

**MARCELO MORENO DOS REIS**

**Poluição atmosférica e efeitos adversos na gravidez  
em um município industrializado no estado  
do Rio de Janeiro**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da  
Universidade de São Paulo para obtenção do título  
de Doutor em Ciências

Área de Concentração: Patologia  
Orientador: Prof. Dr. Luiz Alberto Amador Pereira

São Paulo

2009

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Preparada pela Biblioteca da  
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Reis, Marcelo Moreno dos

Poluição atmosférica e efeitos adversos na gravidez em um município industrializado  
no estado do Rio de Janeiro / Marcelo Moreno dos Reis. -- São Paulo, 2009.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Departamento de Patologia.

Área de concentração: Patologia.

Orientador: Luiz Alberto Amador Pereira.

Descritores: 1.Poluição do ar/efeitos adversos 2.Exposição por inalação 3.Ozônio  
4.Dióxido de enxofre 5.Exposição ambiental 6.Fatores de risco 7.Poluição industrial  
8.Recém-nascido de baixo peso 9.Nascimento prematuro 10.Saúde ambiental

USP/FM/SBD-189/09

Dedico aos meus pais, Humberto e Eli, que sempre  
me incentivaram, me apoiaram, me guiaram  
e continuam me guiando nos caminhos da vida.

Kawô!

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador Prof. Dr. Luiz Alberto Amador Pereira que confiou em mim, me ensinou e, sempre atencioso durante todo esse tempo, me mostrou o que é um verdadeiro orientador.

Ao Prof. Paulo Saldiva que confiou em mim e abriu as portas do Laboratório de Poluição atmosférica Experimental para que eu pudesse realizar esta pesquisa.

Aos colegas do Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental, Lourdes e Alfésio, que estiveram sempre prontos a me auxiliarem.

À minha querida amiga Cleide Moura, da Coordenação Geral de Vigilância Ambiental em Saúde/MS, que foi minha incentivadora incondicional quando comecei a pensar em fazer este Curso.

Ao camarada Márcio, do Programa Estadual de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionado à Qualidade do Ar (Vigiar), que disponibilizou os dados ambientais para a realização desta pesquisa.

À Ana Valéria Maia, da Coordenação de Epidemiologia da Secretaria Municipal de Saúde de Volta Redonda, que sempre me ajudou com os dados sobre nascidos vivos do Município.

À Secretaria Municipal de Saúde de Volta Redonda que disponibilizou os dados do Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos do Município.

Ao Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental pelo apoio financeiro.

À Liduvina da Secretaria do Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina  
Às pessoas que em momentos importantes, durante as mudanças profissionais ocorridas no período da pesquisa, me auxiliaram na continuação dos estudos, em especial à Silvana Rubano Turci do INCA, ao Renato Bonfatti, Tito Canha e Jorge Machado da CST/FIOCRUZ, à Rogéria Varella da FAETEC e aos companheiros Elaine, Jackeline, Marisa, Renato e Andréia da COOPCARE.

À minha família que compreenderam todos os momentos de mau-humor durante a realização da pesquisa e que souberam respeitar esse tempo.

A dois grandes companheiros de vida que encontrei nesse período e me trouxeram a paz, alegria e serenidade, indispensáveis nesse período, minha comadre Ana Paula Natividade e meu camarada Renato Maciel.

A todos aqueles e aquelas que não mencionei, mas que me ajudaram de forma significativa durante esse período, direta ou indiretamente, visivelmente ou não, a quem agradeço, agradecendo aos meus queridos TRE, PJA, CTM e Pedrinho.

É isso, valeu gente!!!

*Ninguém pode estar no mundo, com o mundo e com os outros de forma neutra. Não posso estar no mundo de luvas nas mãos constatando apenas. A acomodação em mim é apenas caminho para a inserção, que implica decisão, escolha, intervenção na realidade.*

**Paulo Freire**

Esta tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver)

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação. *Guia de Apresentação de dissertações, teses e monografias*. Elaborado por Annelise Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 2a ed. São Paulo: Serviço de biblioteca e Documentação; 2005.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

## **SUMÁRIO**

Listas de figuras

Listas de tabelas

Listas de símbolos e siglas

Resumo

Summary

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Poluentes atmosféricos.....	2
1.2. Poluição atmosférica e os desfechos indesejáveis na gravidez.....	6
1.3. Caracterização do município.....	12
1.4. Preocupação da população.....	16
1.5. Justificativa do estudo.....	18
2. OBJETIVOS.....	20
2.1. Objetivo geral.....	20
2.2. Objetivos específicos.....	20
3. MÉTODOS.....	22
3.1. Desenho do estudo.....	22
3.2. População fonte.....	24
3.3. Fontes de dados.....	25
3.3.1. Base de dados sobre nascidos vivos.....	25
3.3.2. Base de dados ambientais.....	29
3.4. Análise estatística.....	32
3.4.1. Variáveis do estudo.....	33
3.4.1.1. Variáveis dependentes.....	33

3.4.1.2. Variáveis independentes.....	34
3.4.1.3. Variáveis de confundimento.....	35
3.4.1.4. Modelos de regressão logística e linear.....	37
3.5. Aspectos éticos.....	41
 4. RESULTADOS.....	42
4.1. Análise descritiva.....	42
4.1.1. Características da população fonte.....	42
4.1.2. Características do ambiente.....	49
4.2. Análises de regressão.....	52
4.2.1. Regressão logística para baixo peso ao nascer.....	52
4.2.2. Regressão linear para baixo peso ao nascer.....	64
4.2.3. Regressão logística para prematuridade.....	65
 5. DISCUSSÃO.....	71
 6. CONCLUSÕES.....	96
 7. REFERÊNCIAS.....	98

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da Região do Médio Paraíba.....	13
Figura 2 - Evolução dos recém-nascidos de baixo peso e prematuros em Volta Redonda, 2003-2006.....	44
Figura 3 - Concentração média diária de O <sub>3</sub> , em Volta Redonda, no período de abril de 2002 a dezembro de 2006.....	49
Figura 4 - Concentração média diária de MP <sub>10</sub> , em Volta Redonda, no período de abril de 2002 a dezembro de 2006.....	50
Figura 5 - Concentração média diária de SO <sub>2</sub> , em Volta Redonda, no período de abril de 2002 a dezembro de 2006.....	51
Figura 6 - Riscos Relativos (RR) ajustados e intervalos de confiança de 95% para baixo peso ao nascer por quartis de exposição ao O <sub>3</sub> em cada trimestre de gestação (Modelo A).....	59
Figura 7 - Riscos Relativos (RR) ajustados e intervalos de confiança de 95% para baixo peso ao nascer por quartis de exposição ao O <sub>3</sub> em cada trimestre de gestação (Modelo B).....	60
Figura 8 - Riscos Relativos (RR) ajustados e intervalos de confiança de 95% para baixo peso ao nascer por quartis de exposição ao MP <sub>10</sub> em cada trimestre de gestação (Modelo A).....	61
Figura 9 - Riscos Relativos (RR) ajustados e intervalos de confiança de 95% para baixo peso ao nascer por quartis de exposição ao MP <sub>10</sub> em cada trimestre de gestação (Modelo B).....	62
Figura 10 - Riscos Relativos (RR) ajustados e intervalos de confiança de 95% para baixo peso ao nascer por quartis de exposição ao MP <sub>10</sub> em cada trimestre de gestação (Modelo B).....	63
Figura 11 - Riscos Relativos (RR) ajustados das e intervalos de confiança de 95% para baixo peso ao nascer por quartis de exposição ao MP <sub>10</sub> em cada trimestre de gestação (Modelo B).....	63
Figura 12 - Riscos Relativos (RR) ajustados e intervalos de confiança de 95% para prematuridade por quartis de exposição ao SO <sub>2</sub> em cada trimestre de gestação (Modelo C).....	69
Figura 13 - Riscos Relativos (RR) ajustados e intervalos de confiança de 95% para prematuridade por quartis de exposição ao SO <sub>2</sub> em cada trimestre de gestação (Modelo D).....	70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Poluentes atmosféricos, suas principais fontes de emissão e seus principais efeitos à saúde.....	3
Tabela 2 - Padrões de Qualidade do Ar vigentes no Brasil, nos Estados Unidos da América e propostos pela Organização Mundial da Saúde.....	5
Tabela 3 - Distribuição anual das observações faltantes nas variáveis selecionadas do SINASC, em Volta Redonda, 2003 – 2006.....	43
Tabela 4 - Distribuição do peso ao nascer dos nascidos vivos em Volta Redonda, 2003-2006.....	45
Tabela 5 - Distribuição da duração da gestação dos nascidos vivos em Volta Redonda, 2003-2006.....	46
Tabela 6 - Características dos nascimentos ocorridos de mães residentes em Volta Redonda, 2003-2006.....	48
Tabela 7 - Estatística descritiva das concentrações médias de ozônio ( $O_3$ ), partículas inaláveis ( $MP_{10}$ ) e dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) por trimestre de gestação, considerando os recém-nascidos a termo, em Volta Redonda, 2003-2006.....	52
Tabela 8 - Estatística descritiva das concentrações médias de ozônio ( $O_3$ ), partículas inaláveis ( $MP_{10}$ ) e dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) por trimestre de gestação, considerando os recém-nascidos prematuros, em Volta Redonda, 2003-2006.....	53
Tabela 9 - Análise bivariada dos fatores de risco para baixo peso ao nascer, no município de Volta Redonda/RJ – 2003 a 2006.....	54
Tabela 10 - Análise multivariada dos fatores de risco para baixo peso ao nascer, no município de Volta Redonda/RJ – 2003 a 2006.....	55
Tabela 11 - Risco relativo (RR) ajustado e intervalo de confiança de 95% para baixo peso ao nascer por concentrações médias de ozônio ( $O_3$ ), partículas inaláveis ( $MP_{10}$ ) e dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) em cada trimestre de gestação, em Volta Redonda, no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2006.....	58
Tabela 12 - Análise multivariada das concentrações médias de ozônio ( $O_3$ ), partículas inaláveis ( $MP_{10}$ ) e dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) por trimestre de gestação, em Volta Redonda, no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2006.....	65

Tabela 13 - Análise bivariada dos fatores de risco para prematuridade, no município de Volta Redonda/RJ – 2003 a 2006.....	66
Tabela 14 - Análise multivariada dos fatores de risco para prematuridade, no município de Volta Redonda/RJ – 2003 a 2006.....	67
Tabela 15 - Análise multivariada das concentrações médias de ozônio ( $O_3$ ), partículas inaláveis ( $MP_{10}$ ) e dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) por trimestre de gestação, em Volta Redonda, no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2006.....	68

## LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

°C	Grau centígrado
$\mu\text{g}/\text{m}_3$	Micrograma por metro cúbico
BPN	Baixo peso ao nascer
CBO	Classificação Brasileira de Ocupações
CID10	Classificação Internacional de Doenças
CIUR	Crescimento intra-uterino retardado
CO	Monóxido de carbono
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
DN	Declaração de Nascido Vivo
EUA	Estados Unidos da América
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
H <sub>2</sub> S	Gás sulfídrico
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC95%	Intervalo de confiança, 95%
IPPS	Industrial Pollution Projection System
IPPU	Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Volta Redonda
km	Quilometro
km <sub>2</sub>	Quilometro ao quadrado
m	Metro
mm	Milímetro
MP	Material particulado
MP <sub>10</sub>	Partículas inaláveis
NH <sub>3</sub>	Amônia
NO <sub>2</sub>	Dióxido de nitrogênio
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrogênio
O <sub>3</sub>	Ozônio
OMS	Organização Mundial da Saúde
PPM	Partes por milhão
PTS	Partículas totais em suspensão
SINASC	Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos
SO <sub>2</sub>	Dióxido de enxofre
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
t	Tonelada

## RESUMO

Reis MM. *Poluição atmosférica e efeitos adversos na gravidez em um município industrializado no estado do Rio de Janeiro [tese]*. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2009.

**INTRODUÇÃO:** Vários estudos tem mostrado associação entre a poluição atmosférica e efeitos adversos na gravidez, como baixo peso ao nascer, prematuridade e crescimento intra-uterino retardado. **OBJETIVO:** O objetivo deste estudo foi investigar a associação existente entre prematuridade e baixo peso ao nascer e exposição materna aos contaminantes atmosféricos (partículas inaláveis, dióxido de enxofre e ozônio), no município de Volta Redonda, no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **MÉTODOS:** Esta coorte histórica, de base populacional, foi composta por todos os nascidos vivos, de mães residentes em Volta Redonda, no período de 2003 a 2006. Os dados sobre nascimento foram obtidos do Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos (SINASC), do Ministério da Saúde. Os dados referentes à exposição foram fornecidos pelas estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar, instaladas no município e controladas pela Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA). Modelos de regressão logística e linear, ajustados para potenciais fatores de confusão, foram empregados para avaliar a contribuição da poluição do ar sobre o peso ao nascer e a idade gestacional. **RESULTADOS:** O total de nascidos vivos no período estudo foi igual a 13.660 nascimentos. O peso médio (desvio padrão) dos recém-nascidos no período foi de 3162,2 g (561,8). O baixo peso ao nascer representou 9,1% dos nascimentos no período e os casos de prematuros foi equivalente a 7,4%. Após análises de regressão logística, seguindo modelos propostos e ajustes para os fatores de confusão identificados, foi observado aumento do risco de baixo ao nascer relacionado à exposição materna às partículas inaláveis durante os segundo e terceiro trimestres de gestação. Também foi verificado aumento do risco de baixo peso ao nascer associado à exposição materna ao ozônio nos segundo e terceiro trimestres de gestação. Com relação à prematuridade foi encontrado aumento no risco associado à exposição materna ao dióxido de enxofre durante os três trimestres de gestação. **CONCLUSÕES:** Este estudo sugere que exposições a  $O_3$ ,  $SO_2$  e  $PM_{10}$ , mesmo em concentrações ambientais abaixo dos padrões de qualidade do ar, contribuem para a ocorrência de prematuridade e baixo peso ao nascer no município de Volta Redonda. A pesquisa reforçou a necessidade de revisão dos padrões de qualidade do ar em vigência no Brasil, para a garantia da qualidade da saúde da população.

**Descritores:** 1.Poluição do ar/efeitos adversos 2.Exposição por inalação 3.Ozônio 4.Dióxido de enxofre 5.Exposição ambiental 6.Fatores de risco 7.Poluição industrial 8.Recém-nascido de baixo peso 9.Nascimento prematuro 10.Saúde ambiental

## SUMMARY

Reis MM. *Air pollution and adverse pregnancy outcomes in an industrialized city in the state of Rio de Janeiro* [thesis]. Faculty of Medicine, University of São Paulo, SP (Brazil); 2009.

**BACKGROUND:** Several studies have shown the association between outdoor air pollution and adverse pregnancy outcomes, related to low birth weight (LBW), preterm birth and intrauterine growth restriction (IUGR). **OBJECTIVES:** To investigate the association between low birth weight and preterm delivery and maternal exposure to specific outdoor air contaminants, particulate matter ( $PM_{10}$ ), sulfur dioxide ( $SO_2$ ) and ozone ( $O_3$ ) in Volta Redonda, an industrialized city in the state of Rio de Janeiro, Brazil. **METHODS:** This population-based cohort study comprised all infants born to women resident in Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brazil, in the period of 2003-2006. Birth data used in this retrospective study were obtained from the Information System on Live Births (SINASC) of Brazilian Ministry of Health. Exposure information was provided by air quality monitoring system operated by Environmental Agency for the State of Rio de Janeiro (FEEMA). Logistic and linear models were employed to assess the contribution of air pollution to low birth weight (LBW) and prematurity. **RESULTS:** The study covered 13660 births occurred from 1 January 2003 to 31 December 2006. The mean (SD) birth weight was 3162.2 g (561.8), and low birth weight represented 9.1% of all newborns. Prematurity was observed in 7.4% of all newborns. Adjusted relative risk for LBW showed that second and third trimesters maternal exposure to  $PM_{10}$  increased the risk for low birth weight, as well as exposure to  $O_3$  increased the risk for LBW in second and third trimesters. We observed a reduction in birth weight due to interquartile increase of  $O_3$  in third trimester of pregnancy. We also found dose response relationship between low birth weight and  $PM_{10}$  and  $O_3$  during the second and third trimester. In relation to preterm delivery we found an increased risk associated to maternal exposure to  $SO_2$  during all three trimesters, as well as we found dose relationships between prematurity and exposure to  $SO_2$  in each trimester. **CONCLUSIONS:** This study suggests that exposures to  $O_3$ ,  $SO_2$  and  $PM_{10}$ , even below Brazilian air quality standards, contribute to risks of low birth weight and preterm delivery, in the city of Volta Redonda/Brazil. The results highlight the need of revising air quality parameters to guarantee people health.

**Descriptors:** 1.Air pollution/adverse effects 2.Inhalation exposure 3.Ozone 4.Sulfur dioxide 5.Environmental exposure 6.Risk factors 7.Industrial pollution 8.Low-birthweight newborn 9.Preterm birth 10.Environmental health

## Capítulo 1 – Introdução

A poluição atmosférica tem sido associada a diversos efeitos adversos à saúde desde os episódios ocorridos na Europa, no Vale de Meuse, em 1930, quando mais de 60 pessoas morreram em três dias (Nemery et al. 2001), e em Londres, que levou a óbito cerca de 4.000 indivíduos em 1952 (Logan, 1956), e nos Estados Unidos da América, em Donora, que causou 20 mortes em 1948 (Shrenk et al. 1949).

A partir destes episódios, um grande número de estudos tem estabelecido a relação entre contaminação atmosférica e efeitos sobre a saúde, em especial à mortalidade e morbidade devidas a comprometimentos cardiovasculares e respiratórios conforme mostrado em revisões atualizadas sobre o tema (Brunekreef, Holgate, 2002; Chen et al., 2008; Kampa, Castanas, 2008; Götschi et al., 2008; O'Toole et al., 2008; Riedl, 2008; Mills et al., 2009).

No Brasil, estes efeitos foram apontados em estudos recentes conduzidos por Gouveia et al. (2006), Nascimento et al. (2006), Braga et al. (2007), Castro et al. (2007), Mascarenhas et al. (2008), Pereira-Filho et al. (2008), Santos et al. (2008).

E, desde 2001, com a estruturação do campo da Vigilância em Saúde Ambiental no Ministério da Saúde, um programa de vigilância da saúde ambiental relacionado à qualidade do ar tem sido estruturado no Sistema Único de Saúde, em todas as suas esferas de atuação (Brasil, 2003).

## **1.1 – POLUENTES ATMOSFÉRICOS**

Os poluentes atmosféricos podem ser primários ou secundários. Os primários são aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão, como por exemplo, o material particulado e o dióxido de enxofre. Já os poluentes secundários são aqueles formados na atmosfera através da reação química entre poluentes primários e componentes naturais da atmosfera, como por exemplo, o ozônio (CETESB, 2009).

A poluição atmosférica resulta em um primeiro momento da combustão de combustíveis fósseis por indústrias e por veículos. Estes liberam monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), material particulado (MP), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), hicrocarbonetos e outros

poluentes, que irão variar em função da especificidade dos processos produtivos.

A Tabela 1 mostra as principais fontes de emissão e os principais efeitos dos poluentes atmosféricos (FEEMA, 2007).

**Tabela 1 – Poluentes atmosféricos, suas principais fontes de emissão e seus principais efeitos à saúde**

POLUENTES MONITORADOS	Fontes de Emissão	Efeitos à Saúde
Material particulado	Combustão incompleta originada da indústria, motores à combustão, queimadas e poeiras diversas.	Interfere no sistema respiratório, pode afetar os pulmões e todo o organismo.
Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	Queima de combustíveis fósseis que contenham enxofre, como óleo combustível, carvão mineral e óleo diesel.	Ação irritante nas vias respiratórias, o que provoca tosse e até falta de ar. Agravando os sintomas da asma e da bronquite crônica. Afeta, ainda, outros órgãos sensoriais.
Óxidos de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> e NO)	Queima de combustíveis em altas temperaturas em veículos, aviões, fornos e incineradores.	Agem sobre o sistema respiratório, podendo causar irritações e, em altas concentrações, problemas respiratórios e edema pulmonar.
Monóxido de Carbono (CO)	Combustão incompleta de materiais que contenham carbono, como derivados de petróleo e carvão.	Provoca dificuldades respiratórias e asfixia. É perigoso para aqueles que têm problemas cardíacos e pulmonares.
Ozônio (O <sub>3</sub> )	Não é um poluente emitido diretamente pelas fontes, mas formado na atmosfera através da reação entre os compostos orgânicos voláteis e óxidos de nitrogênio em presença de luz solar.	Irritação nos olhos e nas vias respiratórias, agravando doenças pré-existentes, como asma e bronquite, reduzindo as funções pulmonares.

Fonte: FEEMA (2009, p.9)

No Brasil, a qualidade do ar é monitorada com base nos padrões de qualidade do ar, que foram estabelecidos pelo Conselho Nacional de Meio

Ambiente (CONAMA), através da Resolução N° 003, de 28 de junho de 1990. De acordo com esta norma (Brasil, 1990, p.1537),

São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Os poluentes que compõem o conjunto de padrões são: partículas totais em suspensão (PTS), fumaça, partículas inaláveis ( $MP_{10}$ ), dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), monóxido de carbono (CO), ozônio ( $O_3$ ) e dióxido de nitrogênio ( $NO_2$ ) (Brasil, 1990).

A Resolução N° 003/90, define os padrões de qualidade do ar da seguinte forma (Brasil, 1990, P.1537)

Padrões Primários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.

Padrões Secundários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

A Tabela 2 mostra os padrões de qualidade do ar da Organização Mundial da Saúde (OMS) e dos Estados Unidos da América (EUA) correspondentes aos utilizados no Brasil (WHO, 2005). Pode-se verificar que

os padrões recomendados pela OMS são relativamente mais baixos que os dos brasileiros e dos americanos.

**Tabela 2 – Padrões de Qualidade do Ar vigentes no Brasil, nos Estados Unidos da América e propostos pela Organização Mundial da Saúde**

<b>POLUENTES</b>		<b>Padrões de Qualidade do Ar</b>			
		Brasil ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	EUA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	OMS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
Dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> )	Padrão Primário	MAA <sup>1</sup>	80	0.03 ppm	-
		24-horas	365	0.14 ppm	20
		10 min	-	-	500
	Padrão Secundário	3-horas	-	0.5 ppm (1300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	-
Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	Padrão Primário	MAA	80	78	40
		1-hora	320	366	200
	Padrão Secundário	MAA	100	-	-
		1-hora	190	-	-
Fumaça	Padrão Primário	MAA	60	-	-
		24-horas	150	-	-
	Padrão Secundário	MAA	40	-	-
		24-horas	100	-	-
Monóxido de Carbono (CO)	Padrão Primário	8-horas	10.000	10.000	-
		1-hora	40.000	40.000	-
	Padrão Secundário	-	-	None	-
Partículas Inaláveis (MP <sub>10</sub> )	Padrão Primário e Secundário	24-horas	150	150	50
		1-hora	50	50	20
Partículas Inaláveis (MP <sub>2,5</sub> )	Padrão Primário e Secundário	MAA	-	15.0	10
		24-horas	-	35	25
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Padrão Primário	MGA <sup>2</sup>	80	-	-
		24 horas	240	-	-
	Padrão Secundário	MGA	60	-	-
		24 horas	150	-	-
Ozônio (O <sub>3</sub> )	Padrão Primário e Secundário	8-horas	-	0.075 ppm	-
		8-horas	-	0.08 ppm	-
		1-hora	160	157	100

<sup>1</sup> Média Aritmética Anual

<sup>2</sup> Média Geométrica Anual

## **1.2 – POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E OS DESFECHOS INDESEJÁVEIS NA GRAVIDEZ**

Entre os mais vulneráveis aos efeitos da encontram-se as crianças, os idosos e os indivíduos com doenças preexistentes do aparelho cardiovascular e do respiratório. As crianças formam um subgrupo populacional de especial atenção nos estudos de saúde ambiental. As crianças não devem ser tratadas como pequenos adultos, seus órgãos e tecidos crescem rapidamente, se desenvolvendo e diferenciando-se e, assim, criam janelas de grande vulnerabilidade aos agentes tóxicos (Landrigan, 1999; Makri, Stilianakis, 2008).

Estudos conduzidos no Brasil têm mostrado o impacto da poluição atmosférica sobre a saúde da criança (Cançado et al., 2006, Moura et al., 2008, Castro et al., 2009).

Ainda com relação aos efeitos sobre as crianças, estudos têm demonstrado efeitos indesejáveis da gravidez, como mortalidade, prematuridade, baixo peso ao nascer (BPN), crescimento intra-uterino retardado (CIUR) e malformações congênitas (WHO, 2005; Triche, Hossain, 2007).

Estudos epidemiológicos tem investigado esses efeitos como apresentado nas revisões publicadas por Glinianaia et al. (2004), Maisonet et al. (2004), Lacasaña et al. (2005), Srám et al. (2005).

Uma das primeiras pesquisas a investigar essa relação foi conduzida por Alderman et al. (1987), em Denver, nos Estados Unidos da América, no

período entre 1975 e 1983, neste estudo do tipo caso-controle foi observada associação positiva entre a exposição materna ao monóxido de carbono durante o terceiro trimestre de gestação e baixo peso ao nascer, contudo após controle para raça e nível educacional a associação não foi mantida.

Em Beijing, na China, entre 1988 e 1991, foi estudada uma coorte de mulheres grávidas, desde o início da gravidez até o parto, e verificada a relação entre BPN e exposição a partículas totais em suspensão e dióxido de enxofre. Os resultados desta pesquisa mostram uma relação entre a exposição materna aos poluentes durante o terceiro trimestre de gestação e o baixo peso ao nascer (Wang et al., 1997).

Pereira et al. (1998) investigaram a relação entre mortalidade intra-uterina e exposição a dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre, CO e partículas inaláveis em São Paulo, entre 1991 e 1992. Os resultados do estudo apresentam uma associação significante e robusta entre mortalidade intra-uterina e poluição do ar, em especial a exposição a NO<sub>2</sub>.

O baixo peso ao nascer apresentou associação positiva e estatisticamente significativa para a exposição materna a CO, durante o terceiro trimestre de gestação, e para a exposição a SO<sub>2</sub>, durante o segundo trimestre, em uma pesquisa envolvendo todos os nascidos vivos a termo e não gemelares no período de 1994 a 1996, em seis cidades americanas (Boston, Massachusetts; Hartford, Connecticut; Philadelphia, Pennsylvania; Pittsburgh, Pennsylvania, Springfield, Massachusetts; and Washington, DC) (Maisonet et al., 2001).

Yang et al. (2003) realizaram uma pesquisa em Kaohsiung, Taiwan, entre 1995 e 1997, para avaliar o efeito da exposição materna ao dióxido de enxofre e às partículas inaláveis sobre o peso ao nascer. A população do estudo foi composta por todos os nascidos vivos a termo e não gemelares de mães residentes em um raio de 2 km das estações de monitoramento da qualidade do ar de Kaohsiung. Este estudo mostrou uma redução no peso ao nascer relacionado à exposição ao SO<sub>2</sub> e MP<sub>10</sub>, durante o primeiro trimestre de gestação.

Em Vancouver, no Canadá, Liu et al. (2003) examinou a relação entre prematuridade, baixo peso ao nascer e crescimento intra-uterino retardado e contaminantes atmosféricos. O estudo compreendeu os recém-natos não gemelares, nascidos entre 1986 e 1998, e mostrou que os gases poluentes (CO, SO<sub>2</sub>, and NO<sub>2</sub>) mesmo em baixas concentrações ambientais estão associados aos efeitos adversos da gravidez.

Salam et al. (2005) estudou a exposição materna aos poluentes atmosféricos, na Califórnia/EUA, considerando as crianças nascidas entre 1975 e 1987, e mostrou que a exposição ao ozônio, durante o segundo e terceiro trimestres de gestação, e ao CO, durante o primeiro trimestre, esteve associada à redução do peso ao nascer.

Na Geórgia, Rogers e Dunlop (2006) conduziram um estudo para avaliar a associação entre a exposição materna a partículas inaláveis e peso ao nascer muito baixo (peso ao nascer < 1.500g), com vistas a evidenciar o efeito sobre a duração da gestação ou crescimento intra-uterino retardado.

Este estudo do tipo caso-controle foi realizado entre 1986 e 1988 e mostrou que a associação entre MP<sub>10</sub> e peso ao nascer muito baixo é parcialmente atribuível a um efeito sobre a duração da gestação.

Um estudo de coorte retrospectivo, conduzido na Província de Nova Escócia, no Canadá, avaliou os efeitos da poluição do ar sobre os nascidos vivos, de gravidez única, do período de 1988 a 2000. Os resultados deste estudo sugerem que a exposição materna a baixos níveis de poluentes (SO<sub>2</sub> e MP<sub>10</sub>) durante o primeiro trimestre de gestação pode estar associada à redução do peso, em nascidos a termo (Dugandzic et al., 2006).

Seo et al. (2007) realizaram um estudo em Seul, na Coréia do Sul, e mostraram que os nascidos vivos, não gemelares, do período de 2002 a 2003, apresentaram um aumento do risco de nascerem com baixo peso relacionado à exposição materna a SO<sub>2</sub>, MP<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> e CO.

Considerando apenas o baixo peso ao nascer, no Brasil, desde 2004, foram realizados três estudos para a investigação da possível associação entre este desfecho indesejável da gravidez e a poluição atmosférica (Gouveia et al. 2004; Medeiros and Gouveia 2005; Junger and Leon 2007).

Gouveia et al. (2004) conduziu o primeiro estudo na cidade de São Paulo. Nesta pesquisa foram considerados os nascimentos a termo e não gemelares ocorridos durante o ano de 1997. A exposição materna ao monóxido de carbono e às partículas inaláveis, durante o primeiro trimestre de gestação, esteve associada ao baixo peso ao nascer.

Outro estudo realizado no município de São Paulo, entre 1998 e 2000, apresentou uma associação, com significância estatística, entre a exposição materna ao CO, MP<sub>10</sub>, e NO<sub>2</sub>, durante o primeiro trimestre de gestação, e o baixo peso ao nascer (Medeiros, Gouveia 2005).

Junger e Leon (2007) demonstraram no estudo realizado na cidade do Rio de Janeiro, considerando todos os nascimentos a termo de gestação única ocorridos em 2002, uma associação estatisticamente significativa entre baixo peso ao nascer e exposição materna ao dióxido de enxofre, durante o terceiro trimestre de gestação.

Os três estudos brasileiros foram realizados em regiões metropolitanas, onde a maior contribuição à poluição atmosférica é fontes móveis (veiculares).

Alguns estudos desenvolvidos em Taiwan utilizaram o território, ou mais precisamente a vizinhança<sup>1</sup>, como unidade de análise, para investigar a contribuição de processos produtivos e, consequentemente, o impacto de suas emissões atmosféricas sobre a gravidez. Nestes estudos as populações de estudo foram definidas em função de sua proximidade às instalações industriais de interesse. Além dessas foram utilizadas populações não, ou menos, impactadas que serviram de controle. A seguir são alguns apresentados sucintamente alguns destes estudos.

---

<sup>1</sup> De acordo com Santos e Barcellos (2008, p.218) "vizinhança ('neighborhood', em inglês) é, claramente, uma construção especial que denota uma unidade geográfica cujos residentes dividem proximidade e as circunstâncias que advêm desta. A vizinhança é uma subunidade de uma área maior e é usualmente, mas não exclusivamente, residencial."

Lin et al. (2004) investigaram a influência da poluição atmosférica gerada em uma indústria do ramo petroquímico sobre o peso ao nascer, em Taiwan. A população do estudo foi constituída por todos os nascimentos ocorridos entre 1995 e 1997, em uma cidade com indústria petroquímica e em outra cidade com perfil industrial distinto. Os nascidos vivos com baixo peso foram significativamente mais prevalentes na cidade com influência da indústria petroquímica que na outra. A estimativa de risco, após ajuste para covariáveis selecionadas, foi 13% maior na área sob influência da petroquímica, quando comparada à outra área. Estes mesmos autores avaliaram a influência do mesmo tipo de indústria sobre a prematuridade e verificaram uma associação positiva e estatisticamente significativa entre este desfecho e o tipo de indústria (Lin et al., 2001)

Outros estudos avaliaram a influência de alguns tipos de indústria sobre a prematuridade. O estudo de Tsai et al. (2003) mostrou uma associação positiva entre prematuridade e local de moradia materna em áreas circunvizinhas a distritos industriais, com emissão de contaminantes atmosféricos provenientes de indústrias do petróleo, petroquímicas, siderurgias e indústria naval.

Mais especificamente, em localidade com a presença de indústria de cimento foi estimado, após ajuste por variáveis de confusão, um risco igual a 1,30 (IC95% = 1,09-1,54) para nascimentos pré-termo, de mães residentes em áreas próximas à indústria (Yang et al., 2003). Anteriormente a esta pesquisa, Yang et al. (2002) já haviam mostrado associação positiva entre

prematuridade e local de residência materna em áreas ambientalmente impactadas por indústrias de petróleo e petroquímicas.

### **1.3 – CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO**

A cidade de Volta Redonda encontra-se situada ao sul do estado do Rio de Janeiro, na região do Médio Paraíba (Figura 1), e abrange uma área de 182 km<sup>2</sup>, dos quais 54 km<sup>2</sup> correspondem ao seu perímetro urbano (IPPU, 1994). Segundo a última contagem da população realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), residem na cidade 255.653 habitantes, culminando em uma densidade demográfica de cerca 1.404 habitantes por km<sup>2</sup> (IBGE, 2007).

O clima em Volta Redonda pode ser considerado como mesotérmico, com inverno seco e verão quente e chuvoso. A temperatura média mensal é de 21 °C, sendo a média máxima anual de 27,8 °C e a média mínima anual de 16,5 °C. A estação chuvosa vai de outubro a março, englobando o verão, com um índice pluviométrico anual da ordem de 1.337 mm. A umidade relativa do ar é alta, 77 %, mesmo nos meses de inverno (FEEMA, 1999).

De acordo com a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Rio de Janeiro (FEEMA) (2007, p.30), "os ventos na região de Volta Redonda sopram predominantemente de leste para oeste em todos os meses do ano", o que equivale a dizer que sopram na direção dos bairros

Belmonte e Retiro, dois dos bairros mais populosos da cidade e onde se encontram instaladas duas estações de monitoramento da qualidade do ar (Reis, 2004; Feema, 2007).

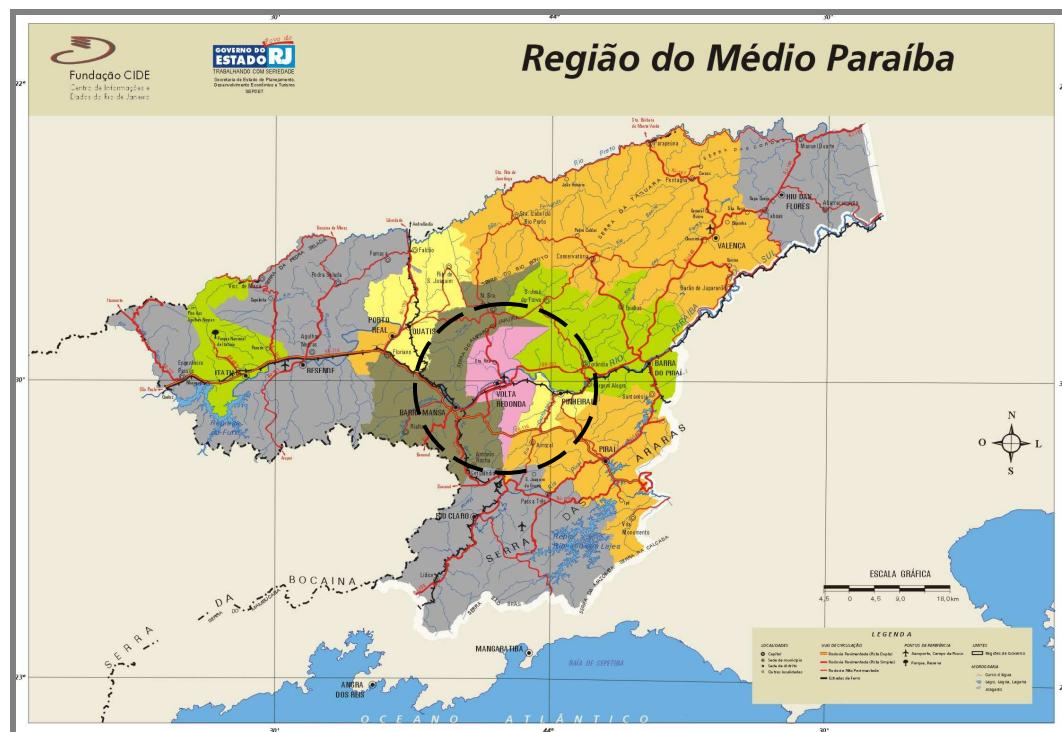


Figura 1. Mapa da Região do Médio Paraíba (Fundação CIDE, 2009).

O rio Paraíba do Sul divide Volta Redonda ao meio, estando a área central do Município localizada às margens do Rio, em planície circundada de colinas. A altitude da área varia entre 350 e 707 m acima do nível do mar (IPPU, 1994).

A sede do Município é cortada pela rodovia BR-393, que faz a conexão da rodovia Rio - São Paulo com a Rio - Belo Horizonte e Rio - Bahia, o que

representa, diariamente, a passagem pela cidade de mais de 40.000 veículos, sobretudo aqueles destinados ao transporte de cargas (Reis et al., 2003), desta forma o tráfego pesado é um dos potenciais contribuidores para a poluição atmosférica (Gioda et al., 2004).

Desde 1946, no centro da cidade está localizado um dos maiores complexos siderúrgicos integrados da América Latina. De acordo com Burgess (1995), este tipo de planta industrial emite uma grande quantidade de partículas, gases e vapores em comparação com outros tipos de indústria. Os principais contaminantes emitidos por coquerias são o monóxido de carbono, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), dióxido de enxofre, amônia ( $\text{NH}_3$ ) e hidrocarbonetos aromáticos, como benzeno (Burgess, 1995). Indústrias de cimento e de cal também compõem o cenário industrial deste município, que contribuem para o aumento de alguns compostos emitidos para a atmosfera.

Em 1999, a FEEMA tornou público um relatório sobre a qualidade do ar de Volta Redonda (FEEMA, 1999). Este documento foi baseado nos resultados de duas campanhas de monitoramento da qualidade do ar, realizadas entre 1995 e 1996 e em 1999. A conclusão do estudo afirmou ter um considerável nível de poluição no município (FEEMA, 1999).

O Relatório Anual de Qualidade do Ar – 2007 (FEEMA, 2007, p.59), com relação ao monitoramento feito no ano de 2007, "permite verificar que, em mais de 98% do período monitorado, os níveis de concentração obtidos situaram-se em faixas de índice que atendem ao padrão de qualidade do ar".

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apresentou, em junho de 2008, um diagnóstico da poluição do ar das indústrias do Estado do Rio de Janeiro, com a indicação dos municípios com maior potencial poluidor, identificados a partir do tipo de indústria e poluentes do ar emitidos, seguindo a metodologia empregada foi a "Industrial Pollution Projection System – IPPS"<sup>2</sup> (IBGE, 2008). Neste diagnóstico, o município de Volta Redonda apresenta uma emissão potencial de 10.646 t/ano, ocupando a 3º. colocação entre os maiores emissores potenciais de SO<sub>2</sub> do Estado. De acordo com o estudo, a metalurgia responde por mais de 70% das emissões potenciais deste contaminante na cidade. Na Região do Médio Paraíba, as indústrias metalúrgicas e minerais não-metálicos contribuem com mais de 90% das emissões potenciais de SO<sub>2</sub> (IBGE, 2008).

Com relação à potencial emissão de MP<sub>10</sub>, Volta Redonda responde por 21%, com emissão potencial de 4.031 t/ano, e ocupa a 2º. posição no ranking estadual. A metalurgia contribui com cerca 50% do potencial poluidor de PM<sub>10</sub> (IBGE, 2008).

#### **1.4 – PREOCUPAÇÃO DA POPULAÇÃO**

A preocupação da população e Volta Redonda com as questões ambientais tem início com problemas relacionados à saúde dos

---

<sup>2</sup> A metodologia IPPS "é um sistema de estimativa de intensidade de emissão de poluentes industriais criado em 1987 pelos técnicos do "Environment Infrastructure Agriculture Division - Policy Research Department – PRDEI", do Banco Mundial, que permite, através de coeficientes de emissão de poluentes para os meios água, ar e solo, estimar o potencial poluidor das indústrias instaladas em uma determinada região" (IBGE, 2008, p.4).

trabalhadores, mais especificamente com a intoxicação pelo benzeno, ou simplesmente com a leucopenia, de trabalhadores da siderúrgica (Lopes et al., 2004).

Na década de 80, começaram a ser identificados os primeiros casos de trabalhadores com alteração hematológica, compatível com leucopenia, de origem ocupacional. Já nos anos 90, o grupo de trabalhadores adoecidos, apoiados por organizações sindicais, se organizou formando a Associação dos Trabalhadores Portadores de Benzolismo do Sul Fluminense. Esse grupo, combativo, ganhou espaço na mídia e, consequentemente, na sociedade (Reis, 2004).

Ao mesmo tempo ocorria a privatização da siderúrgica e com ela o desemprego massivo dos trabalhadores (Tiezzi, 2005). É nesse momento que a empresa deixa de ser a grande provedora municipal, como referido por um líder de associação de moradores em Lopes et al. (2004, p.103) "a grande mãe que era a CSN, a polícia era da CSN; ela trocava carapata, dava presente para as crianças no Natal, era a mãezona. Todo mundo hoje tem medo de ser demitido."

Neste momento de ruptura, pode se pensar, como afirmado por Acselrad et al. (2009), que nasce a sensibilidade à poluição ambiental, uma vez que segundo este autor a sensibilidade à poluição depende "de uma série de condições que ultrapassa a simples percepção sensorial individual e

que remete ao tipo de inserção econômica da comunidade, à existência prévia de organizações políticas locais" (Acselrad et al., 2009, p.110).

Com essa nova realidade municipal, começaram a surgir alguns questionamentos sobre os efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde (Reis, 2004). Tiezzi (2005, p.55) transcreve em seu livro o discurso de um morador que reflete bem a amplificação do risco, podendo ser compreendido como a coalizão entre as causas ocupacional e ambiental

"Por exemplo, nunca tinha ouvido falar em leucopenia. Quando cheguei em Volta Redonda é que fui saber o que era. Aqui você encontra até crianças com essas doenças, pessoas que nunca trabalharam na CSN. Hoje estou com vários problemas. Tenho coceira pelo corpo, rinite, falta de ar e problema de vista. Estou querendo voltar para Nova Friburgo, lá você vive bem melhor, tem mais qualidade de vida."

Em 1999, foi realizado o I Fórum Municipal sobre Poluição Atmosférica de Volta Redonda, que discutiu a questão da poluição do ar no município e contou com a participação de cerca de 30 representantes da sociedade civil organizada de Volta Redonda (Reis, 2004).

Em 2003, dando continuidade às ações para a mobilização da sociedade frente ao problema da poluição atmosférica, foi realizado o I Seminário da Qualidade do Ar Relacionada à Saúde Humana de Volta Redonda, que teve a presença de mais de 100 pessoas, representando os diversos atores sociais do município (Reis et al., 2003).

O caminho trilhado pelo município de Volta Redonda, da questão ocupacional à questão ambiental, reforça Acselrad (2009, p.114), uma vez que essa experiência mostrou que "a existência prévia de entidades locais atuantes funciona como um 'catalisador de sensibilidades' quanto à poluição sofrida pela população.

### **1.5 – JUSTIFICATIVA DO ESTUDO**

A realização deste estudo é justificada por sua relevância acadêmica, dado que somente três estudos foram conduzidos no Brasil versando sobre o impacto da poluição atmosférica sobre o baixo peso ao nascer, em regiões metropolitanas. Este estudo inova ao investigar a relação entre exposição materna a contaminantes atmosféricos e prematuridade em uma cidade industrializada.

A relevância social deste estudo está articulada à necessidade que a população de Volta Redonda tem de conhecer os riscos à sua saúde decorrentes da exposição cotidiana às substâncias químicas. O estudo tem a perspectiva de contribuir para a reflexão coletiva sobre os impactos ambientais e saúde, favorecendo o envolvimento dos cidadãos com as questões públicas ambientais.

Em um município como Volta Redonda, que reúne características históricas e ambientais de conflitos sociais, a realização deste estudo e sua

transparente devolução à população, tende a incentivar um diálogo franco na sociedade para que favoreça a participação popular na tomada de decisões para o enfrentamento das questões ambientais.

## **Capítulo 2 – Objetivos**

### **2.1 – OBJETIVO GERAL:**

Avaliar a associação entre poluição atmosférica e efeitos adversos ocorridos na gestação.

### **2.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- a) Investigar as associações entre baixo peso ao nascer e exposição materna aos poluentes atmosféricos.
- b) Investigar as associações entre prematuridade e exposição materna aos poluentes atmosféricos.

- c) Investigar as associações entre prematuridade e baixo peso ao nascer e as características maternas, do recém-nascido e da gestação.
- d) Investigar os períodos de defasagem entre exposição e efeito através de janelas trimestrais.

## Capítulo 3 – Métodos

Neste capítulo é descrita a metodologia epidemiológica empregada para a investigação da associação entre os contaminantes atmosféricos de interesse, material particulado, dióxido de enxofre e ozônio, e os eventos indesejáveis da gravidez considerados no estudo, prematuridade e baixo peso ao nascer, no município de Volta Redonda/RJ.

### 3.1 – DESENHO DO ESTUDO

Trata-se de um estudo epidemiológico observacional longitudinal do tipo retrospectivo – estudo de coorte histórica de base populacional.

Os estudos de coorte são caracterizados em função da temporalidade entre o início do estudo e a ocorrência do desfecho de interesse (Coeli, Faerstein, 2006). De acordo com Almeida-Filho & Rouquariol (2003, p.167), considerando os estudos de coorte

Trata-se do desenho epidemiológico com maior potencialidade de produção de conhecimento causal, à medida que possibilita a transformação de variáveis independentes dos fatores de exposição em fatores de risco legitimamente definidos.

Os estudos de coorte histórica, também denominados retrospectivos ou não concorrentes, se caracterizam em função da seleção e classificação dos seus elementos (exposição, variáveis de confusão e desfecho) ocorrerem no presente (início do estudo) e o começo e término do acompanhamento no passado (antes da realização do estudo) (Samet, Muñoz, 1998; Almeida-Filho, Rouquariol, 2003).

Nos estudos de base populacional, a população compreende o conjunto de indivíduos de onde podem ser originados os casos relativos ao desfecho que farão parte da investigação (Klein, Bloch, 2006). Da mesma forma, nos estudos de coorte de base populacional, uma amostra, ou o total de indivíduos, de uma população de interesse é selecionada para o acompanhamento longitudinal da relação entre exposição e desfecho (Szklo, 1998).

Uma das principais limitações do estudo de coorte histórica é que só é possível sua realização se os dados necessários estiverem disponíveis e forem de boa qualidade (Samet, Munonz, 1998; Coeli, Faerstein, 2006). Por outro lado, uma vez que haja disponibilidade de registros confiáveis e

informatizados é possível a que os mesmos sejam analisados sob a forma de grandes coortes (Almeida-Filho, Rouquariol, 2003; Coeli, Faerstein, 2006).

O desenho do tipo coorte histórica tem sido empregado em pesquisas epidemiológicas, conduzidas nas duas últimas décadas, para a investigação da associação entre poluição atmosférica e desfechos indesejáveis da gravidez, de acordo com as revisões sobre o assunto feitas por Sram et al. (2005) e Lacasaña et al. (2005). O encontro internacional sobre poluição atmosférica e reprodução humana, realizado na Alemanha, em 2007, reiterou que estudos epidemiológicos seguindo este desenho tem sido os mais utilizados na avaliação dos efeitos da poluição do ar sobre os desfechos reprodutivos (Slama et al., 2008).

### **3.2 – POPULAÇÃO FONTE**

A população fonte compreendeu todos os nascidos vivos de mães residentes em Volta Redonda, no período de 01 de janeiro de 2003 a 31 de dezembro de 2006. Conforme descrito no item 3.4.1.4 – Modelos de Regressão Logística e Linear, alguns critérios de exclusão foram definidos, de acordo com a modelagem proposta.

### 3.3 – FONTES DE DADOS

#### 3.3.1 – BASE DE DADOS SOBRE NASCIDOS VIVOS

Nesta pesquisa, cada nascido vivo no período considerado constitui uma unidade de observação e seus respectivos dados foram obtidos do Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos (SINASC), através das Declarações de Nascidos Vivos (DN), fornecidas pela Secretaria Municipal de Saúde de Volta Redonda.

O SINASC foi oficialmente implantado no Brasil em 1990, pelo Ministério da Saúde, tendo como base a Declaração de Nascidos Vivos, que deve ser preenchida em todo território Nacional para todos os nascidos vivos (MS, 2001). Sanches et al. (2006), enfatizam que somente em 1992 a DN foi implantada em todo o estado do Rio de Janeiro e sua descentralização para os municípios ocorreu em 1996.

De acordo com o Manual de Instruções para o Preenchimento da Declaração de Nascido Vivo (Brasil, 2001b), a DN é constituída por sete blocos de variáveis:

**Bloco I – Cartório:** Refere-se a informações relativas ao cartório do registro civil, onde o nascimento foi registrado. A responsabilidade pelo preenchimento deste bloco é de exclusividade do Oficial do Registro Civil.

**Bloco II – Local da Ocorrência:** Este bloco é relativo ao local onde ocorreu o parto.

**Bloco III – Mãe:** Refere-se à informação sobre a história reprodutiva da mãe, sua identificação e algumas de suas características.

**Bloco IV – Gestação e Parto:** Refere-se às características da gestação e do parto que deram origem ao recém-nascido em questão.

**Bloco V – Recém-nascido:** Destina-se à anotação das características do Recém-Nascido.

**Bloco VI – Identificação:** Este campo consiste na aposição da impressão digital da mãe e da impressão plantar do recém-nascido na terceira Via (cor rosa), destinada à Unidade de Saúde.

**Bloco VII – Responsável pelo Preenchimento:** Refere-se à identificação do responsável pelo preenchimento da Declaração de Nascido Vivo (DN).

Destes blocos são fornecidos os dados que compõem a estrutura do SINASC, tornando disponíveis as seguintes variáveis:

- Número da Declaração de Nascido Vivo;
- Local de ocorrência do nascimento, conforme a codificação: (0) Ignorado, (1) Hospital, (2) Outro Estabelecimento de Saúde, (3) Domicílio, (4) Outro;
- Código de estabelecimento;
- Código do bairro de nascimento;

- Município de ocorrência;
- Idade da mãe em anos;
- Estado civil da mãe, conforme a codificação: (1) Solteiro, (2) Casado, (3) Viúvo, (4) Separado judicialmente, (9) Ignorado;
- Escolaridade da mãe, em anos de estudo concluídos, conforme a codificação: (1) Nenhum, (2) 1 a 3 anos; (3) 4 a 7 anos, (4) 8 a 11 anos, (5) 12 e mais, (9) Ignorado;
- Ocupação da mãe, conforme a Classificação Brasileira de Ocupações (CBO);
- Número de filhos vivos;
- Número de filhos mortos, ignorados, não incluindo o próprio;
- Município de residência da mãe;
- Semanas de gestação, conforme a codificação: (1) Menos de 22 semanas, (2) 22 a 27 semanas, (3) 28 a 31 semanas, (4) 32 a 36 semanas, (5) 37 a 41 semanas, (6) 42 semanas e mais, (9) Ignorado;
- Tipo de gravidez, conforme a codificação: (1) Única, (2) Dupla, (3) Tripla e mais, (9) Ignorado;

- Tipo de parto, conforme a codificação: (1) Vaginal, (2) Cesáreo, (9) Ignorado;
- Número de consultas de pré-natal, conforme a codificação: (1) Nenhuma, (2) de 1 a 3, (3) de 4 a 6, (4) 7 e mais, (9) Ignorado;
- Data do nascimento;
- Sexo do recém-nascido, conforme a codificação: (0) Ignorado ou não informado, (1) Masculino, (2) Feminino;
- Apgar no primeiro minuto: variando de 0 a 10;
- Apgar no quinto minuto: variando de 0 a 10;
- Raça/Cor do recém-nascido, conforme a codificação: (1) Branca, (2) Preta, (3) Amarela, (4) Parda, (5) Indígena;
- Peso ao nascer, em gramas;
- Anomalia congênita, conforme a codificação: (1) Com anomalia, (2) Sem Anomalia;
- Código de malformação congênita ou anomalia cromossômica, de acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID-10).

Em 1999, com a implantação de um novo software, o processo de crítica de consistência das variáveis do Sistema foi facilitado,

proporcionando melhor qualidade das informações produzidas (Sanches et al., 2006).

Ao longo dos anos, os estudos conduzidos para avaliar o Sistema têm mostrado o enorme potencial da utilização da base de dados em pesquisas epidemiológicas, principalmente quando avaliados os aspectos relacionados à cobertura, à completitude de preenchimento e à confiabilidade das variáveis (Mello Jorge et al., 1993, 2007; Silva et al. 2001; Theme-Filha et al. 2004; Almeida et al. 2006a; Romero, Cunha, 2007).

O estudo de Almeida et al. (2006b) avaliou a qualidade da informação disponível no SINASC, em 2002, em oito Unidades da Federação, incluindo o Rio de Janeiro, através de cinco variáveis selecionadas. Os resultados deste estudo mostraram que o Sistema apresenta excelente preenchimento das variáveis selecionadas em todos os estados. No estado do Rio de Janeiro, a proporção de não informados foi de 0,34 (peso ao nascer), 1,01 (duração da gestação), 0,16 (tipo de gravidez), 0,15 (idade da mãe) e 1,96 (escolaridade da mãe).

### **3.3.2 – BASE DE DADOS AMBIENTAIS**

Os dados ambientais referentes aos poluentes de interesse, material particulado ( $MP_{10}$ ), dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) e ozônio ( $O_3$ ), foram obtidos através das estações de monitoramento automático da qualidade do ar

instaladas em Volta Redonda, considerando o período de 1º. de janeiro de 2002 a 31 de dezembro de 2006.

O monitoramento da qualidade do ar no Município é feito por três estações automáticas capacitadas a medir os seguintes parâmetros: partículas totais em suspensão, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, dióxido de nitrogênio, monóxido de nitrogênio, hidrocarbonetos totais, monóxido de carbono, ozônio (FEEMA, 2007). As estações localizadas nos bairros Belmonte, Retiro e Vila Santa Cecília são operadas pela CSN e seus resultados são enviados "on-line" à central de telemetria da FEEMA (FEEMA, 2007).

Foram obtidos registros diários das concentrações dos poluentes para cada estação de monitoramento. A exposição à contaminação atmosférica foi medida por meio das concentrações médias de 24 horas de  $MP_{10}$  e de  $SO_2$  e por meio da concentração máxima diária das medidas horárias de  $O_3$ , conforme preconizado pela Resolução nº 003/90, do CONAMA. A concentração média do Município, para cada poluente, foi obtida através da média aritmética dos valores diários gerados em cada estação. Também, foram calculadas as médias aritméticas diárias para os parâmetros de temperatura e umidade relativa do ar, mensurados em cada estação de monitoramento. Foi utilizado o método proposto por Junger e Leon (2003) para a imputação dos dados faltantes.

A exposição materna aos poluentes, à temperatura e à umidade relativa do ar foi estimada para cada trimestre de gestação. O cálculo da exposição materna consistiu na média aritmética, para cada trimestre de gestação, dos valores diários medidos da concentração do poluente e dos fatores meteorológicos. As médias estimadas em cada trimestre da gestação foram obtidas a partir da defasagem dos valores medidos, considerando a data de nascimento como referência e retroagindo-a para o período de 39 semanas (três trimestres de 13 semanas cada), nos casos de gestações a termo, e para o período de 34 semanas (primeiro e segundo trimestres iguais a 13 semanas e terceiro trimestre igual a oito semanas), no caso das gestações pré-termo.

Woodruff et al. (2009), em seu artigo sobre questões metodológicas nos estudos sobre poluição do ar e saúde reprodutiva, apontam para a necessidade de manutenção das janelas trimestrais da exposição materna aos poluentes atmosféricos, a fim de possibilitar a comparação entre os resultados dos estudos, uma vez que ainda não foi identificado um período específico de suscetibilidade aos poluentes durante a gravidez.

### **3.4 – ANÁLISE ESTATÍSTICA**

O processo de análise epidemiológica foi composto por duas etapas, na primeira foi feita a análise exploratória dos dados e na segunda procedeu-se a análises de regressão.

A análise exploratória dos dados objetivou uma primeira aproximação à realidade estudada. Para tanto foram realizadas análises univariada, para a descrição do perfil do conjunto de recém-nascidos e do comportamento dos contaminantes atmosféricos, considerando todos os nascidos vivos de mães residentes no Município.

Na etapa seguinte do processo foram utilizados modelos de regressão logística e de regressão linear, em suas formas simples (bivariada) e múltipla (multivariada), para cada um dos desfechos de interesse. Os modelos de regressão simples avaliaram a associação entre o peso ao nascer e a exposição materna aos contaminantes atmosféricos, estimando o efeito bruto dessa exposição no peso do recém-nascido. Também, avaliaram os efeitos brutos de cada variável de interesse presente na DN sobre o peso ao nascer e a idade gestacional, com a finalidade de identificar possíveis fatores de confusão e de selecionar as variáveis para os modelos multivariados.

As modelagens multivariadas foram empregadas para o controle dos fatores de confusão na estimativa da medida de associação entre os fatores de risco e os desfechos de interesse (Greenland, Morgenstern, 2001; Katz, 2003). A regressão linear múltipla possibilitou a estimativa da redução do peso ao nascer devido à exposição materna aos poluentes.

Estes tipos de análise foram aplicadas nas pesquisas conduzidas por Lin et al. (2004), Medeiros, Gouveia et al. (2004), Mannes et al. (2005),

Medeiros e Gouveia (2005), Salam et al. (2005), Dugandzic et al. (2006), Bell et al. (2007) e Junger e Leon (2007) para a avaliação da contribuição da poluição atmosférica sobre os desfechos indesejados da gravidez.

### **3.4.1 – VARIÁVEIS DO ESTUDO**

#### **3.4.1.1 – VARIÁVEIS DEPENDENTES**

O peso ao nascer e a idade gestacional constituíram as variáveis dependentes, ou variáveis resposta, do estudo.

A variável 'peso ao nascer' encontrava-se disponível na DN, sob a forma de uma variável contínua, medida em gramas. Nos modelos de regressão linear esta variável independente foi utilizada em sua forma original.

Para o seu emprego nos modelos de regressão logística foi transformada em uma variável nominal dicotômica, com a atribuição do valor zero para a categoria 'peso normal' e do valor um para a representativa de baixo peso ao nascer. A transformação da variável foi feita com base na classificação da Organização Mundial da Saúde (OMS), que considera baixo peso a primeira medida de peso do feto ou recém-nascido obtida após o nascimento menor que 2.500g (WHO, 2007).

A variável 'idade gestacional' também foi obtida das DN. Em sua forma original, essa variável é apresentada em sete categorias, representativas de faixas de semanas de gestação. Para sua utilização nos modelos de regressão logística, a variável foi dicotomizada, cujo valor zero representou 'não prematuro' e o valor um 'prematuro'. A recodificação da variável foi feita com base na classificação da OMS, para a qual a idade gestacional é considerada a termo quando completa 37 ou mais semanas e é considerada pré-termo quando completa menos de 37 semanas (WHO, 2007).

### **3.4.1.2 – VARIÁVEIS INDEPENDENTES**

As variáveis independentes, ou variáveis explicativas, consideradas no estudo foram as concentrações médias dos poluentes em cada trimestre de gravidez. Esta variável foi mantida como contínua nos modelos de empregados, exceto nas análises que objetivaram verificar a existência de relação dose-resposta. Nestes casos, foram categorizadas de acordo com seus intervalos interquartis, correspondentes aos 25º, 50º e 75º percentis. O primeiro quartil foi utilizado como referência.

### **3.4.1.3 – VARIÁVEIS DE CONFUNDIMENTO**

As variáveis de confusão controladas foram aquelas relacionadas às características do recém-nascido, da mãe, do local de ocorrência do nascimento, da gestação e do parto disponíveis nas DN e já descritas, em estudos anteriores, como determinantes ou como fatores associados ao baixo peso ao nascer e à prematuridade (Kramer, 1987, 2003; Costa, Gotlieb, 1998; Ramachandram, 2000; Nascimento, Gotlieb, 2001; Guimarães, Velásquez-Meléndez, 2002; Kilsztajn et al., 2003; UNICEF, 2004; Giglio et al., 2005; Leal et al., 2006; Minagawa et al., 2006).

As variáveis foram utilizadas da forma como são apresentadas no SINASC ou agrupadas em categorias de interesse, conforme descrições a seguir:

(a) Variáveis relacionadas às características do recém-nascido:

- Sexo: variável nominal (dicotômica), utilizada em sua forma original – masculino e feminino.
- Malformação congênita e/ou anomalia cromossômica: variável nominal (dicotômica), utilizada da forma como apresentada – sem anomalia e com anomalia.

(b) Variáveis relacionadas às características da gestação e do parto:

- Tipo de gravidez: variável categórica polinomial, recodificada em variável dicotômica, representativa de gravidez única e de gravidez múltipla.
- Tipo de parto: variável nominal (dicotômica), utilizada em sua forma original – parto vaginal, parto cesáreo.
- Número de consultas de pré-natal: variável apresentada em cinco categorias e recodificada em variável dicotômica, representativa da assistência pré-natal adequada (número de visitas igual ou superior a sete) e inadequada (número de visitas inferior a sete) (Brasil, 2006).

(c) Variáveis relacionadas às características da mãe:

- Idade: variável quantitativa contínua, medida em anos completos, foi transformada em uma variável nominal composta por três categorias, representativas das seguintes faixas etárias:  $\leq 19$  anos, 20-34 anos e  $\geq 35$  anos (Nascimento, Gotlieb, 2001).
- Estado civil: essa variável categórica polinomial foi recodificada em três categorias: solteira, casada e outros (incluindo viúva e separada judicialmente).

- Escolaridade (em anos de estudos concluídos): esta variável originalmente composta por seis categorias foi recodificada em duas novas variáveis, com quatro e três categorias. Uma compreendeu as seguintes categorias:  $\leq 3$  anos, 4-7 anos, 8-11 anos e  $\geq 12$  anos; enquanto que a outra foi composta pelas faixas:  $\leq 3$  anos, 4-7 anos e  $\geq 8$  anos.
- Paridade: esta variável discreta foi construída considerando o número de filhos nascidos em gestações anteriores. Após a soma das variáveis originais (número de filhos vivos e número de filhos mortos), a variável foi categorizada em: nenhum filho, 1-2 filhos e  $\geq 3$  filhos.

(d) Variáveis relacionadas às características do local de ocorrência do nascimento:

- Local de ocorrência: essa variável categórica polinomial foi recodificada em duas categorias: hospital e outros (incluindo domicílio e outros).

### 3.4.1.4 – Modelos de Regressão Logística e Linear

As estimativas de medida de associação foram obtidas com o emprego de dois modelos de regressão logística e de dois modelos de

regressão linear para cada desfecho, diferenciados em função das populações alvo consideradas.

De acordo com o desfecho, a modelagem levou em consideração os seguintes critérios:

**I. Desfecho - Baixo peso ao nascer:**

a) Modelo A, para regressão logística e linear:

1. Critérios para exclusão de indivíduos da população fonte:

- Recém-nascidos sem preenchimento da variável 'peso ao nascer' na DN.

2. Critérios para a inclusão da variável de confusão no modelo:

Foram selecionadas as variáveis de confusão que apresentaram associação, estatisticamente significativa, com baixo peso ao nascer na análise bivariada. E, que mantiveram a significância estatística após a inclusão de todas as variáveis de confusão no modelo.

b) Modelo B, para regressão logística e linear:

1. Critérios para exclusão de indivíduos da população fonte:

- Recém-nascidos sem preenchimento da variável 'peso ao nascer' na DN;
  - Recém-nascidos pré-termo;
  - Casos de gravidez múltipla.
2. Critérios para a inclusão da variável de confusão no modelo:

As variáveis foram selecionadas seguindo os mesmos critérios usados para o Modelo A.

## **II. Desfecho - Prematuridade:**

### a) Modelo C, para regressão logística:

#### 1. Critérios para exclusão de indivíduos da população fonte:

- Recém-nascidos sem preenchimento da variável 'idade gestacional' na DN.

#### 2. Critérios para a inclusão da variável de confusão no modelo:

Foram selecionadas as variáveis de confusão que apresentaram associação, estatisticamente significativa,

com prematuridade na análise bivariada. E, que mantiveram a significância estatística após a inclusão de todas as variáveis de confusão no modelo.

b) Modelo D, para regressão logística:

1. Critérios para exclusão de indivíduos da população fonte:
  - Recém-nascidos sem preenchimento da variável 'idade gestacional' na DN;
  - Casos de gravidez múltipla.
2. Critérios para a inclusão da variável de confusão no modelo:

As variáveis foram selecionadas seguindo os mesmos critérios usados para o Modelo C.

Foram calculadas as medidas de associação e seus respectivos intervalos de confiança de 95% (IC95%). O nível de significância adotado em todas as análises foi igual ou menor que 5%.

As análises descritivas e cálculos dos riscos relativos foram feitas com o auxílio do pacote estatístico "Statistical Package for Social Sciences"

(SPSS<sup>®</sup>), versão 13.0. Os modelos múltiplos finais foram definidos com a utilização do método "stepwise forward", tendo permanecido nos modelos, conforme já explicado anteriormente, as variáveis de confusão que apresentaram significância estatística. Os bancos de dados foram montados com o emprego do aplicativo Excel<sup>®</sup>.

### **3.5 – Aspectos Éticos**

O projeto de pesquisa foi apresentado e aprovado pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa (CAPPesq), da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, conforme Protocolo de Pesquisa nº 555/05.

## Capítulo 4 – Resultados

### 4.1 – ANÁLISE DESCRIPTIVA

As variáveis de interesse apresentaram excelente completude de dados no SINASC ao longo do período observado. As variáveis 'peso ao nascer' e 'idade gestacional', apresentaram, respectivamente, observações faltantes da ordem de 0,1 e 0,3% do total de nascidos vivos registrados nas DN. As variáveis que apresentaram maiores percentuais de informações faltantes no início do período (2003) foram as relacionadas às quantidades de filhos vivos (3,8%) e mortos (6,3%), contudo, em 2006, esses percentuais decresceram para 0,3%. A Tabela 3 mostra a distribuição das observações faltantes das variáveis do SINASC no período analisado.

#### 4.1.1 – CARACTERÍSTICAS DA POPULAÇÃO FONTE

Em Volta redonda foram registrados 13.660 nascidos vivos, de mães residentes no município, entre 1º. de janeiro de 2003 e 31 de dezembro de 2006. Nos anos de 2003, 2004, 2005 e 2005 foram observados,

respectivamente, 3.541, 3.560, 3.222 e 3.337 nascimentos. Neste período pôde-se observar um ligeiro decaimento no coeficiente geral de natalidade no município, que variou de 14,2, em 2003, a 12,9, em 2006.

Tabela 3 – Distribuição anual das observações faltantes nas variáveis selecionadas do SINASC, em Volta Redonda, 2003 – 2006

VARIÁVEL	Observações faltantes							
	2003		2004		2005		2006	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Peso	3	< 0,1	1	< 0,1	1	< 0,1	0	-
Sexo	0	-	0	-	0	-	0	-
Local nascimento	0	-	0	-	0	-	0	-
Idade materna	7	0,2	1	< 0,1	2	< 0,1	0	-
Tipo gravidez	1	< 0,1	2	< 0,1	3	0,1	5	0,1
Malformação congênita	10	0,3	6	0,2	5	0,2	4	0,1
Estado civil materno	11	0,3	16	0,4	11	0,3	4	0,1
Idade gestacional	9	0,3	10	0,3	4	0,1	7	0,2
Tipo parto	4	0,1	7	0,2	7	0,2	11	0,3
Consultas pré-natal	16	0,5	13	0,4	20	0,6	9	0,3
Escolaridade materna	23	0,6	8	0,2	10	0,3	10	0,3
Quantidade filhos vivos	134	3,8	20	0,6	9	0,3	9	0,3
Quantidade filhos mortos	222	6,3	31	0,9	12	0,4	10	0,3

Com relação aos desfechos indesejáveis da gravidez, baixo peso ao nascer e prematuros, objetos desta pesquisa, a Figura 2 representa graficamente a evolução percentual destes desfechos ao longo do período estudado. O baixo peso ao nascer apresentou-se constante no período,

exceto em 2004, quando foi observado o menor número de casos. Em 2006, houve uma queda significativa no número de casos de prematuros, quando comparado ao ano anterior.

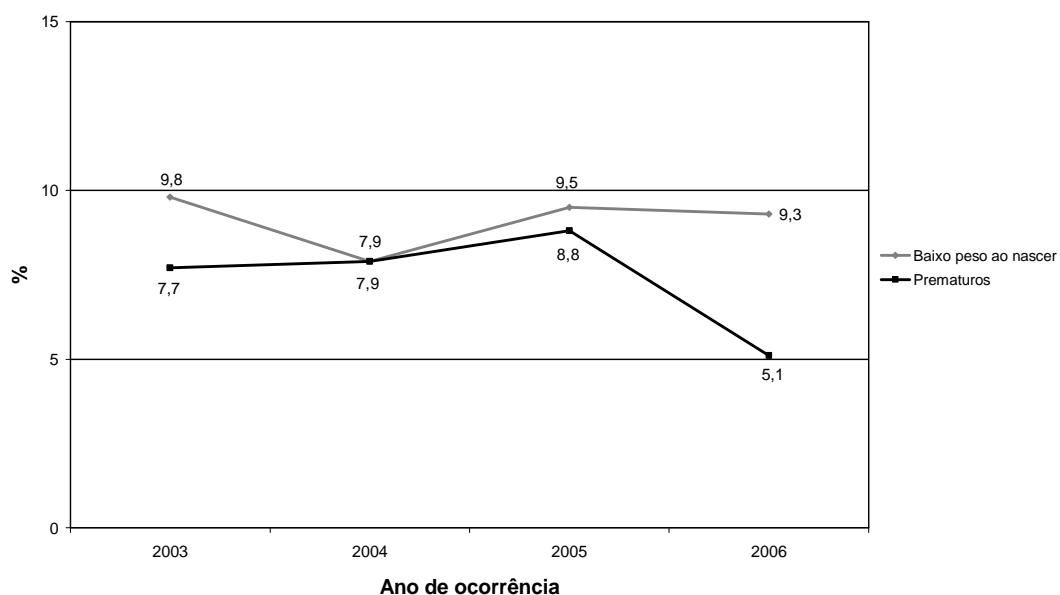


Figura 2. Evolução dos recém-nascidos de baixo peso e prematuros em Volta Redonda, 2003-2006

Considerando todo o período da análise, a média do peso ao nascer da população fonte foi igual a 3.162,2g, com desvio padrão de 561,8, variando entre 289 e 5.730g. Na Tabela 4 é apresentada a distribuição do peso, para todos os nascimentos ( $N = 13.655$ ) cuja variável 'peso ao nascer' foi preenchida na declaração de nascidos vivos. O baixo peso ao nascer foi observado em 1.245 (9,1%) dos nascidos vivos no período. Desse total, 75

(0,6%) corresponderam a casos de pesos extremamente baixos<sup>3</sup>. Os casos considerados como muito baixo peso<sup>4</sup> equivaleram a 197 (1,4%) dos casos registrados.

Tabela 4 – Distribuição do peso ao nascer dos nascidos vivos em Volta Redonda, 2003-2006

<b>PESO AO NASCER (g)</b>	<b>Nascidos Vivos</b>	
	<b>N</b>	<b>%</b>
< 500	8	<b>0,06</b>
500 – 999	67	<b>0,49</b>
1000 – 1499	122	<b>0,89</b>
1500 – 2499	1048	<b>7,67</b>
2500 - 4999	12398	<b>90,79</b>
> 5000	12	<b>0,10</b>
Total	13655	<b>100</b>

A variável 'idade gestacional' foi preenchida em 99,8% das DN registradas no período. A Tabela 5 mostra a distribuição da idade gestacional na data de nascimento de cada criança. Os recém-nascidos prematuros somaram 1.004 (7,4%) dos casos registrados. Enquanto que as crianças nascidas a termo e pós-termo, corresponderam, respectivamente, a 91,8 e 0,6% do total de nascimentos.

A Tabela 6 mostra as características da população fonte, considerando as variáveis de interesse extraídas do SINASC.

<sup>3</sup> Peso extremamente baixo é o peso ao nascer menor ou igual a 999g (WHO, 2007).

<sup>4</sup> Peso muito baixo ao nascer, igual ou menor a 1.499g (WHO, 2007).

Tabela 5 – Distribuição da duração da gestação dos nascidos vivos em Volta Redonda, 2003-2006

IDADE GESTACIONAL (semanas)	Nascidos Vivos	
	N	%
< 22	3	<b>0,02</b>
22 – 27	55	<b>0,40</b>
28 – 31	131	<b>0,96</b>
32 – 36	815	<b>5,98</b>
37 - 41	12546	<b>92,07</b>
≥ 42	77	<b>0,57</b>
Total	13627	<b>100</b>

A população de recém-nascidos foi composta por 51,2% de indivíduos do sexo masculino e por 48,8% do sexo feminino. A maior freqüência de prematuros foi observada em indivíduos o sexo masculino (53,8%), enquanto que a maioria dos casos de baixo peso foi verificada em indivíduos do sexo feminino (53,0%).

Com relação ao local de nascimento, quase a totalidade dos nascimentos (99,8%) ocorreu em ambiente hospitalar. Tendo sido observada uma diferença diminuta entre os nascimentos de prematuros e de baixo peso ocorridos em hospitais. O tipo de parto mais freqüente foi o cesáreo (60,9%), esta freqüência foi também observada nos os casos de prematuros (65,1%) e nos de baixo peso (61,8%).

A adequada assistência de pré-natal, observada através do número de consultas igual ou superior a sete, foi observada na maioria dos

nascimentos (76,1%), inclusive entre os prematuros (51,2%) e os nascidos com baixo peso (55,2%).

A grande maioria dos nascimentos (92,4%) ocorreu com idade gestacional igual ou superior a 37 semanas. Essa duração da gestação foi observada também em 51,4% dos nascidos com baixo peso.

O tipo de gravidez predominante foi de não gemelares (97,8%). Essa predominância foi observada tanto para os nascidos prematuros (88,8%), como para o de baixo peso (87,1%).

A freqüência de ocorrência de malformação congênita foi muito baixa no período, igual a 0,5%. A malformação congênita foi observada em 1,5% dos recém-nascidos com baixo peso e em 1,0% dos prematuros.

Com relação às características maternas, observou-se que a maioria das gestações ocorreu em mulheres da faixa etária compreendida entre 20 e 34 anos (73,7%), faixa em que também foram observadas as maiores freqüências de casos de prematuridade (67%) e de baixo peso (67,5%). O nível de escolaridade de 67,9% das mulheres foi igual ou superior a oito anos de estudos, esse mesmo nível de escolaridade foi verificado para as mulheres que geraram bebês de baixo peso (64,3%) e prematuros (66,5%). A maioria das mães (54,3%), mesmo aquelas que geraram crianças de baixo peso ou prematuras, apresentou o estado civil solteira durante a gestação. A freqüência de recém-nascidos com baixo peso foi maior entre as mães cuja

paridade foi igual a um ou dois filhos (53,0%). Já os casos de prematuridade foram mais frequentes nas primíparas (50,7%).

Tabela 6 – Características dos nascimentos ocorridos de mães residentes em Volta Redonda, 2003-2006

CARACTERÍSTICAS	ND <sup>1</sup> (%)	População fonte (%)	Baixo peso ao nascer <sup>2</sup> (%)	Prematuros <sup>2</sup> (%)
Local de ocorrência	-			
Hospital		99,8	99,4	99,7
Outros		0,2	0,6	0,3
Duração da gestação	0,2			
< 37 semanas		7,4	48,6	100,0
≥ 37 semanas		92,4	51,4	-
Tipo de gravidez	0,1			
Gravidez única		97,8	87,1	88,8
Gravidez múltipla		2,1	12,9	11,2
Tipo de parto	0,2			
Vaginal		38,9	38,2	34,9
Cesáreo		60,9	61,8	65,1
Consultas de pré-natal	0,4			
< 7 consultas		23,2	43,8	48,8
≥ 7 consultas		76,1	55,2	51,2
Sexo	-			
Masculino		51,2	47,0	53,8
Feminino		48,8	53,0	46,2
Malformação congênita	0,2			
Sem anomalia		99,2	98,5	99,0
Com anomalia		0,5	1,5	1,0
Idade	0,1			
≤ 19 anos		16,0	18,9	19,1
20-34 anos		73,7	67,5	67,0
≥ 35 anos		10,2	13,7	13,8
Estado civil	0,3			
Solteira		54,3	58,2	58,8
Casada		42,6	38,6	38,1
Outros		2,5	3,2	3,1
Escolaridade	0,4			
≤ 3 anos		5,0	6,6	4,4
4-7 anos		26,7	29,1	29,1
8-11 anos		44,9	45,3	46,2
≥ 12 anos		23,0	19,0	20,3
Paridade	2,1			
Nenhum filho		45,7	38,4	50,7
1-2 filhos		44,4	53,0	42,2
≥ 3 filhos		7,8	8,6	7,1

<sup>(1)</sup> Não Declarado (ND), percentual de observações faltantes. <sup>(2)</sup> Excluídos os casos não declarados.

#### 4.1.2 – CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE

A análise descritiva dos poluentes de interesse mostrou que todas as concentrações médias se encontram abaixo dos padrões de qualidade do ar preconizados pelo CONAMA, como pode ser visto nas Figuras 3, 4 e 5. Contudo, as mesmas figuras mostram que as concentrações ultrapassaram os padrões estabelecidos pela OMS.

A concentração média do ozônio no período avaliado foi igual a  $53,65\mu\text{g}/\text{m}^3$ , com desvio padrão igual a 22,93, com concentração mínima e máxima equivalentes a 6,84 e  $128,66\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente. A Figura 3 apresenta graficamente o comportamento do ozônio ao longo do período analisado e suas relações com os padrões do CONAMA e da OMS.

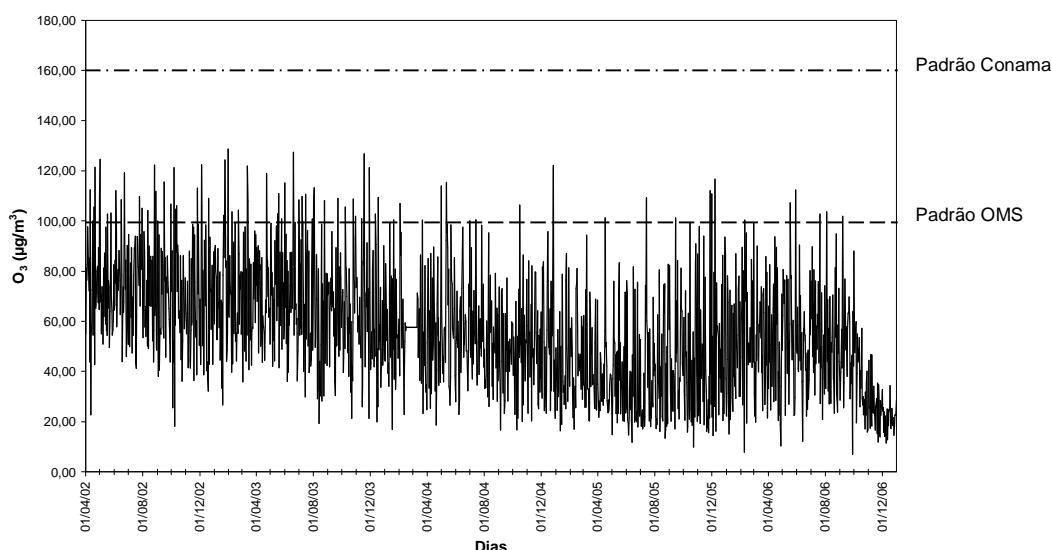


Figura 3. Concentração média diária de  $\text{O}_3$ , em Volta Redonda, no período de abril de 2002 a dezembro de 2006

Por sua vez, a concentração média de partículas inaláveis ( $MP_{10}$ ) foi equivalente a  $31,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , com desvio padrão igual a  $10,58$ , e concentração mínima igual a  $7,70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e máxima igual a  $66,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A relação da concentração média diária deste poluente com os padrões definidos pelo CONAMA e pela OMS é apresentada na Figura 4.

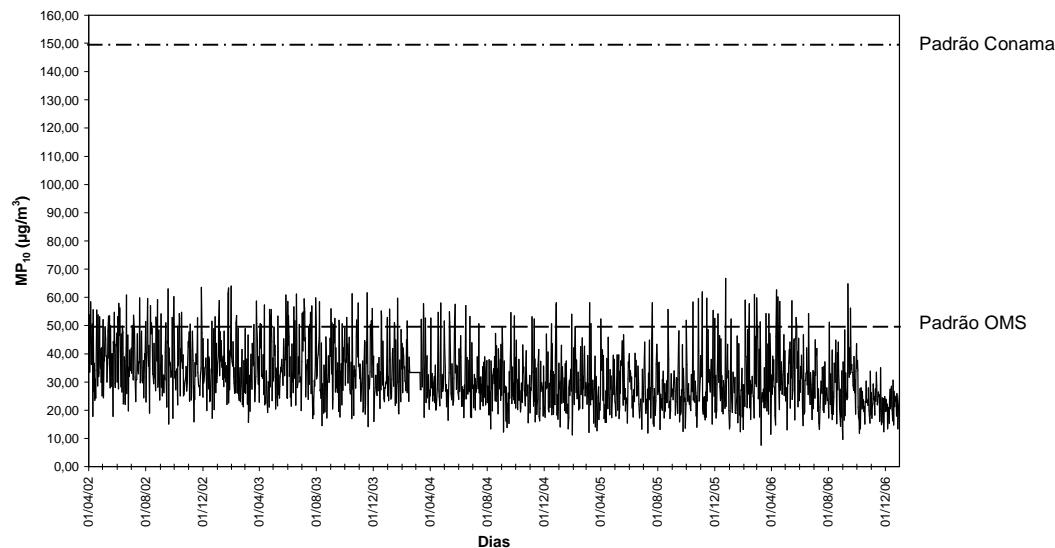


Figura 4. Concentração média diária de  $MP_{10}$ , em Volta Redonda, no período de abril de 2002 a dezembro de 2006

Assim como as concentrações médias de partículas inaláveis e ozônio, a de dióxido de enxofre também esteve abaixo do padrão estabelecido pelo CONAMA, conforme pode ser observado na Figura 5. E, somente em 21 observações, no período analisado, ultrapassou o limite preconizado pela OMS. A concentração média deste poluente foi igual a

9,04  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , com desvio padrão de 3,30, e concentração máxima e mínima, respectivamente, iguais a 20,83  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e 1,24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

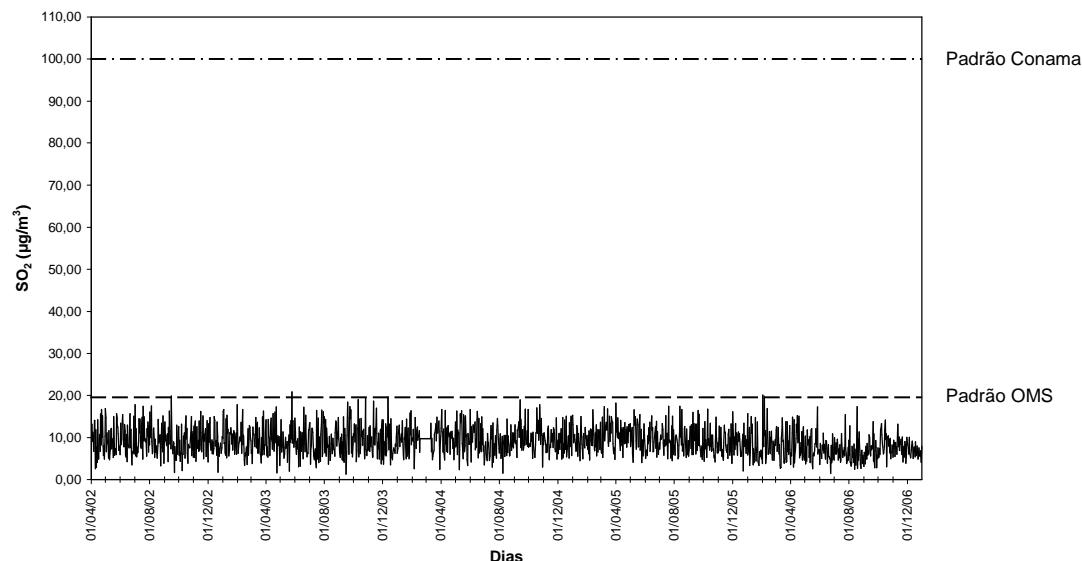


Figura 5. Concentração média diária de  $\text{SO}_2$ , em Volta Redonda, no período de abril de 2002 a dezembro de 2006

As estatísticas descritivas das concentrações médias dos poluentes  $\text{O}_3$ ,  $\text{MP}_{10}$  e  $\text{SO}_2$  e das variáveis meteorológicas, temperatura média e umidade relativa do ar média, por trimestre de gestação estão apresentadas nas Tabelas 7 e 8. Na Tabela 7 estão representados os valores médios das observações levando em consideração os trimestres de gravidez para nascimentos a termo. Enquanto que a Tabela 8 relaciona as variáveis aos trimestres de gravidez para nascimentos pré-termo.

Tabela 7 – Estatística descritiva das concentrações médias de ozônio ( $O_3$ ), partículas inaláveis ( $MP_{10}$ ) e dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) por trimestre de gestação, considerando os recém-nascidos a termo, em Volta Redonda, 2003-2006

PARÂMETROS		Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Percentis		
						25	50	75
$O_3$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1º. Trimestre	58,22	11,52	37,47	76,10	49,22	58,30	69,76
	2º. Trimestre	56,30	10,46	36,95	73,97	48,53	54,89	66,14
	3º. Trimestre	54,13	10,35	27,85	73,14	46,69	52,73	62,64
$MP_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1º. Trimestre	33,08	3,56	27,43	39,30	29,69	33,24	36,28
	2º. Trimestre	32,22	3,18	27,13	38,34	29,26	32,04	35,39
	3º. Trimestre	31,62	3,21	22,50	38,34	28,87	30,88	34,44
$SO_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1º. Trimestre	9,45	0,52	7,88	10,85	9,16	9,47	9,80
	2º. Trimestre	9,19	0,75	6,47	10,73	8,91	9,31	9,61
	3º. Trimestre	9,00	0,87	6,40	10,65	8,63	9,21	9,52
Temperatura	1º. Trimestre	23,99	0,91	21,78	26,26	23,35	23,88	24,57
Média ( $^{\circ}\text{C}$ )	2º. Trimestre	23,50	0,86	21,52	25,36	22,92	23,54	24,20
	3º. Trimestre	23,09	0,80	21,27	24,69	22,61	23,20	23,62
Umidade	1º. Trimestre	81,78	6,28	69,08	91,57	76,18	81,95	88,05
relativa do	2º. Trimestre	82,25	5,88	70,88	91,90	77,38	82,49	88,06
ar média (%)	3º. Trimestre	82,48	5,51	72,46	90,94	77,64	82,91	87,41

## 4.2 – ANÁLISES DE REGRESSÃO

### 4.2.1 – REGRESSÃO LOGÍSTICA PARA BAIXO PESO AO NASCER

Na análise de regressão logística bivariada (bruta), considerando todos os nascidos vivos no período analisado (Modelo A), as variáveis de confusão que apresentaram associação estatisticamente significativa com o baixo peso foram: idade gestacional, local de nascimento, tipo de gravidez, consultas de pré-natal, sexo do recém-nascido, idade materna, estado civil

Tabela 8 – Estatística descritiva das concentrações médias de ozônio ( $O_3$ ), partículas inaláveis ( $MP_{10}$ ) e dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) por trimestre de gestação, considerando os recém-nascidos prematuros, em Volta Redonda, 2003-2006

PARÂMETROS		Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Percentis		
						25	50	75
$O_3$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1º. Trimestre	57,73	11,12	37,47	76,03	49,31	57,88	68,93
	2º. Trimestre	55,79	10,23	36,95	73,96	48,11	53,92	65,26
	3º. Trimestre	53,34	10,78	22,84	73,09	45,97	52,41	61,70
$MP_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1º. Trimestre	32,91	3,41	27,43	39,30	29,66	33,06	36,10
	2º. Trimestre	32,01	3,10	27,13	38,34	29,20	31,58	35,09
	3º. Trimestre	30,92	3,42	21,81	38,82	28,24	30,49	33,68
$SO_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1º. Trimestre	9,41	0,59	7,16	10,85	9,10	9,46	9,77
	2º. Trimestre	9,14	0,82	6,47	10,73	8,88	9,31	9,64
	3º. Trimestre	9,07	0,95	6,35	11,04	8,59	9,24	9,68
Temperatura	1º. Trimestre	23,90	0,88	21,78	25,94	23,29	23,84	24,54
Média ( $^{\circ}\text{C}$ )	2º. Trimestre	23,42	0,85	21,52	25,13	22,88	23,51	24,09
	3º. Trimestre	22,92	0,86	20,86	24,91	22,42	23,05	23,50
Umidade	1º. Trimestre	82,31	6,14	70,12	92,42	76,81	82,25	88,38
relativa do	2º. Trimestre	82,73	5,77	71,97	91,97	77,93	83,25	88,16
ar média (%)	3º. Trimestre	82,04	5,42	72,22	90,38	77,39	82,44	88,82

materno, escolaridade da mãe, paridade e malformação congênita. Quando feita a análise com a exclusão dos recém-nascidos prematuros e dos casos de gravidez múltipla (Modelo B), as mesmas variáveis apresentaram significância estatística em sua relação com o desfecho, conforme pode ser observado na Tabela 9.

Na análise multivariada foram empregadas todas as variáveis acima relacionadas. As variáveis que mantiveram a significância estatística e foram incluídas no modelo final, para a estimativa do efeito de cada poluente sobre o peso ao nascer, encontram-se apresentadas na Tabela 10.

Tabela 9 - Análise bivariada<sup>1</sup> dos fatores de risco para baixo peso ao nascer, no município de Volta Redonda/RJ – 2003 a 2006

FATORES DE RISCO	BPN <sup>2</sup> – Modelo A <sup>3</sup>		BPN – Modelo B <sup>4</sup>	
	RR <sup>5</sup>	IC <sup>6</sup> 95%	RR	IC 95%
Prematuridade	28,19	24,28 – 32,73	-	-
Local de nascimento	5,01	2,02 – 12,43	4,55	1,30 – 15,87
Tipo de gravidez	14,87	11,65 – 18,97	-	-
Tipo de parto	1,04	0,92 – 1,17	0,87	0,73 – 1,03
Consultas de pré-natal	2,88	2,55 – 3,25	1,93	1,61 – 2,31
Sexo do recém-nascido	1,20	1,07 – 1,35	1,37	1,15 – 1,62
Idade da mãe				
≤ 19 anos	1,33	1,14 – 1,55	1,28	1,02 – 1,60
20 – 34 anos <sup>7</sup>	1,00	-	1,00	-
≥ 35 anos	1,52	1,28 – 1,82	1,49	1,15 – 1,93
Estado civil da mãe				
Casada <sup>7</sup>	1,00	-	1,00	-
Solteira	1,20	1,06 – 1,35	1,20	1,01 – 1,44
Outros (viúva e separada)	1,43	1,02 – 2,03	1,50	0,91 – 2,46
Escolaridade da mãe (em anos de estudos)				
≤ 3 anos	1,45	1,14 – 1,85	1,98	1,45 – 2,69
4 – 7 anos	1,17	1,03 – 1,33	1,17	0,96 – 1,42
≥ 8 anos <sup>7</sup>	1,00	-	1,00	-
Paridade				
Nenhum filho	1,38	1,22 – 1,56	1,56	1,30 – 1,87
1 – 2 filhos <sup>7</sup>	1,00	-	1,00	-
≥ 3 filhos	1,30	1,04 – 1,63	1,60	1,18 – 2,19
Anomalia congênita	3,18	1,87 – 5,42	3,50	1,72 – 7,11

<sup>(1)</sup> Regressão logística bruta.

<sup>(2)</sup> BPN = Baixo peso ao nascer.

<sup>(3)</sup> Modelo A: Incluídos todos os nascidos vivos, no período considerado.

<sup>(4)</sup> Modelo B: Excluídos os recém-nascidos prematuros e casos de gravidez múltipla, no período considerado.

<sup>(5)</sup> RR = Risco Relativo.

<sup>(6)</sup> IC = Intervalo de confiança.

<sup>(7)</sup> Categoria de referência.

Tabela 10 - Análise multivariada<sup>1</sup> dos fatores de risco para baixo peso ao nascer, no município de Volta Redonda/RJ – 2003 a 2006

FATORES DE RISCO	BPN <sup>2</sup> – Modelo A <sup>3</sup>		BPN – Modelo B <sup>4</sup>	
	RR <sup>5</sup>	IC <sup>6</sup> 95%	RR	IC 95%
Prematuridade	21,76	18,49 – 25,60	-	-
Local de nascimento	5,00	1,65 – 15,19	4,27	1,18 – 15,45
Tipo de gravidez	11,07	8,10 – 15,12	-	-
Consultas de pré-natal	2,08	1,78 – 2,43	1,98	1,64 – 2,41
Sexo do recém-nascido	1,41	1,22 – 1,62	1,38	1,16 – 1,64
Idade da mãe				
≤ 19 anos	0,95	0,77 – 1,17	0,92	0,71 – 1,18
20 – 34 anos <sup>7</sup>	1,00	-	1,00	-
≥ 35 anos	1,33	1,06 – 1,67	1,73	1,32 – 2,27
Escolaridade da mãe (em anos de estudos)				
≤ 3 anos	1,93	1,44 – 2,60	2,08	1,49 – 2,91
4 – 7 anos	1,23	1,04 – 1,46	1,25	1,01 – 1,54
≥ 8 anos <sup>7</sup>	1,00	-	1,00	-
Paridade				
Nenhum filho	1,72	1,46 – 2,03	1,90	1,55 – 2,33
1 – 2 filhos <sup>7</sup>	1,00	-	1,00	-
≥ 3 filhos	1,09	0,83 – 1,43	1,10	0,79 – 1,53
Anomalia congênita	3,29	1,70 – 6,36	3,43	1,67 – 7,06

<sup>(1)</sup> A análise multivariada considerou todas as variáveis apresentadas na Tabela como variáveis independentes.

<sup>(2)</sup> BPN = Baixo peso ao nascer.

<sup>(3)</sup> Modelo A: Incluídos todos os nascidos vivos, no período considerado.

<sup>(4)</sup> Modelo B: Excluídos os recém-nascidos prematuros e casos de gravidez múltipla, no período considerado.

<sup>(5)</sup> RR = Risco Relativo.

<sup>(6)</sup> IC = Intervalo de confiança.

<sup>(7)</sup> Categoria de referência.

Considerando o Modelo A, a idade gestacional inferior a 37 semanas apresentou o maior risco RR=21,76 (IC95%:18,49-25,60) dentre as demais variáveis. Os casos de gravidez múltipla também pareceram aumentar o risco de baixo peso, RR=11,07 (IC95%:8,10-15,12).

O local de nascimento também configurou um fator de risco para o baixo peso ao nascer, em ambos os modelos, quando comparado ao procedimento obstétrico realizado em ambiente hospitalar (Modelo A, RR=5,00; IC95%:1,65-15,19 e Modelo B, RR=4,27; IC95%:1,18-15,45).

A assistência de pré-natal inadequada (número de consultas menor ou igual a seis) apresentou aumento do risco de baixo peso ao nascer tanto no Modelo A (RR=2,08; IC95%:1,78-2,43), como no Modelo B (RR=1,98; IC95%:1,64-2,41).

As características maternas como idade, escolaridade e paridade também pareceram aumentar a probabilidade de baixo peso do recém-nascido. A análise da idade materna mostrou, tendo como referência a faixa etária compreendida entre 20 e 34 anos, que os recém-nascidos de mães com idade igual ou superior a 35 anos apresentaram maior risco de baixo peso ao nascer em ambos os modelos utilizados (Modelo A, RR=1,33; IC95%:1,06-1,67 e Modelo B, RR=1,73; IC95%:1,32-2,27). Com a relação à escolaridade, tomando como referência a categoria igual ou maior que oito anos completos de estudos, verificou-se, em ambos os modelos, associação estatisticamente significativa com o baixo peso do recém-nato. O risco de baixo peso ao nascer associada às primíparas, quando comparadas com as mães que já tinham estado uma ou duas vezes grávidas, foi positiva nos dois modelos (Modelo A, RR=1,72; IC95%:1,46-2,03 e Modelo B, RR=1,90; IC95%:1,55-2,33).

Os recém-nascidos do sexo feminino tiveram maior associação com baixo peso, que os do sexo masculino (Modelo A, RR=1,41; IC95%:1,22-1,62 e Modelo B, RR=1,38; IC95%:1,16-1,64). O mesmo tendo sido observado para os nascidos com malformação congênita (Modelo A, RR=3,29; IC95%:1,70-6,36 e Modelo B, RR=3,43; IC95%:1,67-7,06).

A análise logística empregando o modelo final, com todas as variáveis de confusão, inclusive temperatura e umidade relativa do ar média por trimestre de gestação, e as variáveis independentes, resultou nos riscos relativos (RR) apresentados na Tabela 11.

A exposição materna ao ozônio nos primeiro e segundo trimestres de gestação esteve associada ao baixo peso ao nascer, com significância estatística, em ambos os modelos empregados (Modelo A,  $RR_{2^{\circ}\text{Trimestre}}=1,03$ ; IC95%:1,01-1,04;  $RR_{3^{\circ}\text{Trimestre}}=1,03$ ; IC95%:1,02-1,04; Modelo B,  $RR_{2^{\circ}\text{Trimestre}}=1,02$ ; IC95%:1,00-1,04;  $RR_{3^{\circ}\text{Trimestre}}=1,03$ ; IC95%:1,02-1,05). Embora em ambos os modelos tenha sido observada associação no primeiro trimestre de gestação, estas não foram significativas.

O mesmo comportamento foi observado com a exposição materna às partículas inaláveis nos dois modelos usados (Modelo A,  $RR_{2^{\circ}\text{Trimestre}}=1,06$ ; IC95%:1,02-1,10;  $RR_{3^{\circ}\text{Trimestre}}=1,06$ ; IC95%:1,02-1,10; Modelo B,  $RR_{2^{\circ}\text{Trimestre}}=1,06$ ; IC95%:1,01-1,11;  $RR_{3^{\circ}\text{Trimestre}}=1,06$ ; IC95%:1,01-1,11).

Com relação à exposição materna ao SO<sub>2</sub>, esta apareceu como fator de proteção ao baixo peso.

Tabela 11 – Risco relativo (RR) ajustado e intervalo de confiança de 95% para baixo peso ao nascer por concentrações médias de ozônio ( $O_3$ ), partículas inaláveis ( $MP_{10}$ ) e dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) em cada trimestre de gestação, em Volta Redonda, no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2006

FATORES DE RISCO		Baixo peso ao nascer Modelo A <sup>1</sup>		Baixo peso ao nascer Modelo B <sup>2</sup>	
		RR <sup>3</sup>	IC <sup>4</sup> 95%	RR	IC 95%
$O_3$	1º. Trimestre	1,02	1,00 – 1,03	1,01	0,99 – 1,03
	2º. Trimestre	1,03	1,01 – 1,04	1,02	1,00 <sup>5</sup> – 1,04
	3º. Trimestre	1,03	1,02 – 1,04	1,03	1,02 – 1,05
$MP_{10}$	1º. Trimestre	1,02	0,98 – 1,06	1,01	0,96 – 1,06
	2º. Trimestre	1,06	1,02 – 1,10	1,06	1,01 – 1,11
	3º. Trimestre	1,06	1,02 – 1,10	1,06	1,01 – 1,11
$SO_2$	1º. Trimestre	0,85	0,74 – 0,98	0,88	0,74 – 1,04
	2º. Trimestre	0,77	0,70 – 0,85	0,81	0,72 – 0,91
	3º. Trimestre	0,84	0,76 – 0,92	0,82	0,74 – 0,92

<sup>(1)</sup> Modelo A: Incluídos todos os nascidos vivos, no período considerado. Ajustado para: prematuridade, local de nascimento, tipo de gravidez, consultas de pré-natal, sexo do bebê, idade da mãe, escolaridade da mãe, paridade, anomalia, temperatura média trimestral, umidade relativa média trimestral.

<sup>(2)</sup> Modelo B: Excluídos os recém-nascidos prematuros e os casos de gravidez múltipla, no período considerado. Ajustado para: Local de nascimento, consultas de pré-natal, sexo do bebê, idade materna, escolaridade materna, paridade, anomalia, temperatura média trimestral, umidade relativa média trimestral.

<sup>(3)</sup> RR = Risco Relativo.

<sup>(4)</sup> IC = Intervalo de confiança.

<sup>(5)</sup> p = 0,05.

Os resultados da análise para verificação da correspondência entre o aumento da concentração média dos poluentes em cada trimestre de gestação e a concomitante variação na ocorrência do baixo peso ao nascer são mostrados nas figuras seguintes (Figuras 6, 7, 8, 9, 10 e 11), através da distribuição dos poluentes por intervalo interquartil.

No Modelo A, relação dose-resposta entre a exposição materna ao  $O_3$  e o baixo peso foi positiva em todos os trimestres de gestação, embora a

significância estatística não seja observada em todos os intervalos interquartis. No primeiro trimestre de gestação, a estimativa de efeito foi estatisticamente significativa no segundo intervalo interquartil ( $RR=1,27$ ; IC95%: 1,01-1,58). No quarto intervalo interquartil do segundo trimestre foi estimado RR igual a 1,86 (IC95%: 1,14-3,04). No terceiro trimestre foram observados aumentos nas estimativas dos efeitos no segundo e quarto intervalos interquartis, respectivamente iguais a 1,34 (IC95%: 1,09-1,65) e 2,43 (IC95%: 1,65-3,58). As estimativas referentes ao ozônio encontram-se apresentadas na Figura 6.

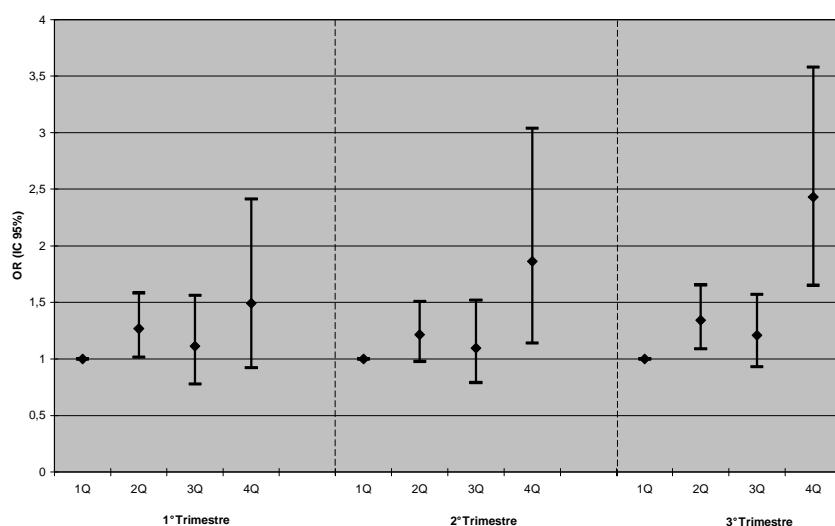


Figura 6. Riscos Relativos (RR) ajustados e intervalos de confiança de 95% para baixo peso ao nascer por quartis de exposição ao  $O_3$  em cada trimestre de gestação (Modelo A).

A Figura 7 mostra as estimativas de efeitos do  $O_3$  considerando o Modelo B. Neste modelo, com a exclusão dos prematuros e dos casos de gestação múltipla, observou-se que efeitos nos três trimestres de gestação.

Contudo, apenas no quarto intervalo interquartil do terceiro trimestre a associação observada foi significativa ( $RR=2,72$ ; IC95%:1,71-4,34).

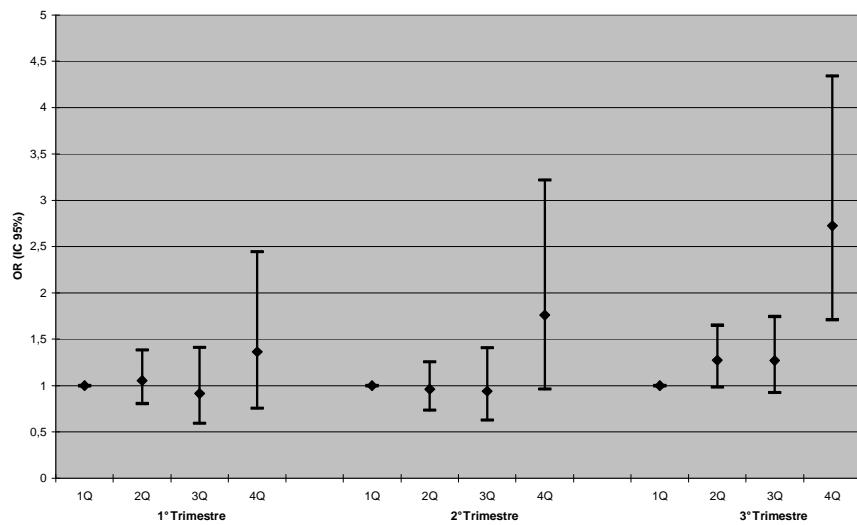


Figura 7. Riscos Relativos (RR) ajustados e intervalos de confiança de 95% para baixo peso ao nascer por quartis de exposição ao O<sub>3</sub> em cada trimestre de gestação (Modelo B).

Com relação aos efeitos do MP<sub>10</sub>, apenas no terceiro intervalo interquartil do terceiro trimestre de gestação não foi verificada associação positiva entre o poluente e o desfecho. No segundo intervalo interquartil do primeiro trimestre a associação foi significativa e igual a 1,22 (IC95%:1,00-1,49). No segundo trimestre foram observados aumentos significativos no segundo e no quarto intervalo interquartil, iguais a 1,32 (IC95%:1,08-1,61) e 1,70 (IC95%:1,23-2,35), respectivamente. No quarto intervalo interquartil do terceiro trimestre também foi observada associação estatisticamente significativa ( $RR=2,00$ ; IC95%:1,42-2,80). A Figura 8 mostra as estimativas de efeitos relacionadas a este poluente.

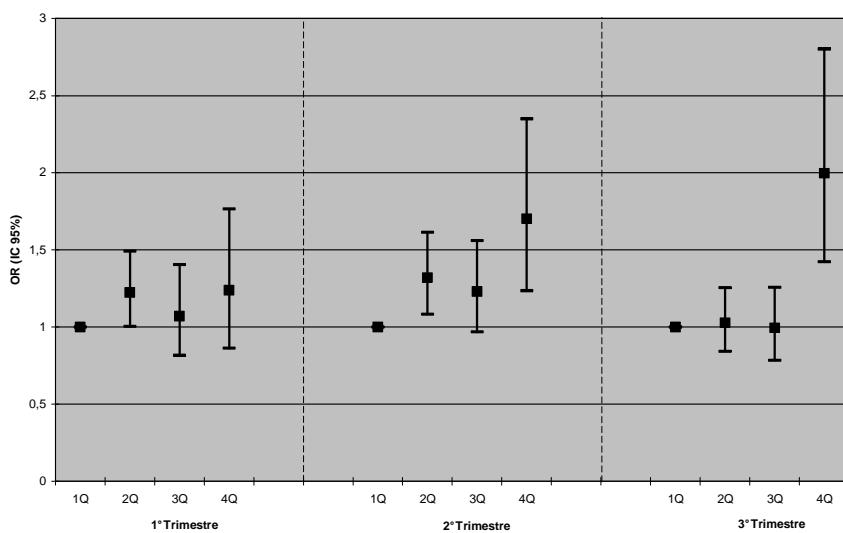


Figura 8. Riscos Relativos (RR) ajustados e intervalos de confiança de 95% para baixo peso ao nascer por quartis de exposição ao  $\text{MP}_{10}$  em cada trimestre de gestação (Modelo A).

A Figura 9 retrata as estimativas de efeitos do  $\text{MP}_{10}$ , considerando o Modelo B. As estimativas no quarto intervalo interquartil do segundo e do terceiro trimestre foram positivas e estatisticamente significativas, mostrando, respectivamente, aumento de 1,69 (IC95%:1,14-2,50) e de 2,084 (IC95%:1,37-3,17). No primeiro trimestre os efeitos observados foram não significativos para todos os quartis, sendo a associação positiva no segundo e quarto quartis e negativa no terceiro quartil. O segundo e terceiro intervalo interquartil do segundo trimestre apresentaram associação positiva, mas não significante. No terceiro trimestre foram observadas associações negativas no segundo e terceiro intervalos interquartis.

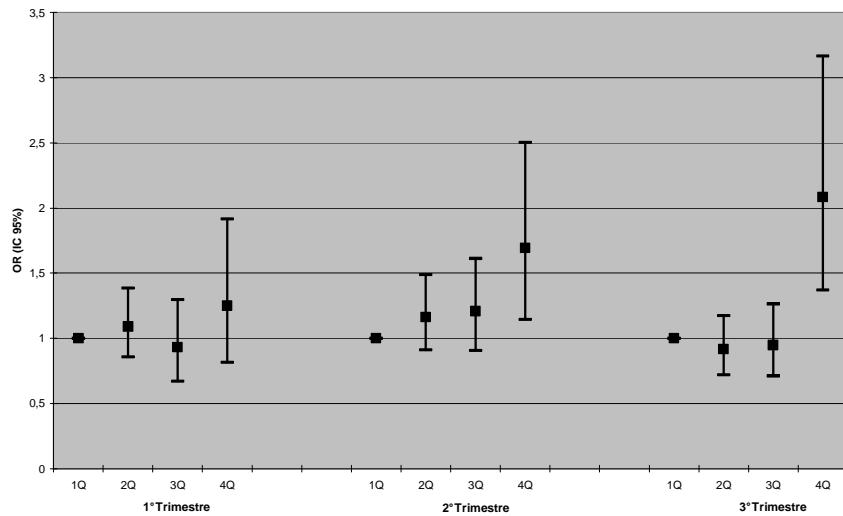


Figura 9. Riscos Relativos (RR) ajustados e intervalos de confiança de 95% para baixo peso ao nascer por quartis de exposição ao  $\text{MP}_{10}$  em cada trimestre de gestação (Modelo B).

A exposição materna ao  $\text{SO}_2$ , considerando o Modelo A, apresentou associação positiva e não significativa no segundo intervalo interquartil do primeiro trimestre. Para todos os demais intervalos interquartis e trimestres a associação foi negativa, conforme pode ser verificado na Figura 10.

Com relação aos efeitos deste poluente, quando considerado o modelo B, em que os prematuros e os casos de gravidez múltipla foram excluídos, somente o segundo e o terceiro intervalos interquartis do primeiro trimestre apresentaram associação positiva com o baixo peso, mas sem significância estatística. Para todos os outros intervalos e trimestres a associação verificada foi negativa, como representado na Figura 11.

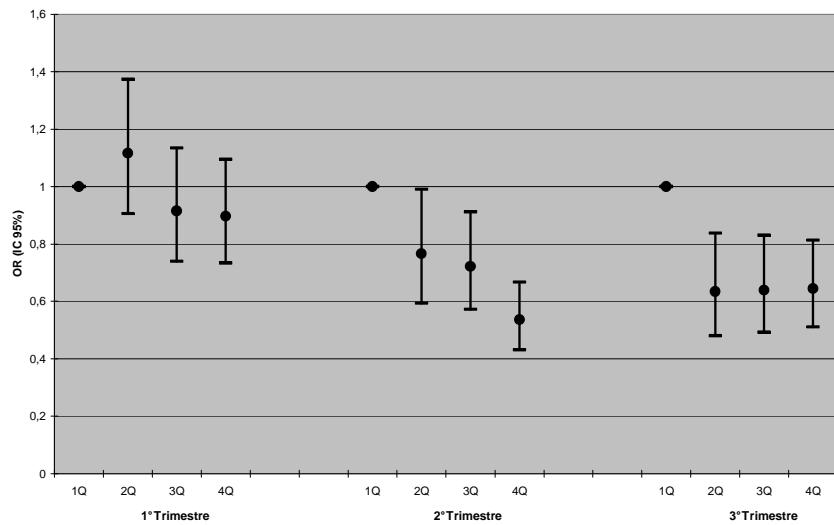


Figura 10. Riscos Relativos (RR) ajustados e intervalos de confiança de 95% para baixo peso ao nascer por quartis de exposição ao  $\text{MP}_{10}$  em cada trimestre de gestação (Modelo B).

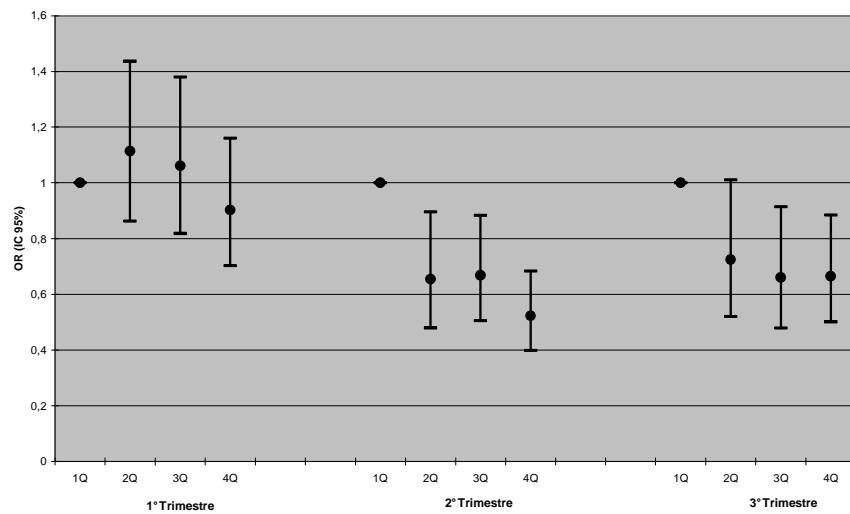


Figura 11. Riscos Relativos (RR) ajustados das e intervalos de confiança de 95% para baixo peso ao nascer por quartis de exposição ao  $\text{MP}_{10}$  em cada trimestre de gestação (Modelo B).

#### **4.2.2 – REGRESSÃO LINEAR PARA BAIXO PESO AO NASCER**

Os resultados da regressão linear multivariada, na Tabela 12, mostraram que a exposição materna ao ozônio no terceiro trimestre de gravidez ocasionou o decréscimo no peso ao nascer de 1,95 g, estatisticamente significativo, para cada incremento de 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  na média da exposição materna ao poluente, quando considerado o Modelo A. Ainda que as demais associações positivas não tenham sido estatisticamente significativas, as mesmas foram observadas no primeiro e segundo trimestre para a exposição materna ao  $\text{O}_3$  e no segundo e terceiro trimestre para a exposição às partículas inaláveis. A exposição ao  $\text{SO}_2$  mostrou acréscimo de peso em todos os trimestres de gestação, embora com significância estatística apenas no segundo trimestre.

Considerando o Modelo B, foi verificada a diminuição do peso ao nascer associada à exposição materna ao ozônio (três trimestres), às partículas inaláveis (segundo e terceiro trimestres) e dióxido de enxofre (primeiro trimestre), porém sem significância estatística. A exposição às partículas inaláveis, no primeiro trimestre, e ao dióxido de enxofre, nos segundo e terceiro trimestres, apontaram para um acréscimo no peso ao nascer, somente estatisticamente significativo para a exposição ao  $\text{SO}_2$ .

Tabela 12 – Análise multivariada das concentrações médias de ozônio ( $O_3$ ), partículas inaláveis ( $MP_{10}$ ) e dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) por trimestre de gestação, em Volta Redonda, no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2006

FATORES DE RISCO	Baixo peso ao nascer Modelo A <sup>1</sup>		Baixo peso ao nascer Modelo B <sup>2</sup>		
	RR <sup>3</sup>	IC <sup>4</sup> 95%	RR	IC 95%	
$O_3$	1º. Trimestre	-0,76	-2,65; 1,12	-0,17	-2,03; 1,69
	2º. Trimestre	-1,37	-3,00; 0,25	-0,26	-1,90; 1,38
	3º. Trimestre	-1,95	-3,55; -0,35	-1,30	-2,89; 0,30
$MP_{10}$	1º. Trimestre	0,41	-4,64; 5,46	0,82	-4,18; 5,81
	2º. Trimestre	-2,29	-7,05; 2,46	-1,74	-6,45; 2,97
	3º. Trimestre	-2,44	-7,05; 2,17	-1,09	-5,76; 3,50
$SO_2$	1º. Trimestre	1,53	-14,51; 17,57	-3,93	-19,79; 11,92
	2º. Trimestre	16,75	4,95; 28,54	10,99	-0,69; 22,68
	3º. Trimestre	8,05	-2,89; 19,00	4,96	-5,93; 15,86

<sup>(1)</sup> Modelo A: Incluídos todos os nascidos vivos, no período considerado. Ajustado para: prematuridade, local de nascimento, tipo de gravidez, consultas de pré-natal, sexo do bebê, idade da mãe, paridade, temperatura média por trimestre da gestação e umidade relativa do ar média por trimestre da gestação.

<sup>(2)</sup> Modelo B: Excluídos os recém-nascidos prematuros e os casos de gravidez múltipla, no período considerado. Ajustado para: Local de nascimento, consultas de pré-natal, sexo do bebê, idade materna, paridade, temperatura média por trimestre da gestação e umidade relativa do ar média por trimestre da gestação.

<sup>(3)</sup> RR = Risco Relativo.

<sup>(4)</sup> IC = Intervalo de confiança.

#### 4.2.3 – REGRESSÃO LOGÍSTICA PARA PREMATURIDADE

Os resultados da análise de regressão logística bruta (Tabela 13), considerando todos os nascidos vivos no período analisado (Modelo C), mostraram significância estatística na associação com prematuridade das variáveis de confusão tipo de gravidez, tipo de parto, consultas de pré-natal, idade materna, estado civil materno, escolaridade da mãe, paridade e malformação congênita. Quando na análise foram considerados somente os casos de gravidez única (Modelo D), as variáveis que apresentaram

significância estatística em sua relação com o desfecho foram consultas de pré-natal, idade materna, estado civil materno, escolaridade da mãe, paridade e malformação congênita.

Tabela 13 - Análise bivariada<sup>1</sup> dos fatores de risco para prematuridade, no município de Volta Redonda/RJ – 2003 a 2006

FATORES DE RISCO	Prematuridade Modelo C <sup>2</sup>		Prematuridade Modelo D <sup>3</sup>	
	RR <sup>4</sup>	IC <sup>5</sup> 95%	RR	IC 95%
Local de nascimento	2,10	0,62 – 7,14	2,47	0,72 – 8,45
Tipo de gravidez	9,27	7,23 – 11,88	-	-
Tipo de parto	1,21	1,06 – 1,38	1,10	0,96 – 1,26
Consultas de pré-natal	3,52	3,08 – 4,01	3,74	3,26 – 4,30
Sexo do recém-nascido	0,89	0,78 – 1,02	0,90	0,79 – 1,04
Idade da mãe				
≤ 19 anos	1,35	1,14 – 1,60	1,39	1,16 – 1,65
20 – 34 anos <sup>6</sup>	1,00		1,00	-
≥ 35 anos	1,55	1,28 – 1,88	1,40	1,14 – 1,73
Estado civil da mãe				
Casada <sup>6</sup>	1,00		1,00	-
Solteira	1,23	1,07 – 1,40	1,19	1,03 – 1,37
Outros (viúva e separada)	1,41	0,96 – 2,07	1,33	0,88 – 2,01
Escolaridade da mãe (em anos de estudos)				
≤ 3 anos	1,00	0,71 – 1,40	1,11	0,78 – 1,56
4 – 7 anos	1,26	1,04 – 1,52	1,26	1,04 – 1,54
8 – 11 anos	1,18	0,99 – 1,40	1,19	0,99 – 1,43
≥ 12 anos (Referência)	1,00	-	1,00	-
Paridade				
Nenhum filho	1,18	1,03 – 1,35	1,25	1,08 – 1,44
1 – 2 filhos <sup>6</sup>	1,00		1,00	-
≥ 3 filhos	0,96	0,74 – 1,24	0,92	0,69 – 1,23
Anomalia congênita	1,95 <sup>7</sup>	1,00 – 3,81	2,21	1,13 – 4,31

<sup>(1)</sup> Regressão logística bruta.

<sup>(2)</sup> Modelo C: Incluídos todos os nascidos vivos, no período considerado.

<sup>(3)</sup> Modelo B: Excluídos os casos de gravidez múltipla, no período considerado.

<sup>(4)</sup> RR = Risco Relativo.

<sup>(5)</sup> IC = Intervalo de confiança.

<sup>(6)</sup> Categoria de referência.

<sup>(7)</sup> p=0,05.

Na análise multivariada foram empregadas todas as variáveis acima relacionadas, aquelas que mantiveram a significância estatística foram incluídas nos modelos finais para a estimativa do efeito de cada poluente sobre a prematuridade (Tabela 14). Nos modelos finais foram excluídas as variáveis: estado civil e escolaridade da mãe, em função de não apresentarem se apresentarem estatisticamente significativas. Com vistas ao controle sazonal foram incluídas as variáveis temperatura média e umidade relativa do ar média para cada trimestre de gestação, nos modelos finais.

Tabela 14 - Análise multivariada<sup>1</sup> dos fatores de risco para prematuridade, no município de Volta Redonda/RJ – 2003 a 2006

FATORES DE RISCO	Prematuridade C <sup>2</sup>	Modelo	Prematuridade D <sup>3</sup>	Modelo
	RR <sup>4</sup>	IC <sup>5</sup> 95%	RR	IC 95%
Tipo de gravidez	9,77	7,46 – 12,79	-	-
Tipo de parto	1,42	1,21 – 1,66	-	-
Consultas de pré-natal	4,18	3,62 – 4,84	3,16	3,59 – 4,83
Idade da mãe				
≤ 19 anos	1,04	0,86 – 1,27	1,02	0,84 – 1,25
20 – 34 anos <sup>6</sup>	1,00	-	1,00	-
≥ 35 anos	1,58	1,28 – 1,96	1,64	1,3 – 2,06
Paridade				
Nenhum filho	1,38	1,18 – 1,62	1,44	1,22 – 1,69
1 – 2 filhos <sup>6</sup>	1,00	-	1,00	-
≥ 3 filhos	0,70	0,52 – 0,93	0,68	0,50 – 0,91
Anomalia congênita	2,04	1,02 – 4,10	2,05	1,02 – 4,11

<sup>(1)</sup> A análise multivariada considerou todas as variáveis apresentadas na Tabela como variáveis independentes.

<sup>(2)</sup> Modelo C: Incluídos todos os nascidos vivos, no período considerado.

<sup>(3)</sup> Modelo D: Excluídos os casos de gravidez múltipla, no período considerado.

<sup>(4)</sup> RR = Risco Relativo.

<sup>(5)</sup> IC = Intervalo de confiança.

<sup>(6)</sup> Categoria de referência.

Os riscos relativos (RR) resultantes da inclusão das variáveis independentes nos modelos finais são apresentados na Tabela 15. A exposição materna ao O<sub>3</sub> e ao MP<sub>10</sub> apresentou associação negativa com a prematuridade para todos os trimestres de gestação.

Com relação à exposição materna ao dióxido de enxofre, nos dois modelos usados foram observadas associações positivas e estatisticamente significativas com a prematuridade em todos os trimestres de gestação.

Tabela 15 – Análise multivariada das concentrações médias de ozônio (O<sub>3</sub>), partículas inaláveis (MP<sub>10</sub>) e dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) por trimestre de gestação, em Volta Redonda, no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2006

	FATORES DE RISCO	Prematuridade	Modelo	Prematuridade	Modelo
		C <sup>1</sup>	RR <sup>3</sup>	IC <sup>4</sup> 95%	RR
O <sub>3</sub>	1º. Trimestre	0,97	0,97	0,96 – 0,99	0,98
	2º. Trimestre	0,96	0,96	0,95 – 0,98	0,97
	3º. Trimestre	0,97	0,97	0,96 – 0,98	0,97
MP <sub>10</sub>	1º. Trimestre	0,91	0,91	0,87 – 0,95	0,91
	2º. Trimestre	0,91	0,91	0,87 – 0,95	0,92
	3º. Trimestre	0,95	0,95	0,92 – 0,99	0,96
SO <sub>2</sub>	1º. Trimestre	1,29	1,29	1,14 – 1,46	1,25
	2º. Trimestre	1,28	1,28	1,16 – 1,41	1,27
	3º. Trimestre	1,27	1,27	1,17 – 1,38	1,25

<sup>(1)</sup> Modelo C: Incluídos todos os nascidos vivos, no período considerado. Ajustado para tipo de gravidez, tipo de parto, consultas de pré-natal, idade da mãe, paridade, temperatura média por trimestre da gestação e umidade relativa do ar média por trimestre da gestação.

<sup>(2)</sup> Modelo D: Excluídos os casos de gravidez múltipla, no período considerado. Ajustado para: tipo de parto, consultas de pré-natal, idade da mãe, paridade, temperatura média por trimestre da gestação e umidade relativa do ar média por trimestre da gestação.

<sup>(3)</sup> RR = Risco Relativo.

<sup>(4)</sup> IC = Intervalo de confiança.

Na Figura 12 são apresentadas as medidas de associação para cada intervalo interquartil da distribuição da concentração de SO<sub>2</sub> por trimestre de gestação, no modelo em que todos os nascidos vivos foram considerados (Modelo C). No primeiro trimestre foi observado efeito estatisticamente significativo com aumento de 1,34 relacionado ao quarto intervalo interquartil. Uma perfeita relação dose-resposta estatisticamente significativa foi observada no segundo trimestre, com um aumento de 1,36, 1,50 e 1,53, respectivamente, no segundo, terceiro e quarto intervalos interquartis. Os efeitos verificados no terceiro trimestre também refletiram aumentos com significância estatística ( $RR_{2^o\text{Quartil}}=1,56$ ; IC95%:1,21-2,00;  $RR_{3^o\text{Quartil}}=2,28$ ; IC95%:1,79-2,91;  $RR_{4^o\text{Quartil}}=1,84$ ; IC95%:1,46-2,33).

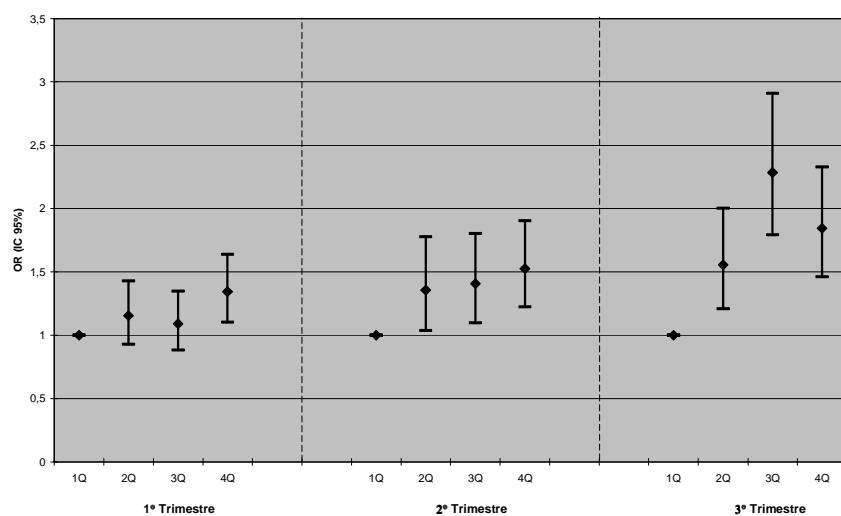


Figura 12. Riscos Relativos (RR) ajustados e intervalos de confiança de 95% para prematuridade por quartis de exposição ao SO<sub>2</sub> em cada trimestre de gestação (Modelo C).

No Modelo D, em que os casos de gravidez gemelares foram excluídos, foi verificado no primeiro trimestre um aumento estatisticamente significativo de 1,27, referente ao quarto intervalo interquartil, no efeito do dióxido de enxofre sobre a prematuridade. No segundo trimestre de gestação o aumento do efeito foi verificado para o terceiro e para o quarto intervalos interquartis da concentração média do poluente ( $RR_{3^{\circ}\text{Quartil}}=1,31$ ; IC95%:1,01-1,69;  $RR_{4^{\circ}\text{Quartil}}=1,46$ ; IC95%:1,16-1,83). Os efeitos observados para o  $\text{SO}_2$  no terceiro trimestre também foram significativos para os segundo, terceiro e quarto intervalos interquartis, respectivamente iguais a aumentos de 1,42, 2,15 e 1,74 (Figura 13).

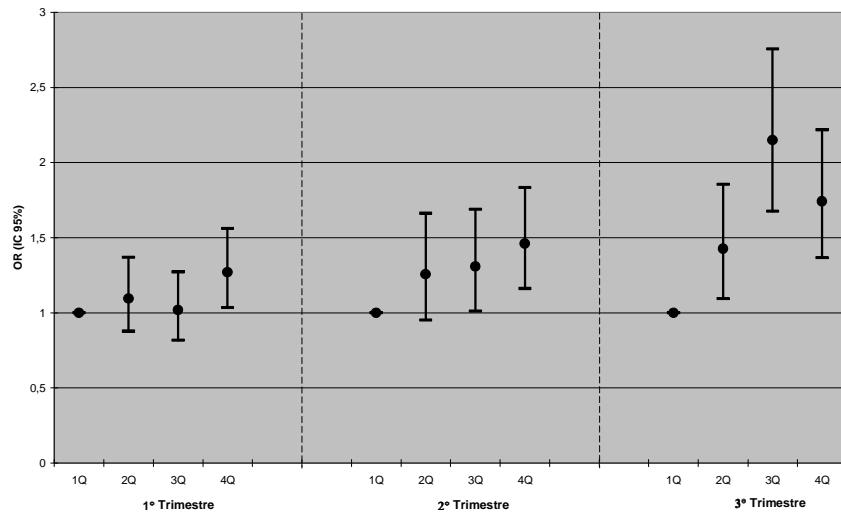


Figura 13. Riscos Relativos (RR) ajustados e intervalos de confiança de 95% para prematuridade por quartis de exposição ao  $\text{SO}_2$  em cada trimestre de gestação (Modelo D).

## Capítulo 5 – Discussão

O baixo peso ao nascer e a prematuridade são importantes indicadores de saúde pública. Do ponto de vista individual, estes desfechos encontram-se relacionados à mortalidade e morbidade fetal e neonatal, à inibição do crescimento, seqüelas neurológicas e comportamentais, entre outros (Lumley, 2003; WHO, 2004; Saigal, Doyle, 2008; Petrini et al., 2009). De acordo com Baker et al. (2008), Basso (2008), Saigal e Doyle (2008), Evensen et al. (2009) estes desfechos estão também relacionados à mortalidade e ao surgimento de doenças crônicas na fase adulta, como hipertensão arterial, obesidade e diabetes.

Por outro lado, quando referidos em termos populacionais refletem a relação existente com vários determinantes sociais da saúde, como classe social (normalmente associado à renda familiar e nível de escolaridade), condições de trabalho, nutrição materna, acesso a serviços essenciais (como saúde e educação), entre outros (Kramer, 2003; Moutquin, 2003; WHO, 2003; Saigal, Doyle, 2008; Goldenberg et al. 2008).

Os determinantes sociais da saúde (DSS) são, segundo Tarlov (1996)<sup>5</sup> citado por Buss & Pellegrini Filho (2007), compreendidos como as características sociais dentro das quais a vida transcorre. Na definição adotada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) são as condições sociais sob as quais as pessoas vivem e trabalham (Buss, Pellegrini Filho, 2007). No Brasil, a Comissão Nacional sobre os Determinantes Sociais da Saúde (CNDSS, 2005) comprehende os DSS como "fatores sociais, econômicos, culturais, étnico-raciais, psicológicos e comportamentais que influenciam a ocorrência de problemas de saúde e seus fatores de risco na população".

A CNDSS, com vistas à organização de suas ações, adotou um modelo proposto por Dahlgren e Whitehead que esquematiza as relações entre os vários níveis de determinantes sociais e a situação de saúde (CNDSS, 2008). Neste esquema os DSS são dispostos em camadas que variam desde comportamentos e estilos de vida, situadas em um nível próximo às características individuais – como idade, sexo e fatores genéticos, até um nível maior, onde se localizam questões relacionadas às condições econômicas, culturais e ambientais (CNDSS, 2008). Ainda de acordo com esse modelo, há um nível intermediário onde estão representadas as condições de vida e trabalho, incorporando determinantes relacionados ao ambiente, serviços sociais de saúde, educação, desemprego, entre outros.

---

<sup>5</sup> Tarlov A. Social Determinants of Health: the sociobiological translation. In: Blane D; Brunner E; Wilkinson (Eds.). *Health and Social Organization*. London: Routledge; 1996. p. 71-93.

Solar e Irwin (2005), reforçam a importância das intervenções precoces sobre os determinantes sociais da saúde, uma vez que "as circunstâncias sociais influenciam a saúde em todas as etapas da vida, mas tem um efeito particularmente forte *in utero*, na pequena infância e na infância".

Esta pesquisa evidenciou o peso dos fatores de risco para os desfechos indesejáveis da gravidez estudados, enfatizando aqueles diretamente relacionados com os determinantes sociais da saúde, corroborando assim com a afirmação de Solar e Irwin (2005). Os resultados do estudo apresentaram consistência de suas associações quando comparadas com os resultados de outras pesquisas epidemiológicas similares, conforme será descrito ao longo deste capítulo.

Kramer (1987, 2003), Moutquin (2003) e Bernabé et al. (2004), em suas excelentes revisões, identificaram potenciais fatores de risco para o baixo peso ao nascer e para a prematuridade, que podem ser distribuídos, segundo o modelo proposto por Dahlgren e Whitehead para a compreensão da determinação social da saúde, em: (a) Determinantes relacionados aos comportamentos e estilo de vida – incluindo fatores nutricionais (ganho de peso materno inadequado durante a gestação, carências vitamínicas maternas, gasto energético em atividades físicas etc.), fatores obstétricos (relacionados à paridade, intervalo entre os nascimentos, atividade sexual), exposições tóxicas (consumo de álcool, tabagismo, uso de drogas, entre outras); (b) Determinantes relacionados às condições de trabalho –

exposições a substâncias tóxicas, trabalho pesado e/ou estressante; (c) Determinantes relacionados ao acesso a serviços essenciais, como saúde e educação – incluindo a assistência de pré-natal e acesso à educação formal; (d) Determinantes relacionados às condições socioeconômicas – incluindo a disponibilidade de alimentos, estado civil materno, entre outros; (e) Determinantes ambientais – relacionados à exposição aos diversos tipos de poluição, a vetores em áreas endêmicas (malária).

No estudo, considerando os fatores relacionados às características da mãe e do recém-nascido, foi verificado um aumento do risco para baixo peso quando a idade materna foi igual ou superior a 35 anos (tendo como referência a faixa etária entre 20 e 34 anos), quando se tratava de primeira gestação (tendo como referência a ocorrência prévia de uma ou duas gravidez) e quando o recém-nascido foi do sexo feminino, similarmente aos achados de outros estudos (Costa, Gotlieb, 1998; Monteiro et al., 2000; Nascimento, Gotlieb, 2001; Guimarães e Velásquez-Meléndez, 2002; Giglio et al., 2005; Kassar, 2005; Azenha et al., 2008; Carniel et al., 2008).

A presença de malformação congênita também representou aumento de risco para baixo peso ao nascer, na população e no período estudados, tal como apresentado no estudo de Giglio et al. (2005). A idade gestacional menor que 37 semanas mostrou uma forte associação com o baixo peso ao nascer, como referido por Kramer (1987, 2003) e Ramachandran (2000), e mostrado nos estudos de Costa e Gotlieb (1998), Nascimento e Gotlieb

(2001), Guimarães e Velásquez-Meléndez (2002), Giglio et al. (2005), Azenha et al. (2008), Carniel et al. (2008).

O baixo nível de escolaridade materna apresentou associação positiva com a ocorrência de recém-nascidos de baixo peso, de maneira semelhante ao observado nos estudos conduzidos no Brasil por Monteiro et al. (2000), Guimarães e Velásquez-Meléndez (2002), Andrade et al. (2004), Leal et al. (2006) e Carniel et al. (2008). Neste estudo, baixo nível de escolaridade referiu-se àquelas mulheres com menos de oito anos completos de estudo, possivelmente, aquelas que não completaram o ensino fundamental. De acordo com o Estudo Socioeconômico 2007 – Volta Redonda (TCE, 2007), no período de 1998 a 2005, houve uma variação negativa de 16% no número de alunos que concluíram o ensino fundamental no município. Para este mesmo período foi verificada uma queda de 25% no número de alunos que completaram o ensino médio (TCE, 2007). Considerando que o nível de escolaridade é uma aproximação da condição socioeconômica materna (Costa, Gotlieb, 1998; Moutquin, 2003), com forte influência sobre os cuidados e/ou preocupação com a saúde (Neri, Soares, 2002; Haidar et al., 2005), e, consequentemente, sobre a redução no número de consultas de pré-natal (Silveira, Santos, 2004), pode-se verificar o importante papel desta variável na determinação social do peso ao nascer em Volta Redonda.

O acesso da população aos serviços e programas de saúde, neste estudo, foi avaliado levando em consideração à adequação do uso da

assistência de pré-natal. O Ministério da Saúde (2006) preconiza a realização de no mínimo seis consultas de pré-natal, para que sejam identificadas e controladas as possíveis situações de risco para a saúde da gestante e do feto e assistência seja considerada adequada, contudo como esta variável na DN é dividida em categorias e não permite o preenchimento desta classe, a adequação do pré-natal neste estudo foi considerada quando o número de consultas realizadas foi igual ou superior a sete, conforme adotado em outros estudos (Gama et al., 2001; Nascimento, Gotlieb, 2001; MS, 2006; Carniel et al., 2008). Os resultados mostraram aumento de risco para o baixo peso ao nascer quando foram realizadas menos de sete consultas de pré-natal, assim como os resultados de outros estudos (Gama et al., 2001; Nascimento, Gotlieb, 2001, Guimarães e Velásquez-Meléndez, 2002; Kassar et al., 2005; Azenha et al., 2008; Carniel et al., 2008). Dado o aumento do risco, pode-se imaginar que a oferta de pré-natal no município encontrava-se aquém das reais necessidades da população.

Bernabé et al. (2004) estimam que 40% das causas do baixo peso sejam devidas a fatores genéticos/hereditários (como o peso e altura maternos, fatores cromossômicos que fazem com que os meninos sejam mais pesados que as meninas, entre outros), enquanto 60% sejam devidas a fatores ambientais. O conceito de ambiente é sempre utilizado em um sentido amplo nos estudos médicos, indicando os fatores não genéticos como alimentação, estilos de vida e exposição a agentes infecciosos. Em um sentido mais específico, os fatores ambientais incluem somente os agentes (naturais ou antropogênicos) encontrados no cotidiano dos indivíduos e

sobre os quais eles possuam controle, ainda que limitado, ou não (Boffetta, 2004). Neste sentido mais específico os fatores ambientais estão relacionados à poluição atmosférica, à contaminação do solo e da água.

Assim, partindo deste conceito mais específico aplicado aos fatores ambientais, foi investigada contribuição da exposição materna aos níveis de poluição atmosférica sobre a ocorrência de baixo peso ao nascer e de prematuridade. A análise estatística foi feita através de modelos de regressão que permitiram o controle das covariáveis, anteriormente citadas, na estimativa de risco à saúde pré-natal decorrente da exposição às partículas inaláveis, ao dióxido de enxofre e ao ozônio, conforme sugerido por Ritz e Wilhelm (2008) e Slama et al. (2008).

De acordo com o preconizado na Resolução nº 003/90 (Brasil, 1990), o padrão primário e secundário de qualidade do ar para o ozônio não deve exceder mais de uma vez por ano a concentração de 160 µg/m<sup>3</sup>. A Organização Mundial da Saúde, dadas as evidências encontradas em estudos epidemiológicos observacionais e experimentais, recomenda o limite de 100µg/m<sup>3</sup> (WHO, 2006). No município estudado as medidas deste poluente ultrapassaram o valor recomendado pela OMS, porém não os determinados pelo CONAMA (Figura 3). Nos dados brutos relacionados a este poluente, antes da exclusão dos extremos, verificou-se um percentual de violação diária ao padrão do CONAMA menor que 0,5% no período analisado.

Para as partículas inaláveis, tanto o padrão primário quanto o secundário não devem exceder a concentração média aritmética anual de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e nem a concentração média de 24 horas de 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , esta última não devendo ser excedida mais de uma vez por ano (Brasil, 1990). A WHO (2006), por sua vez, sugere que os níveis de MP<sub>10</sub> sejam reduzidos para 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (concentração média anual) e para 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (concentração média de 24 horas). Com relação às concentrações médias deste poluente em Volta Redonda, os níveis observados, ao longo do período estudo (Figura 4), foram inferiores aos dois valores definidos pelo CONAMA. Por outro lado, as concentrações de MP<sub>10</sub> ultrapassaram os dois padrões recomendados pela OMS.

Para o dióxido de enxofre, o CONAMA (Brasil, 1990) define limites distintos para o padrão primário e secundário. O padrão primário não deve exceder a concentração média aritmética anual de 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e nem a concentração média de 24 horas de 365  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , esta não deve ser ultrapassada mais de uma vez por ano. Já os padrões secundários não devem exceder 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (concentração média anual) e 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (concentração média de 24 horas). Em Volta Redonda, conforme mostrado na Figura 5, as concentrações médias encontravam-se bem abaixo dos valores estabelecidos para os dois padrões. Contudo, quando considerado o padrão recomendado pela WHO (2006), igual a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (concentração média de 24 horas), foi observado que as concentrações médias diárias ultrapassaram o valor recomendado, com freqüência de violação inferior a 0,2% no período.

No período analisado, as concentrações dos poluentes atmosféricos no município de Volta Redonda não estiveram acima do recomendado pela legislação brasileira. A concentração média anual de SO<sub>2</sub> verificado foi da ordem de 10% do padrão secundário preconizado pelo CONAMA. As concentrações de O<sub>3</sub> e de MP<sub>10</sub> corresponderam, respectivamente, a 35% e 70% dos padrões recomendados pela legislação brasileira.

A sazonalidade é um dos fatores de confusão considerados quando se deseja investigar os efeitos adversos da gravidez (Slama et al., 2008). O artigo de Woodruff et al. (2009) menciona fatores relacionados à variação sazonal, como variação na temperatura e em outros parâmetros meteorológicos, suscetibilidade aumentada a alergias, disponibilidade de alimentos, entre outros, que podem explicar as diferenças observadas em estudos que investigaram as associações entre sazonalidade e baixo peso. Slama et al. (2008) sugerem que parte da associação está relacionada a variabilidade nos níveis dos próprios poluentes e afirmam que a forma mais adequada para controle da sazonalidade nos modelos de análise é a que permite o ajuste dos fatores que variam sazonalmente. O ajuste apenas pela estação do ano, por exemplo, não permite evidenciar as variabilidades que podem ocorrer dentro de cada período, como as de temperatura e umidade relativa do ar (Woodruff et al., 2009). Alguns estudos já evidenciaram a contribuição da temperatura para explicar a sazonalidade observada no baixo peso, indicando principalmente a importância das baixas temperaturas (Murray et al., 2000; Elter et al., 2004; Lawlor et al., 2005). Neste estudo, as médias por trimestre de gestação da temperatura e da umidade relativa do

ar média, foram usadas para o controle da sazonalidade dos desfechos estudados.

A partir da construção de modelos de regressão, ajustados para as covariáveis acima relacionadas, a contribuição da poluição atmosférica nos desfechos estudados foi verificada para cada trimestre de gestação. A identificação de períodos críticos durante a gestação, quando a exposição aos poluentes se associa aos danos à saúde e ao desenvolvimento fetal, é um dos grandes desafios metodológicos nos estudos que investigam essa relação causal. Os estudos conduzidos até este momento ainda não apontaram um período específico de suscetibilidade. Uma maior suscetibilidade pode estar relacionada ao início da gravidez, quando há a implantação e desenvolvimento da placenta, ou ao seu término, quando a velocidade de crescimento do feto é maior (Woodruff et al., 2009). Como explicado no Capítulo 3, neste estudo foi utilizada a janela trimestral de exposição para a comparabilidade com outras pesquisas realizadas.

A exposição materna ao ozônio durante o segundo e o terceiro trimestres de gestação mostrou um aumento, estatisticamente significativo, de 1,03 para nascimentos com baixo peso. Relações de dose-resposta foram observadas nos três trimestres de gestação, contudo no segundo trimestre ( $RR_{2^{\circ}\text{Trim}/4^{\circ}\text{QT}}=1,86, \text{IC95\%}:1,14-3,04$ ) e no terceiro ( $RR_{3^{\circ}\text{Trim}/2^{\circ}\text{QT}}=1,34, \text{IC95\%}:1,09-1,65; RR_{3^{\circ}\text{Trim}/4^{\circ}\text{QT}} = 2,43; \text{IC95\%}:1,65-3,58$ ) estas relações foram mais fortes. No modelo em que houve o controle para prematuridade, a exposição materna ao ozônio no terceiro trimestre de

gestação mostrou uma redução de peso estatisticamente significativa. Contudo o mesmo não ocorreu quando foram subtraídos da população os casos de prematuros. Porém, foi observada consistência destes resultados com o estudo conduzido na Califórnia (EUA), entre 1975 e 1987, que mostrou associação entre a exposição materna ao ozônio nos segundo e terceiro trimestres de gravidez e a redução do peso ao nascer (Salam et al., 2005).

Embora poucos estudos tenham avaliado os efeitos do ozônio sobre esses desfechos da gravidez e encontrado associações positivas com significância estatística, os resultados deste estudo foram coerentes com o estudo realizado por Ha et al. (2001) em Seul, na Coréia do Sul, no período entre 1996 e 1997, que encontrou um aumento de risco para baixo peso ao nascer igual a 1,09 (IC95%:1,04-1,14) para cada intervalo interquartil da concentração de ozônio no terceiro trimestre de gestação.

Com relação aos efeitos do O<sub>3</sub> sobre a prematuridade, não foi verificada associação positiva em nenhum trimestre de gestação, ao contrário foi verificado um efeito protetor em todos os trimestres.

Os estudos brasileiros conduzidos por Gouveia et al. (2004) e Medeiros e Gouveia (2005), no município de São Paulo, e por Junger e Leon (2007), no município do Rio de Janeiro, utilizaram também dados do Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos (SINASC) e mostraram associações positivas, mas não significativas, entre a exposição materna ao O<sub>3</sub>, em

intervalos interquartis, nos primeiro e segundo trimestre de gestação e baixo peso ao nascer.

Em termos de trimestres críticos para a exposição materna às partículas inaláveis, os resultados apontaram para um aumento de risco, significativamente estatístico, de 1,06 para baixo peso nos segundo e terceiro trimestres de gestação, em ambos os modelos usados. Levando em consideração o modelo em que todos os nascidos vivos foram considerados, relações dose-resposta foram observadas no segundo intervalo interquartil da concentração do poluente durante o primeiro trimestre de gestação, nos segundo e quarto intervalos interquartis durante o segundo trimestre e no quarto intervalo interquartil durante o terceiro trimestre.

Estudo similar, considerando todos os nascidos vivos e controlando por idade gestacional e outras covariáveis, foi desenvolvido em Massachusetts e Connecticut, no período entre 1999 e 2002, e mostrou associação significativa entre baixo peso ao nascer e exposição materna no terceiro trimestre de gestação (Bell et al., 2007).

Lee et al. (2003), em estudo realizado em Seul, na Coréia do Sul, também controlando para covariáveis, incluindo idade gestacional, evidenciaram o risco para peso ao nascer associado à exposição materna no segundo trimestre de gestação.

Considerando o modelo em que foram excluídos os casos de recém-natos prematuros, a relação dose-resposta foi significativa no quarto

intervalo interquartil dos dois trimestres acima citados ( $RR_{2^{\text{o}}\text{Trim}/4^{\text{o}}\text{IQT}}=1,70, \text{IC95\%}:1,24-2,35$ ;  $RR_{3^{\text{o}}\text{Trim}/4^{\text{o}}\text{IQT}}=2,00; \text{IC95\%}:1,42-2,80$ ).

Resultado similar, referente à exposição no segundo trimestre de gestação, foi observado no estudo conduzido Mannes et al. (2005), em Sidney, Austrália, no período entre 1998 e 2000, que também apresentou um pequeno efeito adverso sobre peso ao nascer ( $OR=1,02; \text{IC95\%}:1,01-1,03$ ), para uma concentração média de  $MP_{10}$ , no período, cerca de 50% menor que a verificada neste estudo.

Na Califórnia/EUA, um estudo semelhante a este modelo foi realizado entre 1994 e 2000 e mostrou aumento do risco para baixo peso ao nascer devido à exposição materna ao  $MP_{10}$  durante o terceiro trimestre de gestação (Wilhelm e Ritz, 2005).

Ambos os estudos brasileiros foram conduzidos com a exclusão dos recém-nascidos prematuros. No estudo conduzido na cidade de São Paulo por Gouveia et al. (2004), em 1997, para uma concentração média anual de partículas inaláveis da ordem de  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , foi mostrada uma relação dose-resposta positiva e significativa,  $OR=1,25 \text{ IC95\%}:1,03-1,52$ , entre a concentração do poluente no quarto intervalo interquartil do segundo de trimestre e o baixo peso ao nascer.

Junger e Leon (2007) investigaram a associação entre exposição a  $MP_{10}$  e baixo peso ao nascer na cidade do Rio de Janeiro, analisando dados referentes ao ano de 2002, e encontraram aumento não significativo no

quarto intervalo interquartil da concentração do poluente no terceiro trimestre de gestação.

Não foram observadas associações positivas entre a exposição materna ao material particulado e casos de recém-nascidos prematuros. Assim, como mostrado na análise com ozônio foi verificado efeito protetor em todos os trimestres de gestação.

A exposição materna ao dióxido de enxofre não apresentou associações positivas e estatisticamente significativas com o baixo peso ao nascer. Por outro lado, quando o desfecho analisado foi a prematuridade, a associação foi positiva e estatisticamente significativa para todos os trimestres de gestação, nos dois modelos empregados. Em cada trimestre foi observada relação dose-resposta, igualmente nos dois modelos. No Brasil, os estudos realizados e publicados até o momento não realizaram este tipo de investigação. Todavia esta pesquisa mostrou coerência com resultados apresentados em outros estudos, citados a seguir.

Bobak (2000) realizou uma pesquisa na República Tcheca em 1991 e evidenciou o aumento no risco de prematuridade em função da exposição materna ao SO<sub>2</sub>, nos três trimestres de gestação.

Um estudo realizado em distrito da Croácia, próximo a uma termelétrica a carvão, mostrou uma redução na idade gestacional nos dois primeiros meses de gravidez relacionada à exposição materna a SO<sub>2</sub> (Mohorovic, 2004).

Na Pennsylvania (EUA), entre 1997 e 2001, um estudo mostrou que a exposição à concentração média do poluente seis semanas antes do nascimento aumentou o risco de prematuridade em 1,15 (Sagiv et al., 2005), logo pode-se dizer que houver concordância com o verificado em Volta Redonda no terceiro trimestre de gestação.

O estudo de Leem et al. (2006), realizado na Coréia do Sul, no período entre 2001 e 2002, mostrou um aumento no risco de prematuridade, após o ajuste para variáveis de confusão, para o quarto intervalo interquartil da concentração de SO<sub>2</sub> durante o primeiro trimestre de gravidez.

Jalaludin et al. (2007), também verificaram aumento do risco de prematuridade e poluição durante o primeiro trimestre de gestação, para nível médio de poluição cerca de 40% do observado em Volta Redonda.

Considerando a plausibilidade biológica dos efeitos observados, alguns autores têm apontado que os mecanismos de ação dos poluentes atmosféricos sobre efeitos perinatais adversos ainda não foram completamente especificados (Bell et al. 2007; Kannan et al., 2007; Brauer et al., 2008). Glinianaia et al. (2004) apontam três mecanismos de ação potenciais para a explicação dos efeitos do material particulado sobre a morbidade e mortalidade na fase adulta: resposta inflamatória que altera a coagulação sanguínea, resposta alérgica e alteração na função autonômica cardíaca resultando na redução da variabilidade da frequência cardíaca. Eles ressaltam ainda que todos esses mecanismos possam ser relevantes

também para o feto. Contudo, talvez, o mais importante mecanismo que contribui para os desfechos indesejáveis da gravidez seja a inflamação placentária provocada pela poluição, que implica na redução da eficiência da função placentária, com reflexos diretos sobre o crescimento e desenvolvimento fetal (Lee et al., 2003; Glinianaia et al., 2004).

Mohallem et al. (2005) realizaram um estudo experimental com animais expostos a condições ambientais reais na cidade de São Paulo, para a investigação dos efeitos da poluição atmosférica sobre a fertilidade em ratas fêmeas. Os resultados do estudo mostram que a poluição pode afetar a saúde reprodutiva de ratas fêmeas, caracterizando-se por uma redução no número de fetos viáveis e um grande número de falhas de implantação embrionária no grupo exposto.

Ainda em São Paulo, outro estudo foi conduzido por Veras et al. (2009), com vistas à identificação de efeitos sobre o sistema reprodutivo e efeitos adversos da gravidez de ratas fêmeas expostas a material particulado gerado pelo tráfego urbano em dois períodos distintos, antes da concepção e durante a gravidez. Os autores mostram que a exposição à poluição afetou o desenvolvimento fetal com redução no peso ao nascer, inclusive nos indivíduos cuja exposição ocorreu somente no período anterior à gestação.

Estes dois estudos foram conduzidos no Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da Faculdade de Medicina, da Universidade de

São Paulo, e de acordo com o grupo de pesquisadores os achados do primeiro estudo podem explicar os resultados deste segundo, ou seja, as falhas na implantação e desenvolvimento causadas pela exposição materna às mesmas condições ambientais podem representar um dos mecanismos envolvidos nos prejuízos observados no desenvolvimento fetal do grupo de ratas do segundo experimento (Veras et al., 2009).

Kannan et al. (2007), em sua revisão, traz à luz alguns dos possíveis mecanismos fisiológicos do material particulado sobre os efeitos adversos da gravidez. Os autores afirmam que a exposição ao poluente pode contribuir para o estresse oxidativo, que por sua vez dependendo da composição química do material particulado que o induz, pode afetar diretamente o embrião nas primeiras fases de desenvolvimento.

Outro mecanismo de ação do MP durante a gestação pode estar relacionado à ocorrência de inflamação aguda da placenta e do pulmão, que podem ser exacerbados dependendo da composição do material. A inflamação pode estar associada à perfusão placentária inadequada, que pode resultar em prejuízo à passagem transplacentária de nutrientes (Kannan et al., 2007).

A disfunção endotelial, que conduz ao processo de contração dos vasos sanguíneos, pode ser desencadeada pelo estresse oxidativo e pela inflamação aguda sistemática causados pela exposição materna ao material

particulado, conforme resumido por Brook et al. (2000)<sup>6</sup> citado por Kannan et al. (2007). As reações fisiopatológicas relacionadas à disfunção endotelial podem resultar no prejuízo ao crescimento fetal.

As mudanças observadas nos níveis de pressão sanguínea diastólica e sistólica são respostas hemodinâmicas observadas sob o contato com material particulado. Quando ocorrem processos maternos de mal adaptação hemodinâmica, pode haver o comprometimento do componente nutricional fetal, que por sua vez podem refletir no crescimento intra-uterino retardado (Kannan et al., 2007).

A viscosidade e a coagabilidade do sangue representa outro mecanismo potencial da toxicidade do MP. Segundo Kannan et al. (2007), a exposição ao material particulado pode também alterar os padrões de hemoglobina, plaquetas e células brancas do sangue, fato que potencialmente contribui para a associação entre MP e crescimento fetal adverso.

Como pode ser observado acima, ainda que não sejam conhecidas todas as fases referentes à ação tóxica dos poluentes atmosféricos, há indícios que indicam a necessidade e possíveis caminhos para o aprofundamento do conhecimento relativo às fases toxicocinética e toxicodinâmica da interação entre os contaminantes e os seres vivos. Não foi

---

<sup>6</sup> Brook RD, Franklin B, Cascio W, Hong Y, Howard G, Lipsett M et al. Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation*. 2004;109:2655-2671.

objeto deste estudo esgotar as questões referentes à plausibilidade biológica, mas tão somente apresentar um breve relato do que tem sido construído sobre esta questão. Slama et al. (2008) recomendam que sejam conduzidos estudos para a investigação sobre os possíveis efeitos da exposição aos contaminantes atmosféricos sobre a função endotelial, respostas inflamatórias e pressão arterial em mulheres grávidas, com vistas à verificar se constituem possíveis mecanismos da poluição sobre os desfechos relacionados à reprodução.

Esta pesquisa alcançou seu objetivo na medida em que proporcionou o conhecimento sobre a determinação ambiental sobre prematuridade e baixo peso ao nascer. Evidentemente, algumas limitações foram identificadas no presente estudo. Estas limitações estiveram relacionadas à inexistência, incompletude ou baixa qualidade de variáveis disponíveis nos registros sobre nascidos vivos e encontram-se agrupadas a seguir de acordo com o grupo de determinantes sociais da saúde com os quais se relacionam.

#### (a) Determinantes relacionados aos comportamentos e estilo de vida:

O Sinasc não contempla variáveis importantes para a identificação de outros fatores de risco para o baixo peso e prematuridade ao nascer, relacionados na literatura, tais como: ganho de peso materno durante a gestação, alimentação da gestante, atividades físicas da gestante (gasto energético), intervalo entre os nascimentos, consumo de álcool e de drogas ilícitas.

Atenção especial deveria ser dada à informação sobre tabagismo, ativo e/ou passivo. O tabagismo é reconhecidamente um fator de risco para várias causas de morbidade e mortalidade (Brasil , 2005), inclusive para prematuridade, baixo peso ao nascer e crescimento intra-uterino retardado (Nakamura et al., 2004; Triche, Hossain, 2007; Windham, Fenster, 2008; Stillerman et al., 2008). E, por estas razões deveria figurar entre as variáveis estruturantes do Sinasc e de outros sistemas de informação dos órgãos públicos com interface na área da Saúde Pública.

(b) Determinantes relacionados às condições de trabalho:

A variável 'Ocupação' não possui boa completitude – em 2006 foi registrado um total de 68,61% de dados faltantes no país (Brasil, 2006) – e nem boa qualidade de preenchimento. Silva e Pelloso (2009) acreditam que seja devido à indisponibilidade nos serviços de saúde dos códigos referentes à Classificação Brasileira de Ocupações (CBO). Caso essa variável apresentasse boa qualidade seria importante para uma melhor estimativa da condição socioeconômica familiar. Também configuraria uma boa variável para a identificação de exposições ocupacionais importantes, relacionadas aos processos de trabalho, permitindo estudos sobre outros desfechos, como malformações congênitas (Oliveira, 2004) ou permitindo ser usada como uma variável de confundimento em

estudos sobre os efeitos da poluição do ar e malformações congênitas (Hwang, Jaakkola, 2008).

(c) Determinantes relacionados ao acesso a serviços essenciais, como saúde e educação:

Com referência à variável 'idade gestacional' são necessárias duas observações, a primeira guarda relação com a categorização da variável por faixas de semanas completas de gestação, que não permite que sejam feitas análises para investigação da redução de dias de gestação em função da exposição aos contaminantes de interesse.

A segunda questão refere-se à idade gestacional, que é calculada com base no primeiro dia após a última menstruação, o ideal seria que a duração da gestação fosse determinada através de métodos diretos de estimativa de crescimento, como o ultrassom (Hansen et al., 2008), dessa forma seria evitado possível viés de memória da mãe.

(d) Determinantes ambientais:

Nesse estudo não foi possível considerar os deslocamentos individuais na área municipal, em função da dinâmica social (trabalho↔residência↔lazer), que podem afetar a estimativa da

exposição materna, se considerados locais com aumento ou redução dos níveis de concentração (Slama et al., 2008; Woodruff et al., 2009).

Outra questão importante, com vistas a subsidiar os estudos sobre os possíveis mecanismos de ação dos poluentes e a identificação das principais fontes poluidoras, refere-se à necessidade de especiação química dos componentes do material particulado, conforme feito por Sumita et al. (2003) e Carvalho-Oliveira et al. (2005).

Esta pesquisa evidenciou o processo de determinação social de dois desfechos indesejáveis da gravidez no município de Volta Redonda/RJ, com ênfase nos determinantes ambientais, relacionados à poluição atmosférica, e foi consistente com a literatura disponível sobre o tema.

O estudo aponta algumas questões que precisam ser resolvidas através de uma articulação intersetorial envolvendo órgãos públicos de saúde e de ambiente, bem como outros cuja relação com o tema se dê de forma inconteste, como educação, conforme já referido por Reis (2004). Os processos decisórios para a tomada de decisão para o enfrentamento dos determinantes sociais da prematuridade e baixo peso ao nascer em Volta Redonda devem ser discutidos em todos os níveis de gestão – municipal, estadual e federal.

Do ponto de vista do acesso aos serviços de saúde e educação, com vistas à redução do impacto destes componentes sobre a saúde, que podem contribuir para o surgimento de outras patologias em outras fases da vida do indivíduo, inclusive na fase adulta, são importantes que no nível municipal sejam tomadas as medidas necessárias para a cobertura total da população por estes serviços. Por outro lado, o Estado deve monitorar os indicadores de saúde e educação e atuar em conjunto com o município para a sua melhoria.

A questão relacionada à qualidade do ar no município indica a redução dos níveis dos poluentes atmosféricos, conforme observado pela Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Rio de Janeiro, no Relatório Anual de Qualidade do Ar – 2007 (Feema, 2007)

Nos sete anos de operação da rede, mais de 90% dos resultados obtidos situaram-se em faixas de índice que qualificaram o ar como de boa e regular qualidade, ou seja, em conformidade com os limites padrões de qualidade do ar. Tais resultados, quando comparados aos obtidos em campanhas de monitoramento realizadas anteriormente na região, refletem a eficácia dos sistemas de controle que foram implantados pela Siderúrgica, após a assinatura do Termo de Ajusta e Conduta (TAC).

Ainda assim, mesmo com níveis baixos dos poluentes, o estudo mostrou efeitos sobre a saúde perinatal, como também apresentado nos estudos conduzidos por Chen e Omaye (2001), Maroziene e Grazuleviciene (2002), e Brauer et al. (2008).

Este fato reitera a necessidade de revisão dos padrões de qualidade do ar, uma vez que os valores vigentes implicam em risco à saúde, como também evidenciado por Castro et al. (2007, 2009), Santos et al. (2008), Veras et al. (2009). Convém ressaltar, que os padrões vigentes no Brasil foram fixados na década de 90 e até agora não sofreu qualquer revisão, ainda que a Organização Mundial da Saúde tenha, em 2005, tenha reduzido os padrões, em função do conhecimento técnico-científico acumulado ao longo dos anos que precederam a sua revisão (WHO, 2005).

Do ponto de vista da saúde pública, o Ministério da Saúde (MS), no âmbito de sua competência, vem estruturando o Sistema Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental, instituído em 2001 (Brasil, 2003). Dentre os componentes deste Sistema figura o Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionado à Qualidade do Ar (Vigiar), que tem como objetivo a promoção da saúde da população exposta à poluição atmosférica (MS, 2009). Os indicadores de morbidade utilizados pelo Vigiar não contemplam os efeitos indesejáveis da gravidez (MS, 2009). Dado que, conforme já explicitado ao longo deste trabalho, a prematuridade e o baixo peso ao nascer são indicadores preditivos do estado de saúde da população, torna-se importante incluí-los no rol de problemas de saúde sob investigação pelo Programa.

É importante que os resultados desta pesquisa sejam também apresentados à população de Volta Redonda, através dos atores sociais (organizações governamentais e não-governamentais, associações de

moradores, sindicatos, entre outros atores sociais), cujo foco de atuação sejam os temas atinentes ao estudo. Isso, em função da breve discussão apresentada no Capítulo 1 – Introdução (Justificativa) e das questões apresentadas por Reis (2004), que retratam a preocupação e da necessidade de conhecimento da comunidade sobre os fatores ambientais, existentes no município de Volta Redonda, que impactam a saúde humana.

## Capítulo 6 – Conclusões

1. O estudo mostrou associação positiva e estatisticamente significativa entre a exposição materna a ozônio e partículas inaláveis, durante o segundo e o terceiro trimestre de gestação, e baixo peso ao nascer.
2. O estudo mostrou associação positiva e com significância estatística entre a exposição materna a dióxido de enxofre, durante os três trimestres de gestação, e prematuridade.
3. O estudo evidenciou a contribuição de outros determinantes sociais da saúde no aumento de risco para prematuridade e baixo peso ao nascer.
4. O estudo evidenciou que mesmo em níveis de poluição mais baixos que os recomendados pela legislação vigente, é possível observar efeitos negativos da poluição sobre a gravidez. Mostrou a

necessidade de revisão dos padrões de qualidade do ar, a exemplo do que fez a Organização Mundial da Saúde.

5. O estudo mostrou que a incorporação de algumas variáveis, como tabagismo, ativo e passivo, no Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos (SINASC) propiciaria um melhor controle sobre as variáveis de confusão para baixo peso ao nascer e prematuridade.
6. O estudo mostrou a importância da inclusão destes desfechos no grupo de indicadores do Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionado à Qualidade do Ar, como forma de prevenir os agravos tardios, na fase adulta, decorrentes dos efeitos da exposição perinatal à poluição.

## Capítulo 7 – Referências

Acselrad H, Mello CCA, Bezerra GN. O que é *Justiça Ambiental*. Rio de Janeiro: Garamond, 2009. p.107-20.

Alderman BW, Baron AE, Savitz DA. Maternal Exposure to Neighborhood Carbon Monoxide and Risk of Low Infant Birth Weight. *Public Health Rep.* 1987;102(4):410-4.

Almeida-Filho N, Rouquariol MZ. Elementos de Metodologia Epidemiológica. In: Rouquariol MZ, Almeida-Filho N. *Epidemiologia e Saúde*. 6 ed. Rio de Janeiro: MEDSI, 2003. p.149-77.

Almeida MF, Alencar GP, França-Junior I, Novaes HMD, Siqueira AAF, Schoeps D, Oona C, Laura CR. Validade das informações das declarações de nascidos vivos com base em estudo de caso-controle. *Cad Saude Publica*. 2006a;22(3):643-52.

Almeida MF, Alencar GP, Novaes HMD, Ortiz LP. Sistemas de informação e mortalidade perinatal: conceitos e condições de uso em estudos epidemiológicos. *Rev. bras. epidemiol.* 2006b;9(1):56-68.

Andrade CLT, Szwarcwald CL, Gama SGN, Leal MC. Desigualdades sócio-econômicas do baixo peso ao nascer e da mortalidade perinatal no Município do Rio de Janeiro, 2001. *Cad Saude Publica.* 2004;20(Sup1):S44-51.

Azenha VM, Mattar MA, Cardoso VC, Barbieri MA, Ciampo LAD, Bettoli H. Peso insuficiente ao nascer: estudo de fatores associados em duas coortes de recém-nascidos em Ribeirão Preto, São Paulo. *Rev. paul. pediatr.* 2008;26(1):27-35.

Baker JL, Olsen LW, Sørensen TIA. Weight at Birth and All-Cause Mortality in Adulthood. *Epidemiology.* 2008;19(2):197- 203.

Basso O. Birth Weight is Forever. *Epidemiology.* 2008;19(2):204-5.

Bernabé JV, Soriano T, Albaladejoc R, Jurranz M, Calle ME, Martínez D, Dominguez-Rojas V. Risk factors for low birth weight: a review. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2004;116:3-15.

Bell M, Ebisu K, Belanger K.. Ambient air pollution and low birth weight in Connecticut and Massachusetts. *Environ Health Perspect.* 2007;115(7):1118-24.

Bobak M. Outdoor pollution, low birth weight, and prematurity. *Environ Health Perspect.* 2000;108:173–6.

Boffetta P. Epidemiology of environmental and occupational cancer. *Oncogene.* 2004;23:6392–403.

Braga ALF, Pereira LAA, Procópio M, André PA, Saldiva PHN. Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil. *Cad Saude Publica.* 2007;23(suppl4):S570-8.

Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução/CONAMA/Nº. 003 de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. *Diário Oficial da União*, Brasília (DF). 1990 22 ago; Seção 1:15937-9.

Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de instruções para o preenchimento da declaração de nascido vivo.* 3. ed. - Brasília: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde, 2001a.

Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de instruções para o preenchimento da declaração de nascido vivo.* Brasília: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde; 2001b.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise de Situação em Saúde. *Saúde Brasil 2006: uma*

*análise da situação de saúde no Brasil.* Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Análise de Situação em Saúde, 2006a.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Instituto Nacional de Câncer. Coordenação de Prevenção e Vigilância. *A situação do câncer no Brasil.* Rio de Janeiro: INCA, 2006b.

Brauer M, Lencar C, Tamburic L, Koehoorn M, Demers P, Karr C. A Cohort Study of Traffic-Related Air Pollution Impacts on Birth Outcomes. *Environ Health Perspect.* 2008;116:680–6.

Brunekreef B, Holgate ST. Air pollution and health. *Lancet.* 2002;360:1233–42

Burgess WA. *Recognition of Health Hazards in Industry: a Review of Materials Processes.* 2nd Edition. New York: J. Wiley and Sons, 1995.

Buss PM, Pellegrini-Filho, A. A saúde e seus determinantes sociais. *Physis.* 2007;17(1):77-93.

Cançado JED, Saldiva PHN, Pereira LAA, Lara LBLS, Artaxo P, Martinelli LA, Arbex AM, Zanobetti A, Braga ALF. The Impact of Sugar Cane–Burning Emissions on the Respiratory System of Children and the Elderly. *Environ Health Perspect.* 2006;114(5):725–9.

Carniel EF, Zanolli ML, Margm A. Determinantes do baixo peso ao nascer a partir das Declarações de Nascidos Vivos. *Rev. bras. epidemiol.* 2008;11(1): 169-79.

Carvalho-Oliveira R, Pozo RMK, Lobo DJA, Lichtenfels AJFC, Martins-Junior HA, Bustillo JOWV, Saiki M, Sato IM, Saldiva PHN. Diesel emissions significantly influence composition and mutagenicity of ambient particles: a case study in São Paulo, Brazil. *Environ Res.* 2005;98:1–7.

Castro HA, Hacon S, Argento R, Junger WL, Mello CF, Castiglioni-Júnior N. Air pollution and respiratory diseases in the Municipality of Vitória, Espírito Santo State, Brazil. *Cad Saude Publica.* 2007;23(4):S630-42.

Castro HA, Cunha MF, Mendonça GAS, Junger WL, Cunha-Cruz J, Leon AP. Efeitos da poluição do ar na função respiratória de escolares, Rio de Janeiro, RJ. *Rev Saude Publica.* 2009;43(1):26-34.

Chen H, Goldberg MS, Villeneuve PJ. A systematic review of the relation between long-term exposure to ambient air pollution and chronic diseases. *Rev Environ Health.* 2008;23(4):243-97.

Coeli CM, Faerstein, E. Estudo de Coorte. In: Medronho RA. *Epidemiologia.* São Paulo: Editora Atheneu; 2006. p.161-73.

Comissão Nacional sobre Determinantes Sociais da Saúde (CNDSS). As *Causas Sociais das Iniquidades em Saúde no Brasil*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2008.

Costa CE, Gotlieb SLD. Estudo epidemiológico do peso ao nascer a partir da Declaração de Nascido Vivo. *Rev Saude Publica*. 1998;32(4):328-34.

Dugandzic R, Dodds L, Stieb D. The association between low level exposures to ambient air pollution and term low birth weight: a retrospective cohort study. *Environ Health*. 2006, 5:3 doi:10.1186/1476-069X-5-3

Elter K, Ay E, Uyar E, Navak ZN. Exposure to low outdoor temperature in the midtrimester is associated with low birth weight. *Aust N Z J Obstet Gynaecol*. 2004;44: 553–7.

Evensen KAI, Steinshamn S, Tjønna AE Stølen T, Høydal MA, Wisløff U, Brubakk AM, Vik T. Effects of preterm birth and fetal growth retardation on cardiovascular risk factors in young adulthood. *Early Hum Dev*. 2009;85:239–45.

Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA). *Qualidade do Ar em Volta Redonda – Relatório de resultados obtidos através de duas campanhas expeditas de monitoramento realizadas em dez/95 a mai/96 e em abr/99 a mai/99*. Rio de Janeiro: Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, 1999.

Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA). *Relatório Anual de Qualidade do Ar - 2007*. Rio de Janeiro: Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, 2007.

Gama, SGN, Szwarcwald CL, Leal MC, Theme-Filha MM. Gravidez na adolescência como fator de risco para baixo peso ao nascer no Município do Rio de Janeiro, 1996 a 1998. *Rev Saude Publica*. 2001;35(1):74-80.

Giglio MRP, Lamounier JA, Morais Neto OL, César CC. Baixo peso ao nascer em coorte de recém-nascidos em Goiânia-Brasil no ano de 2000. *Rev. Bras. Ginecol. Obstet.* 2005;27(3):130-6.

Gioda A, Salesc AJ, Cavalcanti PMS, Maiac MF, Maiad LFPG, Aquino-Neto FR. Evaluation of Air Quality in Volta Redonda, the Main Metallurgical Industrial City in Brazil. *J. Braz. Chem. Soc.* 2004;15(6):856-64.

Glinianaia SV, Rankin J, Bell R, Pless-Mulloli T, Howel D. Particulate air pollution and fetal health – a systematic review of the epidemiologic evidence. *Epidemiology*. 2004;15(1):36-45.

Goldenberg RL, Culhane JF, Iams JD, Romero R. Epidemiology and causes of preterm birth. *Lancet*. 2008;371:75-84.

Götschi T, Heinrich J, Sunyer J, Künzli N. Long-term effects of ambient air pollution on lung function: a review. *Epidemiology*. 2008;19(5):690-701.

Gouveia N, Bremmer SA, Novaes HMD. Association between ambient air pollution and birth weight in São Paulo, Brazil. *J Epidemiol Community Health.* 2004;58:11-7.

Gouveia, N, Freitas CU, Martins LC, Marcilio IO. Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo, Brasil. *Cad. Saude Publica.* 2006;22(12):2669-77.

Greenland S, Morgenstern H. Confounding in health research. *Annu. Rev. Public Health.* 2001;22:189–212.

Guimarães EAA, Velásquez-Meléndez G. Determinantes do baixo peso ao a partir do Sistema de Informação sobre Nascidos Vivos em Itaúna, Minas Gerais. *Rev. Bras. Saude Matern. Infantil.* 2002;2(3):283-90.

Ha E, Hong Y, Lee B, Woo B, Schwartz J, Christiani D. Is air pollution a risk factor for low birth weight in Seoul? *Epidemiology.* 2001;12(6):643-8.

Haidar FH, Oliveira UF, Nascimento LFC. Escolaridade materna: correlação com os indicadores obstétricos. *Cad Saude Publica.* 2001;17(4):1025-9.

Hansen CA, Barnett AG, Pritchard G. The Effect of Ambient Air Pollution during Early Pregnancy on Fetal Ultrasonic Measurements during Mid-Pregnancy. *Environ Health Perspect.* 2008;116(3):362-9.

Hwang BF, Jaakkola JJK. Ozone and Other Air Pollutants and the Risk of Oral Clefts. *Environ Health Perspect.* 2008;116:1411–5.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *IBGE Cidades – Volta Redonda* [on-line]. 2007 [citado 10 jun 2008]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Relatório piloto com aplicação da metodologia IPPS ao Estado do Rio de Janeiro: uma estimativa do potencial de poluição industrial do ar.* Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2008.

Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Volta Redonda (IPPU). *Informações para o Plano Diretor – Coleção Cadernos de Planejamento.* Volta Redonda: IPPU-VR, 1994.

Jalaludin B, Mannes T, Morgan G, Lincoln, Sheppeard V, Corbett S. Impact of ambient air pollution on gestational age is modified by season in Sydney, Austrália. *Environmental Health.* 2007, 6:16 doi:10.1186/1476-069X-6-16

Jorge MHPM, Laurenti R, Gotlieb SLD. Análise da qualidade das estatísticas vitais brasileiras: a experiência de implantação do SIM e do SINASC. *Cien Saude Colet.* 2007;12(3):643-54.

Jorge MHPM, Gotlieb SLD, Soboll MLMS, Almeida MF, Latorre MDDO. Avaliação do sistema de informação sobre nascidos vivos e o uso de seus dados em epidemiologia e estatísticas de saúde. *Rev Saude Publica.* 1993;27(6):1-46.

Junger WL, Santos N, Leon AP. Imputação de dados faltantes em séries temporais multivariadas via algoritmo EM. *Cadernos do IME*. 2003;15:8-21.

Junger WL, Leon AP. Poluição do ar e baixo peso ao nascer no Município do Rio de Janeiro, Brasil, 2002. *Cad Saude Publica*. 2007;23(4):S588-98.

Kampa M, Castanas E. Human health effects of air pollution. *Environ Pollut*. 2008;151:362-7.

Kannan S, Misra DP, Dvonch JT, Krishnakumar A. Exposures to airborne particulate matter and adverse perinatal outcomes: a biologically plausible mechanistic framework for exploring potential. *Cien Saude Colet*. 2007;12(6):1591-602.

Kassar S B, Gurgel RQ, Albuquerque MFM, Barbieri MA, Lima AM. Peso ao nascer de recém-nascidos de mães adolescentes comparados com o de puérperas adultas jovens. *Rev. Bras. Saude Mater. Infant*. 2005;5(3):293-9.

Katz MH. Multivariable analysis. A Primer for Readers of Medical Research. *Annals of Internal Medicine*;2003;138(8):644-50.

Kilsztajn S, Rossbach A, Carmo MSN, Sugahara GTL. Assistência pré-natal, baixo peso e prematuridade no Estado de São Paulo, 2000. *Rev Saude Publica*. 2003;37(3):303-10.

Klein CH, Bloch KV. Estudos Seccionais. In: Medronho RA. *Epidemiologia*. São Paulo: Editora Atheneu; 2006. p.125-50.

Kramer MS. Determinants of low birth weight: methodological assessment and meta-analysis. *Bull World Health Organ.* 1987;65(5):663-737.

Kramer MS. The epidemiology of adverse pregnancy outcomes: an overview. *J Nutr.* 2003;133(5):1592S-96S.

Lacasaña M, Esplugues A, Ballester F. Exposure to ambient air pollution and prenatal and early childhood health effects. *Eur J Epidemiol.* 2005;20:183-199.

Landrigan PJ. Risk assessment for children and other sensitive populations. *Ann N Y Acad Sci.* 1999;895:1-9.

Lawlor DA, Leon DA, Smith GD. The association of ambient outdoor temperature throughout pregnancy and offspring birthweight: findings from the Aberdeen Children of the 1950s cohort. *BJOG.* 2005;112:647–57.

Leal MC, Gama SGN, Cunha CB. Desigualdades sociodemográficas e suas consequências sobre o peso do recém-nascido. *Rev Saude Publica.* 2006;40(3):466-73.

Lee BE, Ha EH, Park HS, Kim YJ, Hong YC, Kim H, Lee JT. Exposure to air pollution during different gestational phases contributes to risks to low birth weight. *Hum Reprod.* 2003;18(3):638-43.

Leem JH, Kaplan BM, Shim YK, Pohl HR, Gotway CA, Bullard SM, Rogers JF, Smith MM, Tylenda CA. Exposures to Air Pollutants during Pregnancy and Preterm Delivery. *Environ Health Perspec.* 2006; 114:905–10.

Lin CM, Chiu HF, Yu HS, Tsai SS, Cheng BH, Wu TN, Sung FC, Yang CY. Increased risks of preterm delivery in areas with air pollution from a petroleum refinery plant in Taiwan. *J Toxicol Environ Health A.* 2001;64(8):637-44.

Lin CM, Li CY, MAO IF. Increased risks of term low-birth weight infants in a petrochemical industrial city with high air pollution levels. *Arch Environ Health.* 2004;59(12):663-8.

Liu S, Krewski D, Shi Y, Chen Y, Burnett RT. Association between gaseous air pollutants and adverse pregnancy outcomes in Vancouver, Canada. *Environ Health Perspect.* 2003;111(14):1773-8.

Logan WPD. Mortality from fog in London, January, 1956. *Br Med J.* 1956;31 Mar:722-5.

Lopes JSL, Antonaz D, Prado R, Silva G. *A ambientalização dos conflitos sociais – Participação e controle público da poluição industrial.* Rio de Janeiro: Relume Dumará – Núcleo de Antropologia da Política / UFRJ, 2004.

Lumley J. Defining the problem: the epidemiology of preterm birth. *BJOG.* 2003;110(Suppl 20):3-7.

Maisonet M, Bush TJ, Correa A, Jaakkola JJ. Relation between ambient air pollution and low birth weight in the Northeastern United States. *Environ Health Perspect.* 2001;109(suppl 3):351-6.

Maisonet M, Correa A, Misra D, Jaakkola JJK. A review of the literature on the effects of ambient air pollution on fetal growth. *Environ Res.* 2004;95:106-15.

Makri A, Stilianakisa NI. Vulnerability to air pollution health effects. *Int J Hyg Environ Health.* 2008;211:326–36.

Mannes T, Jalaludin B, Morgan G, Lincoln D, Sheppard V, Corbett S. Impact of ambient air pollution on birth weight in Sydney, Australia. *Occup Environ Med.* 2005;62:524-30.

Maroziene L, Grazuleviciene R. Maternal exposure to low-level air pollution and pregnancy outcomes: a population-based study. *Environ Health.* 2002;1(1):6.

Mascarenhas MDM, Vieira LC, Tatiana Miranda Lanzieri TM, Leal APPR<sup>III</sup>; Duarte AF, Hatch DL. Poluição atmosférica devida à queima de biomassa florestal e atendimentos de emergência por doença respiratória em Rio Branco, Brasil - Setembro, 2005. *J Bras Pneumol.* 2008;34(1):42-6.

Medeiros A, Gouveia N. Relação entre baixo peso ao nascer e a poluição do ar no Município de São Paulo. *Rev Saude Publica.* 2005;39(6):965-72.

- Mills NL, Donaldson K, Hadoke PW, Boon NA, MacNee W, Cassee FR, Sandström T, Blomberg A, Newby DE. Adverse cardiovascular effects of air pollution. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med.* 2009;6(1):36-44.
- Minagawa AT, Biagoline REM, Fujimori E, Oliveira IMV, Moreira APCA, Ortega LDS. Baixo peso ao nascer e condições maternas no pré-natal. *Rev Esc Enferm USP.* 2006; 40(4):548-54.
- Mohallem SV, Lobo DJA, Pesquero CR, Assunção JV, Andre PA, Saldiva PHN, Dolnikoff M. Decreased fertility in mice exposed to environmental air pollution in the city of São Paulo. *Environ Res.* 2005;98:196–202
- Mohorovic L. First two months of pregnancy—critical time for preterm delivery and low birthweight caused by adverse effects of coal combustion toxics. *Early Human Development.* 2004;80:115– 23.
- Moura M, Junger WL, Mendonça GAS, Leon AP. Qualidade do ar e transtornos respiratórios agudos em crianças. *Rev. Saúde Pública.* 2008;42(3):503-11.
- Moutquin JM. Socio-economic and psychosocial factors in the management and prevention of preterm labour. *BJOG.* 2003;110(Suppl 20):56–60.
- Murray LJ, O'Reilly DPJ, Betts N, Patterson CC, Smith GD, Evans AE. Season and Outdoor Ambient Temperature: Effects on Birth Weight. *Obstet Gynecol.* 2000;96(1):689-95.

Nakamura UM, Alexandre SM, Santos JFK, Souza E, Sass N, Beck APA, Trayan E, Andrade CMA, Barroso T, Kulay-Júnior L. Obstetric and perinatal effects of active and/or passive smoking during pregnancy. *Sao Paulo Med J.* 2004;122(3):94-8.

Nascimento LFC, Pereira LAA, Braga ALF, Módolo MCC, Carvalho-Junior JA. Effects of air pollution on children's health in a city in Southeastern Brazil. *Rev Saude Publica.* 2006;40(1):77-82.

Nascimento LFC, Gotlieb SLD. Fatores de risco para o baixo peso ao nascer, com base em informações das Declarações de Nascido Vivo em Guaratinguetá, SP, no ano de 1998. *Informe Epidemiológico do SUS.* 2001;10(3):113-20.

Nemery B, Hoet PHM, Nemmar A. The Meuse Valley fog of 1930: an air pollution disaster. *Lancet.* 2001; 357: 704–08.

Neri M, Soares W. Desigualdade social e saúde no Brasil. *Cad Saude Publica.* 2002;18(Suppl):77-87.

Oliveira APN. Investigação de fatores predisponentes para a ocorrência de fendas orofaciais em crianças: estudo exploratório [dissertação]. Rio de Janeiro: Núcleo de Estudos em Saúde Coletiva, Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2004.

O'Toole TE, Conklin DJ, Bhatnagar A. Environmental risk factors for heart disease. *Rev Environ Health.* 2008;23(3):167-202.

Pereira LAA, Loomis D, Conceição GMS, Braga ALF, Arcas RM, Kishi HS, Singer JM, Bohm GM, Saldiva PHN. Association between Air Pollution and Intrauterine Mortalityin São Paulo, Brazil. *Environ Health Perspect.* 1998;106:325-9.

Pereira-Filho MA, Pereira LA, Arbex FF, Arbex M, Conceição GM, Santos UP, Lopes AC, Saldiva PH, Braga AL, Cendon S. Effect of air pollution on diabetes and cardiovascular diseases in São Paulo, Brazil. *Braz J Med Biol Res.* 2008;41(6):526-32.

Petrini JR, Dias T, McCormick MC, Massolo ML, Green NS, Escobar GJ. Increased Risk of Adverse Neurological Development for Late Preterm Infants. *The Journal of Pediatrics.* 2009;154:169-76.

Ramachandran U. 2000. A review of low birth weight. *J. Nep Med Assoc* 39:377-81.

Reis MM, Góes CD, Linhares ACS, Silva CS, Carreiro LC, Aguiar CA. A estruturação da vigilância da qualidade do ar relacionada à saúde humana no município de Volta Redonda/Rio de Janeiro - incorporando os diversos atores sociais [on-line]. 2003 [citado 10 Jun 2008]. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/mso2A6.pdf>

Reis MM. Avaliação de risco de benzeno em Volta Redonda: as incertezas na avaliação da exposição. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, 2004.

Riedl MA. The effect of air pollution on asthma and allergy. *Curr Allergy Asthma Rep.* 2008;8(2):139-46.

Ritz B, Wilhelm M. Ambient Air Pollution and Adverse Birth Outcomes: Methodologic Issues in an Emerging Field. *Basic Clin Pharmacol Toxicol.* 2008;102:182–190.

Rogers JF, Dunlop AL. Air pollution and very low birth weight infants: a target population? *Pediatrics.* 2006;118(1):156-64.

Romero DE, Cunha CB. Avaliação da qualidade das variáveis epidemiológicas e demográficas do Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos, 2002. *Cad Saude Publica.* 2007;23(3):701-714.

Sagiv AK, Mendola P, Loomis D, Herring AH, Neas LM, Savitz DA, Poole C. A Time Series Analysis of Air Pollution and Preterm Birth in Pennsylvania, 1997–2001. *Environ Health Perspect.* 2005;113:602–6.

Saigal S, Doyle LW. An overview of mortality and sequelae of preterm birth from infancy to adulthood. *Lancet.* 2008;371:261-9.

Salam MT, Millstein J, Li YF, Lurmann FW, Margolis HG, Gililand FD. Birth outcomes and prenatal exposure to ozone, carbon monoxide, and particulate matter: results from the Children's Health Study. *Environ Health Perspect.* 2005;113(11):1638-44.

Samet JM, Muñoz A. Evolution of the Cohort Study. *Epidemiol Rev.* 1998;20(1):1-14.

Sanches KRB, Camargo-Júnior KR, Coeli CM, Cascão AM. Sistemas de Informação em Saúde. In: Medronho RA. *Epidemiologia*. São Paulo: Editora Atheneu; 2006. p.337-59.

Santos SM, Barcellos C. A vizinhança como contexto: resgate do nível ecológico na determinação de saúde e bem-estar. In: Miranda A, Barcellos C, Moreira JC, Monken M. *Território, Ambiente e Saúde*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2008. p.217-36.

Santos UP, Terra-Filho M, Lin CA, Pereira LA, Vieira TC, Saldiva PH, Braga AL. Cardiac arrhythmia emergency room visits and environmental air pollution in São Paulo, Brazil. *J Epidemiol Community Health.* 2008;62(3):267-72.

Seo JH, Há EH, Kim OJ, Kim BM, Park HS, Lêem JH, Hong YC, Kim YJ. Environmental health surveillance of low birth weight in Seoul using monitoring and birth data. *J Prev Med Public Health.* 2007;40(5):363-70.

Shrenk HH, Heimann H, Clayton GD. Air Pollution in Donora, PA: Epidemiology of the Unusual Smog Episode of October 1948, Preliminary Report. *Public Health Bulletin*. 1949; 306.

Silva AAM, Ribeiro VS, Borba Júnior AF, Coimbra LC, Silva RA. Avaliação da qualidade dos dados do Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos em 1997-1998. *Rev Saude Publica*. 2001;35(6): 508-514.

Silva GF, Pelloso SM. Perfil das parturientes e seus recém-nascidos atendidos em um hospital-escola do Noroeste do Estado do Paraná. *Rev Esc Enferm USP*. 2009;43(1):95-102.

Silveira DS, Santos IS. Adequação do pré-natal e peso ao nascer: uma revisão sistemática. *Cad Saude Publica*. 2004;20(5):1160-8.

Slama R, Darrow L, Parker J, Woodruff TJ, Strickland M, Nieuwenhuijsen M et al. Meeting report: Atmospheric pollution and human reproduction. *Environ Health Perspect*. 2008;116(6):791-8.

Solar O, Irwin A. *Rumo a um Modelo Conceitual para Análise e Ação sobre os Determinantes Sociais de Saúde*. Comissão Nacional de Determinantes Sóciais de Saúde, 2005.

Srám RJ, Binková B, Dejmek J, Bobak M. Ambient air pollution and pregnancy outcomes: a review of the literature. *Environ Health Perspect*. 2005;113(4):375-82.

Stillerman KP, Mattison DR, Giudice LC, Woodruff TJ. Environmental exposure and adverse pregnancy outcomes:a review of the science. *Reprod Sci.* 2008;15(7):631:50.

Sumita NM, Mendes ME, Macchione M, Guimarães ET, Lichtenfels ANFC, Lobo DA, Saldiva PHN, Saiki M. Tradescantia pallida cv. purpurea Boom in the Characterization of Air Pollution by Accumulation of Trace Elements. *J Air Waste Manage Assoc.* 2003;53:574-9.

Szklo M. Population-based Cohort Studies. *Epidemiologic Rev.* 1998;20(1):81-90.

Theme-Filha MM, Gama SGNN, Cunha BC, Leal MC. Confiabilidade do sistema de informações sobre nascidos vivos hospitalares no município do Rio de Janeiro, 1999-2001. *Cad Saude Publica.* 2004;20(Sup1):S83-91.

Tiezzi R. *A usina da injustiça : como um homem só está destruindo uma cidade inteira.* São Paulo: Geração Editorial, 2005.

Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro (TCE). Secretaria Geral de Planejamento. *Estudo Socioeconômico 2007 – Volta Redonda.* Rio de Janeiro: Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro; 2007.

Triche EW, Hossain N. Environmental Factors Implicated in the Causation of Adverse Pregnancy Outcome. *Semin Perinatol.* 2007;31:240-2.

Tsai SS, Yu HS, Liu CC, Yang CY. Increased incidence of preterm delivery in mothers residing in an industrialized area in Taiwan. *J Toxicol Environ Health A.* 2003;66(11):987-94.

Veras MM, Damaceno-Rodrigues NR, Silva RMG, Scoriz JN, Saldiva PHN, Caldini EG, Dolhnikoff M. Chronic exposure to fine particulate matter emitted by traffic affects reproductive and fetal outcomes in mice. *Environ. Res.* [periódico online]. 2009 [citado mar 2009]. Doi:10.1016/j.envres.2009.03.006.

UNICEF/WHO. *Low birthweight: country, regional and global estimates.* New York: United Nations Children's Fund and World Health Organization, 2004.

Wang X, Ding H, Ryan L, Xu X. Association between air pollution and low birth weight: a community-based study. *Environ Health Perspect.* 1997;105:524-520.

Wilhelm M, Ritz B. Local Variations in CO and Particulate Air Pollution and Adverse Birth Outcomes in Los Angeles County, California, USA. *Environ Health Perspect.* 2005;113:1212–21.

Windham G, Fenster L. Environmental contaminants and pregnancy outcomes. *Fertil Steril.* 2008;89(1):E111-6.

Woodruff TJ, Parker JD, Darrow AL, Slama R, Bell ML, Choi H, Glinianaia S, Hoggart KJ, Karr CJ, Lobdell DT, Wilhelm M. Methodological issues in

studies of air pollution and reproductive health. *Environmental Research*. 2009;109:311–20.

World Health Organization (WHO). *Social determinants of health: the solid facts*. 2nd edition / edited by Richard Wilkinson and Michael Marmot. Europe: WHO Regional Office for Europe, 2003.

World Health Organization (WHO). *Effects of air pollution on children's health and development: a review of the evidence*. Europe: WHO Regional Office for Europe, World Health Organization, 2005.

World Health Organization (WHO). *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide – Global update 2005 – Summary or risk assessment*. Copenhagen: World Health Organization, 2006.

World Health Organization (WHO). International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems - 10th Revision – Version for 2007. Available: <http://www.who.int/classifications/apps/icd/icd10online/> [acessado 10 jun 2008].

Yang CY, Chang CC, Tsai SS, Chuang HY, Ho CK; Wu TN, Sung FC. Preterm delivery among people living around Portland cement plants. *Environ Res*. 2003;92(1):64-8.

Yang CY, Chiu HF, Tsai SS, Chang CC, Chuang HY. Increased risk of preterm delivery in áreas with cancer mortality problems from petrochemical complexes. *Environ Res.* 2002;89(3):195-200.