular, e apresenta Partículas Inaláveis $PM_{10,}$ como poluente principal, afetando os indivíduos e certamente a saúde dos mesmos.

Frente a isso, a conclusão desse artigo é que o poder púbico deveria tomar medidas de gestão ambiental e social, para garantir a qualidade de vida social e ambiental.

Paiva (2014), em seu estudo analisou os casos de internações hospitalares por doenças do sistema respiratório relacionados aos níveis de poluição do ar na cidade de Volta Redonda, Rio de Janeiro. O município estimado é a segunda cidade mais poluidora do estado do Rio de Janeiro, ficando abaixo somente da capital.

Usando a metodologia do modelo regressão de Poisson, o autor chegou à conclusão de que, no período estudado janeiro de 2005 a dezembro de 2007, existe uma relação entre as internações e a exposição do monóxido de carbono CO, pois quanto maior o nível de CO, maior é o número de internações por doenças respiratórias.

Em seu artigo, Machado *et al.* (2014) analisaram os efeitos da região industrial potencialmente poluidoras, na qualidade de vida dos indivíduos que moram em uma cidade perto dessa região industrial. A pesquisa utilizada foi Survey (pesquisa de opinião) através de um questionamento com 47 questões e aplicado em 245 indivíduos de dois municípios perto dessa região industrial. Como resultado dessa pesquisa, foi observado que a qualidade do ar está regular e ruim, mas como

principal fator de insatisfação desses indivíduos é a poeira, a que causa doenças como alergias, rinites, sinusites, entre outras.

Diante disso, pode-se concluir na necessidade de considerar as políticas públicas, que têm o objetivo de controlar a poluição e assim gerar uma melhoria na qualidade do ar, o que consequentemente gera um beneficio na qualidade de vida para os indivíduos dessa região.

Bokony *et al*. (2004) investigaram os efeitos da poluição atmosférica nas doenças respiratórias em crianças no período de 1999 e 2000, na cidade de Curitiba,. O método aplicado nessa pesquisa foi o modelo de aditivo generalizado de regressão de Poisson, utilizando os dados sobre a saúde das crianças com doenças respiratórias, poluentes e dados climáticos.

A partir dos resultados dessa investigação, pode-se concluir que os efeitos dos poluentes causam doenças respiratórias nas crianças. Segundo o estudo, um aumento de 40,4 $\mu g/m^3$ gera um aumento de 4,5% nas consultas por doenças respiratórias de crianças.

Dapper *et al.* (2016) fizeram uma investigação sobre a poluição atmosférica gera efeitos na saúde de crianças, adolescentes e idosos no município de Canoas, Rio Grande do Sul. Na pesquisa foram utilizados dados de internações de doenças respiratórias pelo Sistema Único de Saúde (SUS), e os dados fornecidos pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental-FEPAM das medições de poluentes.

O estudo destacou a associação negativa dos poluentes nos indivíduos Material Particulado (PM_{10}), Ozônio (O_3) e dióxido de enxofre (SO_2) causam internações por doenças respiratórias em crianças e adolescentes. Os poluentes monóxidos de carbono (CO) e Ozônio (O_3) geram doenças respiratórias nos idosos. Diante desses resultados, pode-se concluir que a poluição do ar do município de Canoas está gerando risco para a população com surgimentos de doenças respiratórias e outras doenças possíveis de ser geradas nessas condições.

O estudo de Azambuja *et al.* (2009) objetivou explicar a mortalidade por doenças do aparelho respiratório (DAR), em diversos pontos geo-socio-demográficos da cidade de Porto Alegre, no período de 2000 a 2004. Assim, a metodologia aplicada neste estudo se estabeleceu através de um estudo ecológico transversal, ou seja, foi utilizado setores como bairros da capital gaúcha, agregando em quatro níveis socioeconômicos, determinados por quartis aproximados a

qualidade de vida. O resultado obtido desta pesquisa aponta que os bairros mais pobres, tem o maior número de óbitos, diante os indicadores socioeconômicos da população.

3. METODOLOGIA E DADOS

Uma vez que o objetivo do trabalho visava à análise do efeito da poluição industrial sobre a saúde, utilizou-se a metodologia de dados em painel, que permitiu controlar os efeitos de características não observadas dos municípios e constantes no tempo, no período de 2004 a 2015. Segundo Duarte *et al.* (2007), esse método pode mensurar os efeitos não observados por corte transversal e série temporais separadamente, ou seja, dados em painel é uma junção de corte transversal e série temporal que permite controle de heterogeneidade presente nos indivíduos.

Conforme Gujarati (2011), essa metodologia possibilita que seja obtida maior quantidade de informação, maior variedade de dados, mínima colinearidade entre as variáveis, maior graus de liberdade e também maior eficiência na estimação.

3.1. DADOS EM PAINEL

Como destacado anteriormente, a metodologia de dados em painel tem características de corte transversal e série temporal, a diferença deste método está no agrupamento independente de cortes transversais (Wooldrige, 2014, p.416).

Além disso, a análise de dados em painel proporciona o conhecimento sobre os processos econômicos, como a heterogeneidade individual, que propõe analisar as características que diferenciam os indivíduos ao longo do tempo, entre cada observação e em cada cross-section. (Greene, 2014).

Conforme demonstrado algebricamente no estudo de Duarte et al, (2007) a equação geral de dados em painel:

$$y_{it} = \beta_{0it} + \beta_{1it}X_{1it} + \cdots + \beta_{kit}X_{kit} + e_{it} \quad (1)$$

Diante a equação (1), i tem denominação dos diferentes indivíduos, e t denomina os períodos de tempo que estão sendo analisados, β_k denota os coeficientes angular das variáveis explicativas do modelo. Nesta equação, y_{it} é considerado como variável dependente do modelo, β_{0it} denota os parâmetros de

interceptos, β_{1it} as variáveis explicativas, X_{1it} denotam as variáveis explicativas e e_{it} são vetores de dimensão (T x 1) (Duarte *et al*, 2007).

O modelo dados em painel possui algumas vantagens em relação aos cortes transversais ou de séries temporais. Segundo Gujarati (2011), uma das vantagens dos dados em painel é o relacionamento dos indivíduos, empresas, municípios, países e etc, com o tempo, que leva a ter heterogeneidade nas observações. Outra vantagem do modelo é o fato dele ser mais apropriado para verificar situações de mudança. Além disso, possibilita a análise e verificação dos efeitos que não são observados, por corte transversal ou série temporal. Conforme Greene (2014), uma vantagem fundamental do modelo, é que os dados em painel permite uma flexibilidade na modelagem, quando há diferenças no comportamento dos indivíduos.

Nesse modelo geral de dados em painel, o intercepto e os parâmetros do modelo são estimados diferentemente para cada individuo, e para período de tempo diferente, ou seja, quando isso ocorre acaba existindo mais parâmetros do que observações desconhecidos, que por consequência, não é possível fazer a estimação dos mesmos. Assim, é necessário que os modelos que mais combinam com cortes transversais e séries temporais sejam utilizadas. (Duarte *et al*, 2007).

Modelo de Efeito Fixo:

O modelo de efeito fixo controla os efeitos das variáveis omitidas, essas variáveis elas são diferentes para cada individuo, porém, são constantes ao longo do tempo. Esse modelo supõe um intercepto individual, e não é alterado ao longo do tempo. Assim:

$$\gamma_{it} = \beta_{0i} + x'_{it}\beta_1 + \varepsilon_{it} \qquad (2)$$

Onde, β_{0i} pode ser correlacionados com os regressores x_{it}, o que permite de forma restrita a endogeneidade (que significa ter uma variável explicativa endógena), e supõe que a variável explicativa x_{it} não seja correlacionada com o erro idiossincrático ε_{it}. (Fávero *et al,* 2014)

O intercepto β_{0i} é um parâmetro fixo do modelo, que obtêm a diferença de um individuo para o outro que estão na amostra. O intercepto somente irá colocar na amostra aqueles indivíduos que dispõe de suas características. (Duarte *et al*, 2007).

Além disso, ao considerar os diferentes interceptos, pode-se utilizar as variáveis dummy, quando isso acontece é utilizado o modelo de mínimos quadrados com variáveis dummy para efeito fixo (MQVD) (Gujarati, 2011).

Demonstrando algebricamente a equação com as variáveis binárias.

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \ldots + \beta_k X_{kit} + y_1 D_{1i} + y_2 D_{2i} + y_3 D_{3i} + \cdots + y_n D_{ni} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Onde, D_{ni} é a variável dummy para cada indivíduo e equivale um quando $i = n$ e o zero quando for ao contrário. Entretanto, essa equação estima para n indivíduos uma variável dummy para cada um, porém isso trará um problema de multicolinearidade, e para resolver este problema deve-se omitir uma dummy (Duarte *et al,* 2007). Assim:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \ldots + \beta_k X_{kit} + y_2 D_{2i} + y_3 D_{3i} + \cdots + y_n D_{ni} + e_{it} \quad (4)$$

Quando $i = 1$ o intercepto é dado por $\beta_0 = \alpha_1$. Para $i \geq 2$ o intercepto é dado por $\beta_0 + y_1$.

Segundo Duarte *et al,* (2007) para verificar se as estimações do modelo estão corretas, é indicado fazer um teste para analisar se os interceptos são diferentes entre os indivíduos. A análise é feita através da estatística F, ou seja, serão analisadas as hipóteses nulas e alternativas. Se rejeitar-se a hipótese nula H_0 , considera-se que os interceptos não são todos iguais, o que satisfaz a suposição do modelo .

Em suma, o modelo é a melhor alternativa para utilizar com dados em painel, quando o intercepto α_i, está correlacionado com as variáveis explicativas do modelo, e o parâmetro é utilizado como fixo (Duarte *et al*, 2007).

Com base na metodologia de dados em painel, este estudo irá estimar o modelo de efeito fixo, visto que o método leva em conta a correlação entre o intercepto e as variáveis explicativas ao longo do tempo.

$$y_{Faixa\ Etária_{mt}} = \beta_0 + \beta_1 Poluição_{mt} + \beta_2 Energia\ Comercial_{mt} + \beta_3 Frota\ de\ Veículos_{mt} + \delta_m + \mathfrak{s}_{mt} + \varepsilon_{mt} \quad (5)$$

Nessa equação, a variável dependente, denotada por y, se refere às internações hospitalares por doenças no aparelho respiratório, considerando as do CID – 10 (J00 –J99) por $Faixa\ Etária_{mt}$,que está definida em seis grupos (zero a quatro anos, cinco a nove anos, dez a quatorze anos, quinze a cinquenta e nove anos, sessenta e mais anos e o todas as idades), β_1 é o coeficiente de interesse, $Poluição_{mt}$ é a variável explicativa do modelo, que se refere aos indicadores de potencial poluidor das atividades de transformação e extrativas no Rio Grande do Sul, da Fundação de Economia e Estatística – FEE. As variáveis $Energia\ Comercial_{mt}\cdot$, $Frota\ de\ Veículos_{mt}\cdot$, são variáveis de controle. A variável δ_m , é o efeito fixo de município. $\mathfrak{s}_{mt}$ é a tendência do modelo, e ε_{mt} é o erro. Os subscritos, m representa os municípios $1, \cdots, 497$ e t denota o tempo que é de 2004 até 2015.

3.2. DADOS

Os dados sobre internações hospitalares por doenças no aparelho respiratório considerando as da Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde CID – 10 [4] (J00 –J99), foram retirados do DataSUS-Tabnet.

Já o que se refere à $Poluição_{mt}$,os indicadores de potencial poluidor das atividades de transformação e extrativas no Rio Grande do Sul, foram coletados da Fundação de Economia e Estatística - FEE. Esses indicadores têm como objetivo destacar o potencial poluidor do Estado, município, microrregiões, mesorregiões e coredes. O índice é:

[4] Cid 10: É a décima revisão da Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde.

O Índice de Potencial Poluidor da Indústria – Inpp – I, tem como objetivo calcular a magnitude da poluição no estado do Rio Grande do Sul. Além disso, é necessário levar em consideração algumas observações: primeiramente que o índice leva como base para o calculo o primeiro ano 2002 da serie de dados e que todas as indústrias extrativas e de transformação doo estado, será considerada como alto potencial poluidor. Desse modo, algebricamente:

$$Inpp - I_{mt} = \frac{VAB_{etmt}}{VABetEstado\,(2002)} * 100 \qquad (6)$$

Onde, $Inpp - I_{mt}$ é o Índice de Potencial Poluidor da Indústria do município m no ano t; o VAB_{etmt} é o valor adicionado bruto da indústria extrativa e de transformação VAB_{et} amplificada do município m ano t e o $VABetEstado\,(2002)$ é a base da estimação conforme explicado anteriormente. Os dados sobre os indicadores foram retirados da FEE.

As variáveis de controle $Energia\,Comercial_{mt}$·e $Faixa\,Etária_{mt}$, foram também retirados da FEE. E a outra variável de controle $Frota\,de\,Veículos_{mt}$, foi retirado do banco de dados do Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN.

4. RESULTADOS

Com base nos resultados obtidos, através da aplicação da metodologia de modelo de efeito fixo para dados em painel, pode-se observar a relação entre as doenças do aparelho respiratório e a poluição. As doenças mais afetadas no Estado do Rio Grande do Sul foram às doenças pulmonares obstrutivas crônicas (J44). E a faixa etária com o maior número de internações foi a das crianças, de cinco a nove anos, e a dos idosos, com idade igual e superior a sessenta anos.

A tabela 1 demonstra os resultados obtidos referentes à estimação do número de internações por outras doenças pulmonares obstrutivas crônicas (J44), dentro desse grupo de estimação são referentes à asma obstrutivas, bronquite crônica, bronquite obstrutiva crônica e traqueobronquite obstrutiva crônica.

Tabela 1 - Outras Doenças Pulmonares Obstrutivas Crônicas

VARIÁVEIS	tx_J44_2	tx_J44_3	tx_J44_4	tx_J44_5	tx_J44_6	tx_J44
Índice de Potencial Poluidor	2.0645	1.4858**	-0.6734	3.5840	85.5977	9.1808
	(2.9447)	(0.7053)	(0.6571)	(3.6744)	(66.9029)	(9.9639)
Ln Frota Total de Veículos	4.4856**	1.3072*	0.7327**	2.7323	19.1176	8.0135
	(2.0800)	(0.7836)	(0.3549)	(5.5234)	(37.4421)	(6.5574)
Ln Energia Comercial	2.2385	-0.2862	0.1976	4.8455	48.6603**	8.4934**
	(1.3788)	(0.6757)	(0.3288)	(2.9705)	(24.6488)	(4.2480)
Tendência	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaboração própria no software Stata. Nota: *** p<0.01 (99% de significância), ** p<0.05 (95% de significância), * p<0.1 (90% de significância). _2: faixa etária de 0 a 4 anos. _3: faixa etária de 5 a 9 anos, _4:faixa etária de 10 a 14 anos, _5: faixa etária de 15 a 59 anos, _6: faixa etária de >60 anos, e tx_J44: Todas as idades.

Diante dos resultados obtidos na estimação, é possível analisar que as variáveis explicativas do modelo, afetaram as doenças com significância. De acordo com os resultados, os indivíduos afetados por essas variáveis, são as crianças e adolescentes considerando a faixa etária de zero a quatorze anos, e também idade superior a sessenta anos. A população acometida pela poluição acaba ficando com

uma insuficiência na função pulmonar, e consequentemente leva os indivíduos a um maior número de internações hospitalares.

Na tabela 2, são demonstrados os resultados da estimação dos números de internações hospitalares, por influenza a gripe e pneumonia (J09- J18).

Tabela 2- Influenza a gripe e pneumonia

VARIÁVEIS	tx_J0918_2	tx_J0918_3	tx_J0918_4	tx_J0918_5	tx_J0918_6	tx_J0918
Índice de Potencial Poluidor	85.3476	36.1567	9.8460	8.2809**	57.2215*	24.7607*
	(102.9612)	(33.6779)	(6.6255)	(3.9765)	(29.1278)	(13.2670)
Ln Frota Total de Veículos	9.6649	18.3402	11.4002	1.1740	18.5081	3.9254
	(49.5359)	(17.4102)	(9.2512)	(7.1163)	(27.5704)	(10.5471)
Ln Energia Comercial	-26.0166	0.0665	-0.5502	1.2913	-6.1879	-4.6764
	(26.0663)	(7.4752)	(3.4558)	(2.9839)	(13.1290)	(5.3459)
Tendência	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaboração própria no software Stata. Nota: *** p<0.01 (99% de significância), ** p<0.05 (95% de significância), * p<0.1 (90% de significância). _2: faixa etária de 0 a 4 anos. _3: faixa etária de 5 a 9 anos, _4:faixa etária de 10 a 14 anos, _5: faixa etária de 15 a 59 anos, _6: faixa etária de >60 anos, e tx_J0918: Todas as idades.

Na tabela acima, conforme os resultados obtidos, é possível analisar que diferentemente da tabela 1, somente os índices de potencial poluidor afetaram significativamente no número de internações hospitalares por influenza a gripe e pneumonia. As pessoas afetadas pela a poluição podem ter doenças como, irritação respiratória, que faz com que os indivíduos tenham uma redução na função pulmonar, ou também atingir partes mais profundas do pulmão. Segundo os resultados, a população com maior fragilidade a influenza a gripe e pneumonia, são os adultos, os idosos e a população de todas as idades.

A tabela 3 nos demonstra os resultados estimados, sobre as internações por sinusite crônica.

Tabela 3- Sinusite Crônica

VARIÁVEIS	tx_J32_2	tx_J32_3	tx_J32_4	tx_J32_5	tx_J32_6	tx_J32
Índice de Potencial Poluidor	0.0015	-0.2396	0.2520	0.1789	0.4947***	0.1854
	(0.0473)	(0.1516)	(0.4151)	(0.1657)	(0.1397)	(0.1808)
Ln Frota Total de Veículos	0.0608	0.1730	-0.0871	0.5113**	-0.1908	0.2022
	(0.0382)	(0.1281)	(0.3355)	(0.2169)	(0.1997)	(0.1305)
Ln Energia Comercial	-0.0057	-0.2937	-0.5636	-0.0695	0.0359	-0.2025
	(0.0081)	(0.3367)	(0.8832)	(0.1705)	(0.1751)	(0.3142)
Tendência	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaboração própria no software Stata. Nota: *** p<0.01 (99% de significância), ** p<0.05 (95% de significância), * p<0.1 (90% de significância). _2: faixa etária de 0 a 4 anos. _3: faixa etária de 5 a 9 anos, _4:faixa etária de 10 a 14 anos, _5: faixa etária de 15 a 59 anos, _6: faixa etária de >60 anos, e tx_J0918: Todas as idades.

Diante os resultados da tabela acima, é demonstrado que os índices de potencial poluidor e a frota de veículos, afetam significativamente nas internações hospitalares por doenças como sinusite crônica. Na análise da tabela 3, os índices afetaram os idosos, e a frota de veículos afetaram os adultos. Como explicado na tabela anterior, os indivíduos expostos a esses poluentes, terão consequências para a saúde, como infecções respiratórias e outras doenças semelhantes.

A tabela 4 demonstra os resultados sobre as internações hospitalares por asma,

Tabela 4 - Asma

VARIÁVEIS	tx_J45_2	tx_J45_3	tx_J45_4	tx_J45_5	tx_J45_6	tx_J45
Índice de Potencial Poluidor	-17.2303	-4.0610	1.5416	-1.7289	3.5530	-1.5122
	(28.8916)	(7.9218)	(3.7072)	(5.8218)	(9.9115)	(6.6480)
Ln Frota Total de Veículos	41.3796	27.7292**	-0.0681	2.5045	-1.2848	8.1065

	(30.4224)	(12.0501)	(3.7268)	(3.4674)	(9.4258)	(5.4001)
Ln Energia Comercial	11.8032	7.0132	3.0628	3.5469	7.7258	4.6808
	(15.7365)	(5.9826)	(2.2321)	(2.1767)	(5.7001)	(3.4611)
Tendência	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaboração própria no software Stata. Nota: *** p<0.01 (99% de significância), ** p<0.05 (95% de significância), * p<0.1 (90% de significância). _2: faixa etária de 0 a 4 anos. _3: faixa etária de 5 a 9 anos, _4:faixa etária de 10 a 14 anos, _5: faixa etária de 15 a 59 anos, _6: faixa etária de >60 anos, e tx_J0918: Todas as idades.

Conforme os resultados da tabela 4, as internações hospitalares por asma, diferentemente das outras tabelas, é afetado significativamente pela poluição da frota de veículos. Diante os resultados estimados, as crianças de cinco a nove anos, são os principais casos de internações hospitalares. Uma maior circulação de veículos, e a população exposta a poluentes aéreos, causam um aumento na procura por emergências, devido a crises agudas de asma.

A tabela 5 demonstra os resultados das internações hospitalares por Bronquectasia.

Tabela 5 - Bronquectasia

VARIÁVEIS	tx_J47_2	tx_J47_3	tx_J47_4	tx_J47_5	tx_J47_6	tx_J47
Índice de Potencial Poluidor	-0.4437	0.0780	-0.1105	1.1206	0.3450	0.4097
	(1.5575)	(0.3104)	(0.2112)	(1.3057)	(0.8380)	(0.4886)
Ln Frota de Veículos	2.6589**	0.1411	0.9240	0.0264	2.7037	0.7628*
	(1.3255)	(0.2666)	(0.9400)	(0.3376)	(2.6610)	(0.4601)
Ln Energia Comercial	1.7326	0.2925	0.0883	-0.0923	0.0184	0.1287
	(1.7750)	(0.3304)	(0.1608)	(0.0816)	(0.3322)	(0.1971)
Tendência	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaboração própria no software Stata. Nota: *** p<0.01 (99% de significância), ** p<0.05 (95% de significância), * p<0.1 (90% de significância). _2: faixa etária de 0 a 4 anos. _3: faixa etária de 5 a 9 anos, _4:faixa etária de 10 a 14 anos, _5: faixa etária de 15 a 59 anos, _6: faixa etária de >60 anos, e tx_J47: Todas as idades.

Como na tabela 5, a internações hospitalares por bronquectasia são relacionadas de forma significativa pela poluição da frota de veículos, a qual provoca a internação de crianças de zero a quatro anos.

Na tabela 6, os resultados obtidos pela estimação das internações por bronquiolite aguda.

Tabela 6 - Bronquiolite aguda

VARIÁVEIS	tx_J21_2	tx_J21_3	tx_J21_4	tx_J21_5	tx_J21_6	tx_J21
Índice de Potencial Poluidor	8.2104	5.9136	0.6016	0.4004	1.0408	2.3298
	(17.4792)	(3.7148)	(0.3783)	(0.2765)	(0.6682)	(1.7219)
Ln Frota Total de Veículos	-2.5132	4.4814	-0.0660	0.0906	0.7403	0.9575
	(9.0213)	(2.9990)	(0.3748)	(0.1365)	(0.6339)	(0.8092)
Ln Energia Comercial	-0.4730	2.9440*	0.2587	0.1531	0.7507***	0.5948
	(4.9359)	(1.5473)	(0.2238)	(0.1714)	(0.2515)	(0.4630)
Tendência	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaboração própria no software Stata. Nota: *** p<0.01 (99% de significância), ** p<0.05 (95% de significância), * p<0.1 (90% de significância). _2: faixa etária de 0 a 4 anos. _3: faixa etária de 5 a 9 anos, _4:faixa etária de 10 a 14 anos, _5: faixa etária de 15 a 59 anos, _6: faixa etária de >60 anos, e tx_J47: Todas as idades.

Na tabela acima, são demonstrados os resultados das internações hospitalares por bronquiolite aguda, nessa estimação a variável que afetou significativamente as internações foi a energia comercial. De acordo com os resultados, as faixas etárias mais afetas são as crianças de cinco a nove anos, e os idosos com idade igual e superior a sessenta anos. A população afetada pela poluição da energia comercial tende a ter uma diminuição na capacidade pulmonar, e isso faz com que aumente a morbidade hospitalar.

De modo geral, a tabela a seguir apresenta os resultados das internações hospitalares por doenças do aparelho respiratório, considerando todo o capitulo J (J00-J99), do livro Cid – 10.

Tabela 7- Doenças do Aparelho Respiratório

VARIÁVEIS	tx_J_2	tx_J_3	tx_J_4	tx_J_5	tx_J_6	tx_J
Índice de Potencial Poluidor	94.9809	38.0076	13.8879*	12.2704	162.8560*	38.1666
	(135.3150)	(38.8578)	(7.6887)	(11.1042)	(92.2060)	(30.2610)
Ln Frota Total de Veículos	19.8937	52.8768**	20.0052*	11.7120	43.1237	26.1250
	(76.4732)	(22.5052)	(11.9041)	(11.3823)	(51.0496)	(16.4063)
Ln Energia Comercial	-44.2650	-0.1685	0.2661	8.1534	34.2159	3.6890
	(31.1864)	(9.7677)	(4.8742)	(5.9839)	(30.8707)	(9.1707)
Tendência	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaboração própria no software Stata. Nota: *** p<0.01 (99% de significância), ** p<0.05 (95% de significância), * p<0.1 (90% de significância). _2: faixa etária de 0 a 4 anos. _3: faixa etária de 5 a 9 anos, _4:faixa etária de 10 a 14 anos, _5: faixa etária de 15 a 59 anos, _6: faixa etária de >60 anos, e tx_J: Todas as idades.

Diante os resultados da estimação, os índices de potencial poluidor e a poluição da frota de veículos causam significativamente internações hospitalares por doenças do aparelho respiratório. De modo geral a população mais afeta pelas emissões de poluição, são as crianças de cinco a nove anos e os idosos acima de sessenta anos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho teve como objetivo analisar a relação entre o efeito da poluição industrial do ar e as doenças do aparelho respiratório, para a população do Estado do Rio Grande do Sul, no período de 2004 a 2015.

A análise dos resultados indica que a poluição industrial do ar no estado gaúcho está relacionada às internações hospitalares por doenças do aparelho respiratório, principalmente pela exposição dos indivíduos a poluição emitida pela frota de veículos.

Diante dos resultados estimados, percebeu-se que as outras doenças pulmonares obstrutivas crônicas foram estatisticamente significativas quando relacionada à poluição indicada pelo índice de potencial poluidor, a poluição da frota de veículos e a poluição da energia comercial.

Também se verificou que, de uma forma geral, a poluição da frota de veículos foi a variável que teve maior significância entre as doenças estimadas, afetando as outras doenças pulmonares obstrutivas crônicas, sinusite, asma e bronquectasia. Outra análise observada, é que a faixa etária que se mostrou mais afetada pela poluição é a das crianças de cinco a nove anos e dos idosos com idade igual ou superior a sessenta anos.

É relevante dizer que a falta de saúde dos indivíduos acaba trazendo custos para o Estado com consultas médicas e internações hospitalares, o que está ligado ao desenvolvimento econômico do Estado do Rio Grande do Sul, visto que, esses custos são pagos pelo governo estadual. Além disso, o desenvolvimento social dos indivíduos acaba prejudicado, conforme apresentado nos resultados, sendo os principais grupos etários afetados, as crianças e dos idosos, que consequentemente não terão uma boa qualidade de vida.

É importante salientar, que os resultados não descartam a possibilidade que outros fatores estejam afetando também a saúde da população. Mas é de grande valia enfatizar a importância de políticas públicas mais sustentáveis para o Estado do Rio Grande do Sul, tais como impor leis mais rígidas para a redução de emissão de poluentes em indústrias, frota de veículos, energia comercial entre outras formas de poluição.

Por fim, deixa-se uma lacuna para que autoridades possam tomar medidas de precaução, como taxas de impostos para indústrias e fontes de energias que geram poluição, melhorar a infraestrutura dos transportes públicos do Estado, para assim diminuir o número de circulação de veículos emissores de poluentes, para assim baixar o nível de poluição do ar. Quando medidas forem tomadas para diminuir a poluição do ar, a população terá uma melhor qualidade de vida, um melhor desenvolvimento social, que contribuirá para o desenvolvimento econômico do Estado.

REFERÊNCIAS

ACHUTTI, A; AZAMBUJA, M. I; BASSANESI, S.L. A Mortalidade por Doenças Respiratórias em Porto Alegre é a Maior em Áreas da Cidade com Piores Indicadores Sociais. **Boletim da Saúde**. Porto Alegre. V. 23, n.1, p.31-39, 2009.

AMÂNCIO, C; Nascimento, L. F. Asma e poluentes ambientais: um estudo de série temporal. **Revista da Associação Médica Brasileira**. São Paulo. v.58. p: 302-307. 2012. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-4230201200300009> Acesso em: 16.Out .2018.

ATLAS. Estabelecimentos e Empregados na Indústria. **Atlas Sócio Econômico do Rio Grande do Sul,** 2015.

BRAGA, A; BOHN, G. M; PEREIRA, L. A. A; SALDIVA, P. Poluição atmosférica e saúde humana. **Revista USP**, São Paulo, n. 51, p 58-87, 2001. Disponível em: <www.revistas.usp.br/revusp/article/view/35099> Acesso em: 22. Ago.2018.

BAKONYI, S.; DANNI-OLIVEIRA, I.; MARTINS, L.; BRAGA, A. Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba/PR. **Revista Saúde Pública**. São Paulo. v.38. n.5, p.695-700, 2004. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102004000500012> . Acesso em: 21. Ago.2018.

CANÇADO, J.E.D; BRAGA, A.; PEREIRA, L.A.A; ARBEX, M.A; SALDIVA, P.H; SANTOS, U. P. Repercussões Clínicas de Exposição à Poluição Atmosférica. **J Bras Pneumol**, v.32, n.1, p.5-11, 2006.

COMARÚ. F. A; NAKAGAWA.L; TRIGOSO.F.B.M. Impactos na Qualidade do Ar e na Saúde Humana da Poluição Atmosférica na Região Metropolitana de São Paulo – SP. **Encontro Nacional da Anppa**. Florianópolis, 2010. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT3-150-302-20100901143452.pdf> Acesso em: 06. Mai. 2018

CROPPER, M.L. Mesuring the Benifits from Reduced Morbidity. **The American Economic Review**, vol. 71, n. 2, Papers and Proceedings of the Ninety-Third Annual Meeting of the American Economic Association, p. 235-240, 1981.

DAPPER, N.S.; SPOHR, C.; ZANINI. R.R. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no Estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v.30, n.86, P.83-97. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142016000100083> Acesso em: 11. Out. 2018.

DAPPER, S. N. **Estudo da associação dos efeitos da poluição do ar na saúde da população de Canoas/Rs**. 2016. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2016. Disponível em :<repositório.ufsm.br/handle/1/8412?show=full> Acesso em: 12.Out.2018.

DEPLAN. Sistema da Saúde no Rio Grande do Sul. **Departamento Governamental de Planejamento.** RS 2030, Texto de Referência 5, 2012.

DUARTE. P.C; LAMOUNIER. V. M; TAKAMATSU. R.T. Modelos Econométricos para Dados em Painel: Aspectos Teóricos e Exemplos de Aplicação a Pesquisa em Contabilidade Finanças. **Congresso USP Controladoria e Contabilidade**, v.7; **Congresso USP de Iniciação Cientifica em Contabilidade**, São Paulo, v.4. p 1-15, 2007.

EUSTÁCHIO. J. A; JUNIOR. J. L. T. **Métodos de Avaliação de Ativos Ambientais: Uma Comparação entre as Medidas**. Rio de Janeiro, p. 1-12.

FÁVERO. L. P; BELFIORE. P; TAKAMATSU. R. T; SUZART. J. **Métodos Quantitativos com Stata**. Elsevier Editora Ltda, 2014

FEE. Indicadores do Potencial Poluidor das Atividades Industriais de Transformação e Extrativas no Rio Grande do Sul. **Fundação de Economia e Estatística**. 2014 Disponível em: <https://www.fee.rs.gov.br/wp-content/uploads/2014/02/20140514metodologia_pp_2012.pdf> Acesso em: 10 de mai. 2018.

GERKING.S; STANLEY.L.R. An Economic Analysis of Air Pollution and Health: The Case of St Louis. **The Review of Economics and Statistics**, vol.68, n.1, p.115-121, 1986.

GREENE. W. H. **Econometric Analysis.** Editora Pearson Education, 2014.

GROSSMAN.M. On The Concepto f Health Capital and the Demand for Health. **Journal of Political Economy**, Chicago, vol. 80, n.2, p.223-335, 1972.

GUJARATI. D. N; PORTER. D. C. **Econometria básica**. AMGH Editora Ltda, 2011.

MAY, Peter H. **Economia do meio ambiente**. Elsevier Editora Ltda, 2010.

MADALLA. G. S. **Introdução à Econometria**. Editora LTC, 2003.

MUELLER, C.C. **os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente**. Editora UNB, 2007.

NATALI. R. M. T; SANTOS. D. S. P. S; FONSECA. A. M. C; FILOMENO. G. C. M; FIGUEIREDO. A. H. A; TERRIVEL. P. M; MASSONI. K. M; BRAGA. A. L. F. Perfil de Internações Hospitalares por Doenças Respiratórias em Crianças e Adolescentes da cidade de São Paulo 2000-2004. **Revista Paulista de Pediatria,** v. 29, n.4, p.584-590, 2011.

PAIVA. R. F. P. S. Morbidade Hospitalar por doenças associadas à poluição do ar na cidade de Volta Redonda, Rio de Janeiro: casos e custos econômicos. **Cad Saúde Colet**, v. 22, n.2, p.127-132, 2014.

OLIVEIRA, V; FERREIRA, A, P. Poluição do Ar e Saúde Ambiental na Cidade do Rio de Janeiro: Contribuição para a Definição Estratégias de Monitoramento. **Revista Eletrônica do Prodema**, Fortaleza. v.1, n.1, p.7-22, 2007.

ROSENZWEIG. M. R; SCHULTZ. T. P. The Behavior of Mothers as Inputs to Child Health: The Determinants of Birth Weight, Gestation, and Rate of Fetal Growth. **University of Chicago Press**. p.53-92. 1982.

SECRETÁRIA DE ESTADO DA SAÚDE DO RIO GRANDE DO SUL, **Plano Estadual de Saúde 2016 – 2019**, Porto Alegre, 2016.

SANTOS, U.P. Poluição, Aquecimento Global e Repercussões na Saúde. **Revista da Associação Médica Brasileira**, São Paulo, v.53, n.3, 2007. Disponível em:

<www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttex&pid=S0104-423020070003000004>
Acesso em: 21.Set. 2018

.

VARIAN, Hal R. **Microeconomia: uma abordagem moderna**. Elsevier Editora Ltda, 2012.

WOOLDRIGE. J. M. **Introdução à econometria: uma abordagem moderna**. Cengage Learning Edições Ltda, 2011.