

# **ANÁLISE DA QUALIDADE DO AR DA REGIÃO METROPOLITANA DA GRANDE VITÓRIA TENDO COMO REFERÊNCIA OS ANOS DE 2014 A 2016**

Amanda Martinelli das Neves<sup>1</sup>; Thayane Cantão Roque Silva<sup>1</sup>; Andrielly Moutinho Knupp<sup>2</sup>

1- Acadêmicas de Engenharia Ambiental na Faculdade Brasileira – Multivix Vitória.

2- Docente do curso de Engenharia Ambiental na Faculdade Brasileira – Multivix Vitória, Mestre em Engenharia Ambiental.

## **RESUMO**

A Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) é uma região urbana industrializada em processo de crescimento, com grande número de veículos automotores e grandes áreas de empreendimentos industriais. Os benefícios econômicos provenientes desta expansão são evidentes, no entanto, sem o devido planejamento expõe a sociedade a episódios de poluição atmosférica. A partir desse cenário, este trabalho apresenta um diagnóstico da atual situação da qualidade do ar da RMGV em relação aos padrões de qualidade do ar legislados pela Resolução CONAMA nº 03/1990, Decreto Estadual Nº 3463-R/2013 e assim como as diretrizes da Organização Mundial da Saúde – OMS (2005) para os últimos três anos (2014 a 2016), por meio de dados de monitoramento obtidos de oito estações de qualidade do ar que compõem a RAMQAr (Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar), sendo estas: Carapina, Laranjeiras, Enseada do Suá, Jardim Camburi, Vitória Centro, Vila Velha Centro, Vila Velha lbes e Cariacica. Os parâmetros avaliados foram: Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (PI), Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>), Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO) e Ozônio (O<sub>3</sub>). Observou-se que vários poluentes ultrapassaram as concentrações orientadoras da OMS, nenhum poluente excedeu os limites da Resolução CONAMA 03/90 e apenas o poluente SO<sub>2</sub>, na estação Vitória Centro, em 2014 (69,82 µg/m<sup>3</sup>), ultrapassou o padrão de qualidade do ar estabelecido pelo Decreto Nº 3463-R/2013 (60 µg/m<sup>3</sup>).

**Palavras-chave:** Qualidade do ar; Poluição Atmosférica; Monitoramento.

## **INTRODUÇÃO**

Desde meados do século XX, a poluição atmosférica é um grande problema nos centros metropolitanos devido à acelerada urbanização que intensificou os níveis de poluentes. As indústrias e os automóveis são as principais fontes de deterioração da qualidade do ar, ocasionando, assim, problemas ambientais e danos aos organismos vivos (SALDIVA, BRAGA e PEREIRA, 2002). Estimativas globais da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2014) indicaram a ocorrência de aproximadamente 3,7 milhões de óbitos no ano de 2012 devido à exposição da poluição do ar externo. Para o Brasil, a Organização Mundial da Saúde estima que a poluição atmosférica seja responsável por cerca de 20 mil óbitos por ano (ARBEX et al., 2012).

De acordo com o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA, 2013), a Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) é uma região urbana fortemente industrializada em processo de expansão, sendo a qualidade do ar afetada pela emissão de poluentes decorrentes de veículos automotores e de grandes empreendimentos industriais, além do setor de logística proveniente da existência de um grande complexo portuário e do aeroporto na região.

Visando limitar os índices de liberação de poluentes, são utilizados padrões de qualidade do ar legislados pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (Resolução CONAMA 03/1990), pelo Decreto Estadual do Espírito Santo (Decreto Nº3463-R de 2013), assim como as diretrizes da Organização Mundial da Saúde – OMS (WHO, 2005). Segundo a Resolução CONAMA nº

03/1990, padrões de qualidade do ar são 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.

Agregado às normas legais de padrões de qualidade do ar, existem os sistemas de monitoramento da qualidade do ar, que são utilizados para certificar as concentrações de poluentes na atmosfera, sendo de grande importância para analisar os riscos ocasionados à população exposta, para através desse diagnóstico, estabelecer planos de ação para mitigar e/ou evitar efeitos severos de poluição do ar.

Nesse contexto, pretende-se avaliar a alteração na qualidade do ar da RMGV a partir de dados obtidos nas oito estações de monitoramento da qualidade do ar presentes na região, com os padrões estabelecidos pelas legislações pertinentes, a fim de apresentar um diagnóstico da atual situação da qualidade do ar.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado na Região Metropolitana da Grande Vitória, por meio da análise de oito estações de monitoramento da qualidade do ar em operação, das 10 disponíveis, dispostas nos municípios de Cariacica, Serra, Vila Velha e Vitória. Conforme pode ser observado na Figura 1.



**Figura 1:** Localização das estações de monitoramento de qualidade do ar da RMGV.

Fonte: Adaptado de Google Earth (2017)

De acordo com o Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA, 2017), a RMGV representa 43% da população do estado, sendo um dos principais polos de desenvolvimento urbano e industrial, englobando cerca de 55% a 65% das atividades potencialmente poluidoras instaladas, tais como: Siderurgia, Pelotização, Pedreira, Cimenteira, Indústria alimentícia, Usina de Asfalto, dentre outros.

### Obtenção das Informações

Os dados de qualidade do ar para o período avaliado (2014 a 2016) foram adquiridos com o IEMA por meio da Rede Automática da Qualidade do Ar da Região da Grande Vitória (RAMQAr), que recebe dados horários das medições dos poluentes realizadas pelas estações de monitoramento.

O Quadro 1 apresenta a localização das estações de qualidade do ar e os parâmetros monitorados em cada uma, sendo os poluentes: PTS (Partículas Totais em Suspensão), PI (Partículas Inaláveis), SO<sub>2</sub> (Dióxido de Enxofre), NO<sub>x</sub> (Óxidos de Nitrogênio), NO (Monóxido de Nitrogênio), NO<sub>2</sub> (Dióxido de Nitrogênio), CO (Monóxido de Carbono), CH<sub>4</sub> (Metano), HCT (Hidrocarboneto Total), HC (Hidrocarboneto) e O<sub>3</sub> (Ozônio).

**Quadro 1:** Localização das estações de qualidade do ar e parâmetros monitorados – 2014 a 2016.

Estação	Localização	PARÂMETROS MONITORADOS										
		PTS	PI	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	HCT	HC <sup>(3)</sup>	O <sub>3</sub>
Carapina	Av. Brig. Eduardo Gomes, S/N	x	x <sup>(1)</sup>									
Laranjeiras	Hospital Dório Silva	x	x <sup>(1)</sup>	x	x	x	x	x				x
Jardim Camburi	Unidade de Saúde de Jardim Camburi	x	x <sup>(1)</sup>	x	x	x	x					
Enseada do Suá	Batalhão do Corpo de Bombeiros	x	x <sup>(1,2)</sup>	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vitória Centro	Prédio do Ministério da Fazenda	x	x <sup>(1)</sup>	x	x	x	x	x	x	x	x	
Vila Velha IBES	4º Batalhão da Polícia Militar	x	x <sup>(1,2)</sup>	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vila Velha Centro	Av. Champagnat n° 911			x								
Cariacica	CDA (CEASA)	x	x <sup>(1)</sup>	x	x	x	x	x				x

Notas:

(1) Material Particulado <10µm (MP<sub>10</sub>)

(2) Material Particulado <2,5µm (MP<sub>2,5</sub>)

(3) Não-Metano

### Análise dos resultados

Para a realização do diagnóstico da qualidade do ar da RMGV, foram utilizados para análise dos dados de monitoramento:

- Parâmetros de estatística básica (média, desvio padrão, mediana, variância, máximo e mínimo), além da verificação de dados ausentes.
- Padrões de qualidade do ar preconizados pela CONAMA 03/1990 e Decreto Estadual Nº 03463/2013 e, também, as diretrizes propostas pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 2005), apresentados nos Quadros 2, 3 e 4, respectivamente.

**Quadro 2:** Padrões de Qualidade do Ar – Resolução CONAMA 03/1990.

Parâmetros	Padrões de Qualidade do Ar
------------	----------------------------

	Curta exposição		Longa exposição	
	Padrão primário	Padrão secundário	Padrão primário	Padrão secundário
MP <sub>2,5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	-	-	-	-
MP <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	150* (24h)	150* (24h)	50 (a)	50 (a)
PTS [µg/m <sup>3</sup> ]	240* (24h)	150* (24h)	80 (b)	60 (b)
SO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	365* (24h)	100* (24h)	80 (a)	40 (a)
NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	320 (1h)	190 (1h)	100 (a)	100 (a)
O <sub>3</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	160* (1h)	160* (1h)	-	-
CO [µg/m <sup>3</sup> ]	10.000* (8h) 40.000* (1h)	10.000* (8h) 40.000* (1h)	-	-

Notas:

\*Não pode ser excedido mais que uma vez por ano.

(a) Média Aritmética Anual.

(b) Média Geométrica Anual.

Fonte: Adaptado de CONAMA 03/1990.

**Quadro 3:** Metas e Padrões de Qualidade do Ar – Decreto Estadual nº 3463-R/2013

Parâmetros	Metas e Padrões de Qualidade do AR							
	Curta exposição				Longa exposição			
	MI1	MI2	MI3	PF-ES	MI1	MI2	MI3	PF
MP <sub>2,5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	-	50 (24h)	37 (24h)	25 (24h)	-	20 (a)	15 (a)	10 (a)
MP <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	120 (24h)	80 (24h)	60 (24h)	50 (24h)	45 (a)	33 (a)	25 (a)	20 (a)
PTS [µg/m <sup>3</sup> ]	180 (24h)	170 (24h)	160 (24h)	150 (24h)	65 (b)	63 (b)	62 (b)	60 (b)
SO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	60 (24h)	40 (24h)	30 (24h)	20 (24h)	40 (a)	30 (a)	20 (a)	-
NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	240 (1h)	220 (1h)	210 (1h)	200 (1h)	50 (a)	45 (a)	42 (a)	40 (a)
O <sub>3</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	140 (8h)	120 (8h)	110 (8h)	100 (8h)	-	-	-	-
CO [µg/m <sup>3</sup> ]	-	-	-	10.000 <sup>(8h)</sup> 30.000 <sup>(1h)</sup>	-	-	-	-

Notas:

(a) Média Aritmética Anual.

(b) Média Geométrica Anual

MI - Meta intermediária

PF- Padrão Final

Fonte: Adaptado de Decreto Estadual nº 3463-R/2013

**Quadro 4:** Diretrizes de Qualidade do Ar – Organização Mundial da Saúde

Parâmetros	Diretriz OMS	
	Curta exposição	Longa exposição
MP <sub>2,5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	25 (24h)	10 (a)
MP <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	50 (24h)	20 (a)
PTS [µg/m <sup>3</sup> ]	-	-
SO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	20 (24h) 500 (10min)	-
NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	200 (1h)	40 (a)
O <sub>3</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	100 (8h)	-
CO [µg/m <sup>3</sup> ]	10.000 (8h) 30.000 (1h)	-

Notas:

(a) Média Aritmética Anual.

(b) Média Geométrica Anual

Fonte: Adaptado de Organização Mundial da Saúde (WHO, 2005).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um resumo descritivo da estatística básica das médias horárias referentes aos parâmetros

monitorados pelas oito estações de monitoramento de qualidade do ar da RAMQAr, que são apresentados nas Tabelas de 1 a 5 para os seguintes poluentes, respectivamente: PTS, MP<sub>10</sub>, MP<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO e O<sub>3</sub>.

**Tabela 1:** Resumo descritivo das médias horárias de PTS – 2014 a 2016.

Estatística	PTS [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]						
	Laranjeiras	Carapina	Jardim Camburi	Enseada do Suá	Vitória centro	Vila Velha IBES	Cariacica
Média Aritmética	47,17	28,37	36,63	43,57	32,54	37,61	57,78
Máximo	719,00	596,00	401,00	790,00	221,00	492,00	784,00
Mínimo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
Desvio Padrão	36,20	21,93	25,98	41,24	22,51	30,55	46,01
Mediana	37,00	23,00	31,00	32,00	27,00	30,00	47,00
Variância	1.310,50	481,16	675,32	1.700,88	506,86	933,86	2.117,63
% Registros Válidos	57,47%	65,37%	91,48%	95,85%	43,82%	88,98%	63,75%

**Tabela 2:** Resumo descritivo das médias horárias de MP<sub>10</sub> – 2014 a 2016.

Estatística	MP <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]						
	Laranjeiras	Carapina	Jardim Camburi	Enseada do Suá	Vitória centro	Vila Velha IBES	Cariacica
Média Aritmética	33,75	17,76	24,11	28,47	24,91	25,03	35,63
Máximo	588,00	396,00	205,00	349,00	346,00	510,00	282,00
Mínimo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
Desvio Padrão	26,46	11,68	15,67	22,58	17,47	19,96	23,67
Mediana	27,00	15,00	21,00	23,00	21,00	20,00	31,00
Variância	700,45	136,44	245,85	509,90	305,41	398,67	560,52
% Registros Válidos	90,03%	67,53%	88,49%	86,98%	92,97%	96,62%	69,42%

**Tabela 3:** Resumo descritivo das médias horárias de MP<sub>2,5</sub> e NO<sub>2</sub> – 2014 a 2016.

Estatística	MP <sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]*		NO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]*		
	Enseada do Suá	Vila Velha IBES	Jardim Camburi	Vila Velha IBES	Cariacica
Média Aritmética	12,05	11,35	12,06	8,52	9,97
Máximo	89,00	103,00	78,31	29,51	47,5
Mínimo	1,00	1,00	0,90	0,58	1,27
Desvio Padrão	6,66	7,13	6,54	5,59	6,32
Mediana	11,00	10,00	10,84	7,06	8,51
Variância	44,35	50,97	42,82	31,32	39,98
% Registros Válidos	31,15%	32,61%	32,06%	5,26%	3,67%

Notas:

\*Só houve medição horária no ano de 2015 para esses parâmetros.

**Tabela 4:** Resumo descritivo das médias horárias de SO<sub>2</sub> – 2014 a 2016.

Estatística	SO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
-------------	--

	Laranjeiras	Jardim Camburi	Enseada do Suá	Vitória centro	Vila Velha IBES	Vila Velha Centro	Cariacica
Média Aritmética	9,93	4,91	7,56	14,77	7,45	6,60	3,75
Máximo	193,79	144,32	300,08	262,49	138,66	100,13	66,88
Mínimo	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,11
Desvio Padrão	14,36	6,34	14,32	18,66	11,61	9,26	6,20
Mediana	4,54	3,83	4,09	8,69	3,80	4,57	2,70
Variância	206,28	40,22	205,16	348,42	134,88	85,79	38,44
%Registros Válidos	87,52%	73,11%	49,44%	24,59%	75,36%	18,71%	48,26%

**Tabela 5:** Resumo descritivo das médias horárias de CO – 2014 a 2016.

Estatística	CO [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]				
	Vitória Centro	Laranjeiras	Vila Velha IBES	Cariacica	Enseada do Suá
Média Aritmética	647,51	350,31	354,60	291,07	374,77
Máximo	4.326,94	4.036,22	4.112,03	2.481,98	4.375,7
Mínimo	8,52	97,56	52,81	33,69	40,4
Desvio Padrão	470,90	198,06	223,61	208,87	276,81
Mediana	505,62	309,38	295,65	228,44	300,20
Variância	22.1753,83	39.230,19	50.003,52	43.627,27	76.625,88
%Registros Válidos	99,35%	92,35%	90,87%	89,80%	85,25%

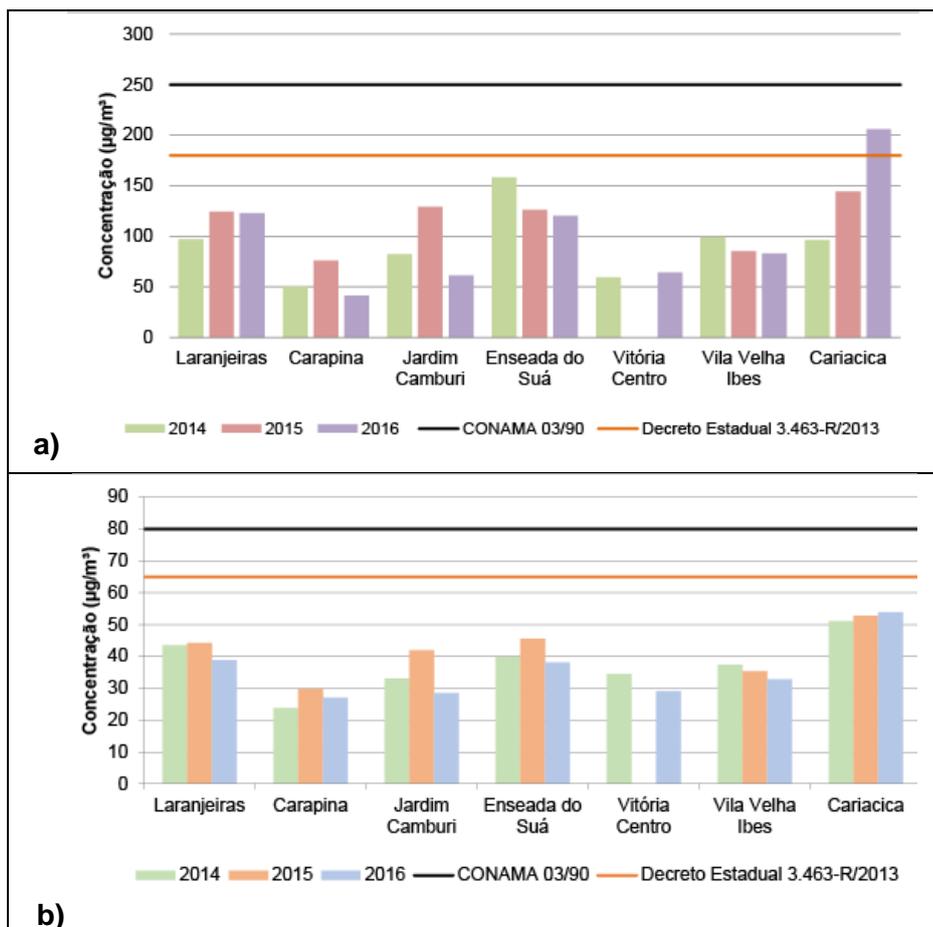
**Tabela 6:** Resumo descritivo das médias horárias de O<sub>3</sub> – 2014 a 2016.

Estatística	O <sub>3</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]			
	Laranjeiras	Cariacica	Vila Velha IBES	Enseada do Suá
Média Aritmética	31,88	25,27	32,18	32,91
Máximo	162,63	126,00	143,95	133,19
Mínimo	2,83	1,90	0,11	0,00
Desvio Padrão	17,76	15,94	19,08	15,99
Mediana	29,12	23,40	30,11	31,03
Variância	315,56	254,32	364,31	255,92
% Registros Válidos	69,19%	99,67%	89,48%	63,30%

Para o diagnóstico da qualidade do ar foram considerados os valores de concentração estimados para curta e longa exposição, sendo: meta intermediária 1 (MI-1) do Decreto Estadual 3.463-R/2013; os padrões primários da Resolução CONAMA 03/1990; e as diretrizes da OMS.

É necessário enfatizar que as concentrações médias de 24 horas são calculadas como médias móveis de 24 horas. Portanto, os dias que excedem o padrão são definidos como dias nos quais pelo menos uma das médias móveis de 24 horas ultrapassou o padrão de qualidade (IEMA, 2013).

A Figura 2 apresenta os gráficos das concentrações máximas médias de 24 horas e médias anuais de PTS, observadas nas estações de monitoramento para os anos de 2014 a 2016, em relação aos padrões de qualidade do ar considerados.



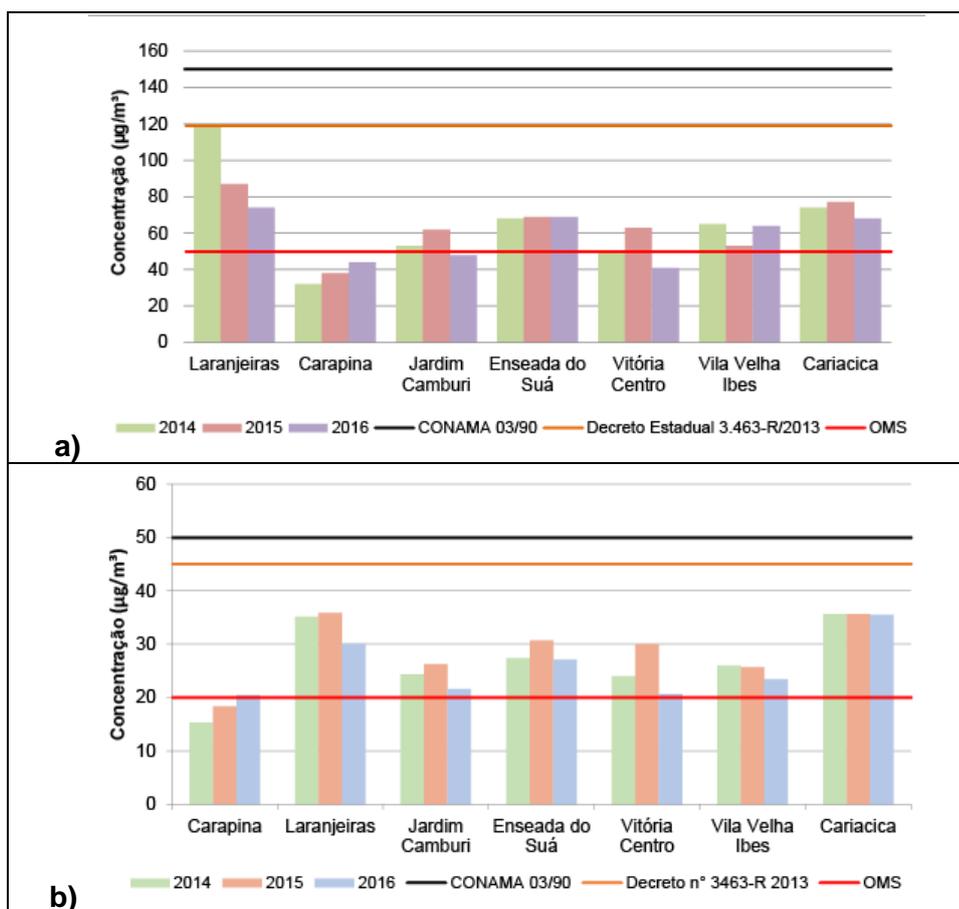
**Figura 2:** Concentração máxima média de 24h de PTS (a) e média anual de PTS (b) nas estações da RAMQAr – 2014 a 2016.

Analisando os valores máximos das concentrações médias de 24 horas (curta exposição) e as concentrações médias anuais (longa exposição) de PTS, foi observado ultrapassagem apenas para a estação Cariacica no ano de 2016,  $206 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $53,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente, em relação ao padrão estabelecido pelo Decreto Estadual 3.463-R/2013, de  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Na Figura 3 são apresentados os gráficos das concentrações máximas médias de 24 horas e médias anuais de  $\text{MP}_{10}$ , observadas nas estações de monitoramento para os anos de 2014 a 2016, em relação aos padrões de qualidade do ar considerados.

As concentrações máximas das médias de 24 horas de  $\text{MP}_{10}$  foram mais elevadas na estação Laranjeiras ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) em 2014, sendo superior em 57,06% ao ano anterior (IEMA,2013), chegando ao limite do Decreto Estadual 3.463-R/2013. Todas as estações, exceto a Carapina, excederam o estabelecido pela OMS,  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Em relação às concentrações médias anuais de  $\text{MP}_{10}$ , todas as estações superaram a diretriz da OMS ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), excetuando a estação Carapina em que a ultrapassagem do valor ocorreu somente no ano de 2016. Entretanto, para a estação Cariacica, a questão de superação do valor preconizado pela OMS deve ser observado com ressalva, pois para o ano de 2014 a estação não apresentou o percentual de dados monitorados suficiente para análise (39,11%), já que de acordo com Resolução CONAMA 436/2011 só será considerado a análise de amostras quando a fonte estiver sendo monitorada em, no mínimo, 67% do tempo de sua operação.



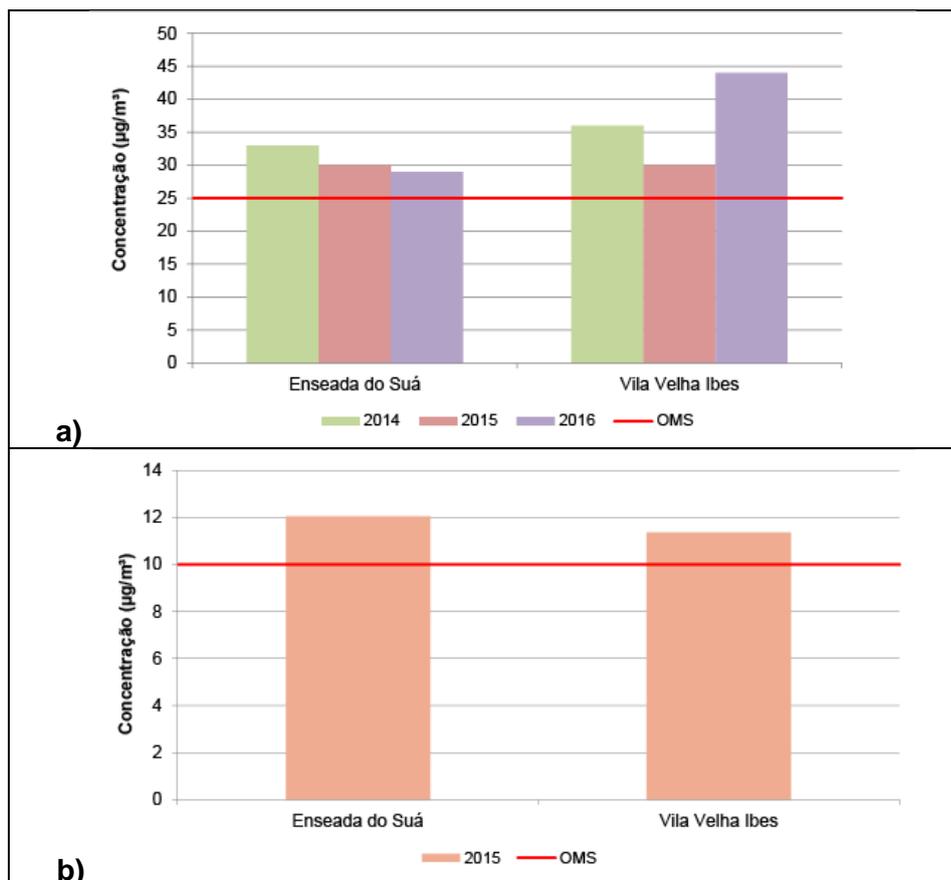
**Figura 3:** Concentração máxima média de 24h de MP<sub>10</sub> (a) e média anual de MP<sub>10</sub> (b) nas estações da RAMQAr – 2014 a 2016.

Na Figura 4 as concentrações máximas médias de 24 horas e médias anuais de MP<sub>2,5</sub> são observadas nas estações de monitoramento para os anos de 2014 a 2016 em relação aos padrões de qualidade do ar considerados.

A partir da Figura 4, pode-se observar que apenas as estações Enseada do Suá e Vila Velha Ibes monitoram o poluente MP<sub>2,5</sub>. Analisando as concentrações máximas médias de 24 horas, ambas ultrapassaram o valor orientador da OMS (25 µg/m<sup>3</sup>) para os três anos avaliados. O valor mais elevado foi observado na estação Vila Velha Ibes (44 µg/m<sup>3</sup>), no ano de 2016.

Para os valores de média anual, para as duas estações houve superação do valor estabelecido pela OMS (10 µg/m<sup>3</sup>), sendo a concentração mais elevada observada na estação da Enseada do Suá, de 12,05 µg/m<sup>3</sup> em 2015.

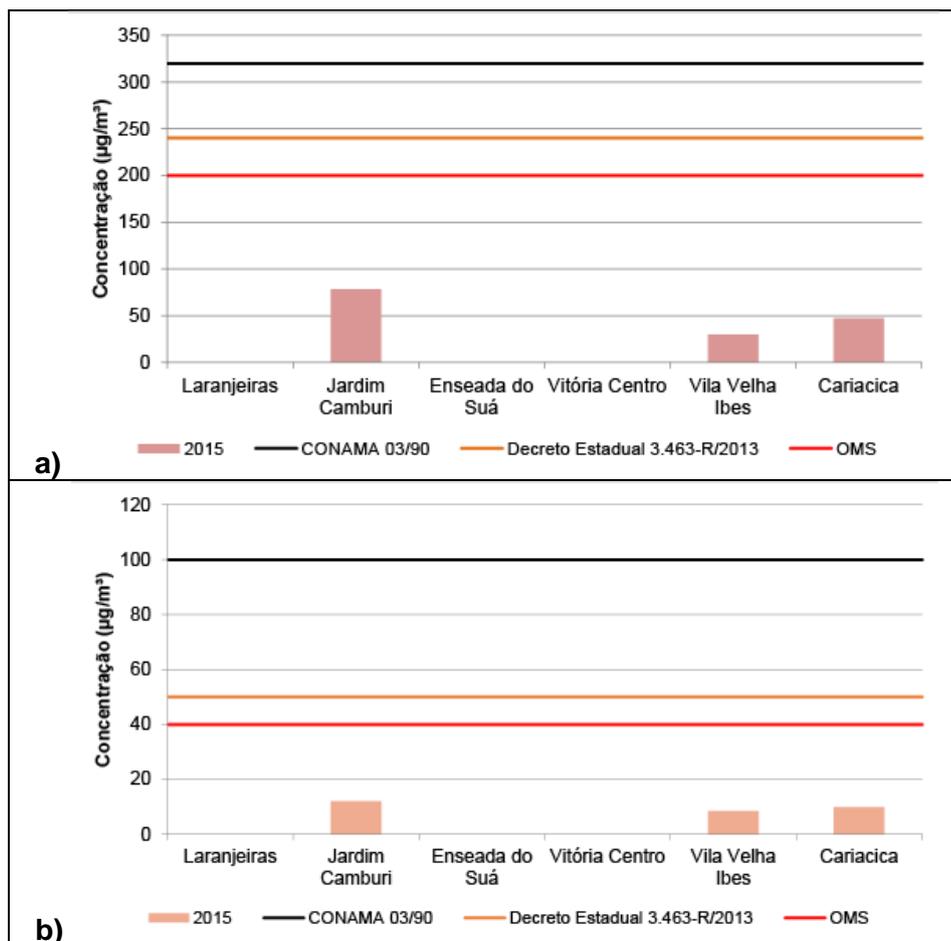
Vale ressaltar que o parâmetro MP<sub>2,5</sub> foi implementado recentemente (2014) nas estações de monitoramento supracitadas, não havendo uma série histórica para comparação da flutuação deste parâmetro nos anos de 2015 e 2016. Portanto, ainda é cedo para diagnosticar a real condição do impacto desse poluente na qualidade do ar da RMGV.



**Figura 4:** Concentração máxima média de 24h de  $MP_{2.5}$  (a) e média anual de  $MP_{2.5}$  (b) nas estações da RAMQAr – 2014 a 2016.

Na Figura 5 são apresentados os gráficos das concentrações máximas horárias e médias anuais de  $NO_2$ , observadas nas estações de monitoramento para os anos de 2014 a 2016, em relação aos padrões de qualidade do ar considerados.

As concentrações máximas horárias e médias de  $NO_2$  foram mais elevadas na estação Jardim Camburi, respectivamente,  $78,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $12,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , não ocorrendo ultrapassagem dos padrões de qualidade do ar. É importante ressaltar que só houve monitoramento deste parâmetro no ano de 2015 devido à problemas operacionais, sendo que não houve medições nas estações Laranjeiras, Enseada do Suá e Vitória Centro.

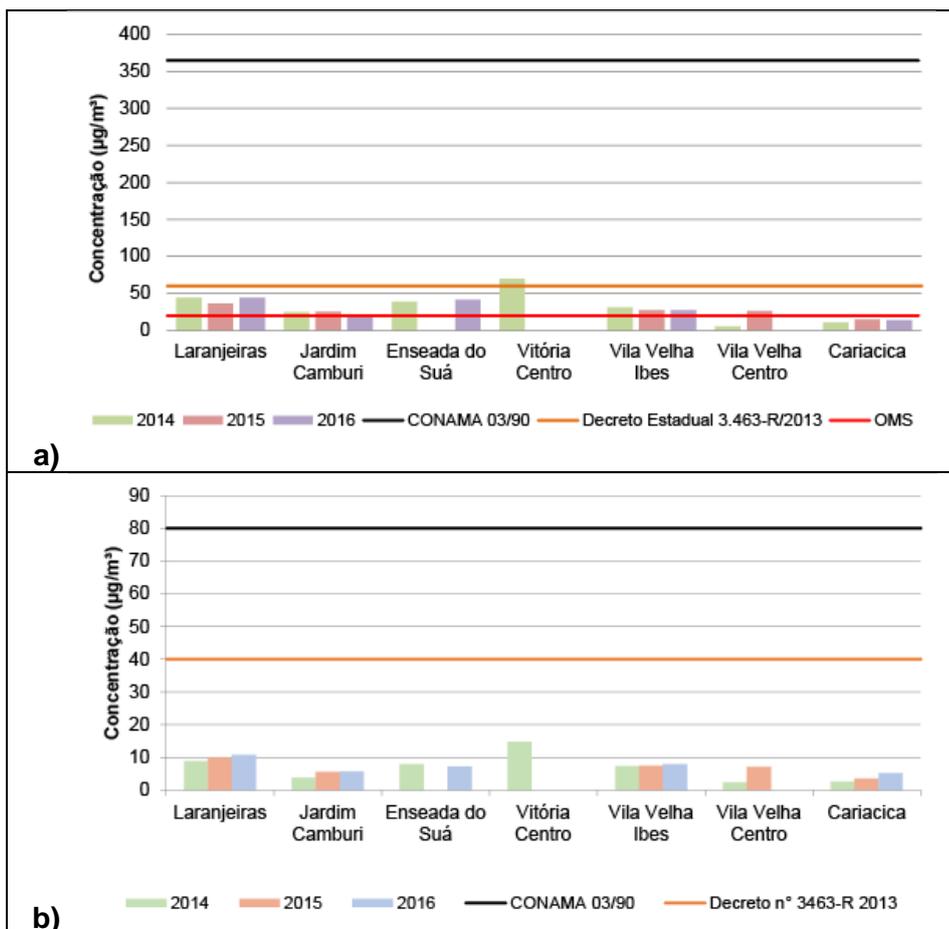


**Figura 5:** Concentrações máximas horárias de NO<sub>2</sub> (a) e média anual de NO<sub>2</sub> (b) nas estações da RAMQAr – 2014 a 2016.

A Figura 6 apresenta os gráficos das concentrações máximas médias de 24 horas e médias anuais de SO<sub>2</sub>, observadas nas estações de monitoramento para os anos de 2014 a 2016, em relação aos padrões de qualidade do ar considerados.

Os valores máximos das concentrações médias horárias de SO<sub>2</sub> foram mais elevados na estação Vitória Centro (69,82 µg/m<sup>3</sup>) em 2014, ultrapassando o padrão estabelecido pelo Decreto Estadual 3.463-R/2013 (60 µg/m<sup>3</sup>). A maioria das estações apresentaram valores acima do orientado pela OMS (20 µg/m<sup>3</sup>), exceto em: Cariacica (todos os anos), Vila Velha Centro (2014 e 2016) e Jardim Camburi (2016). É importante ressaltar que não houve medição de SO<sub>2</sub>, não podendo ser avaliadas as concentrações para as seguintes estações: Enseada do Suá (2015), Vitória Centro (2015 e 2016) e Vila Velha Centro (2016).

As concentrações médias anuais não apresentaram ultrapassagens de nenhum padrão. De acordo com a OMS, não é necessário estabelecer uma norma para valores de concentração de SO<sub>2</sub> relacionados aos efeitos causados por longa exposição, pois valores suficientemente baixos de concentração média diária garantiriam baixo valor da média anual (IEMA, 2013).

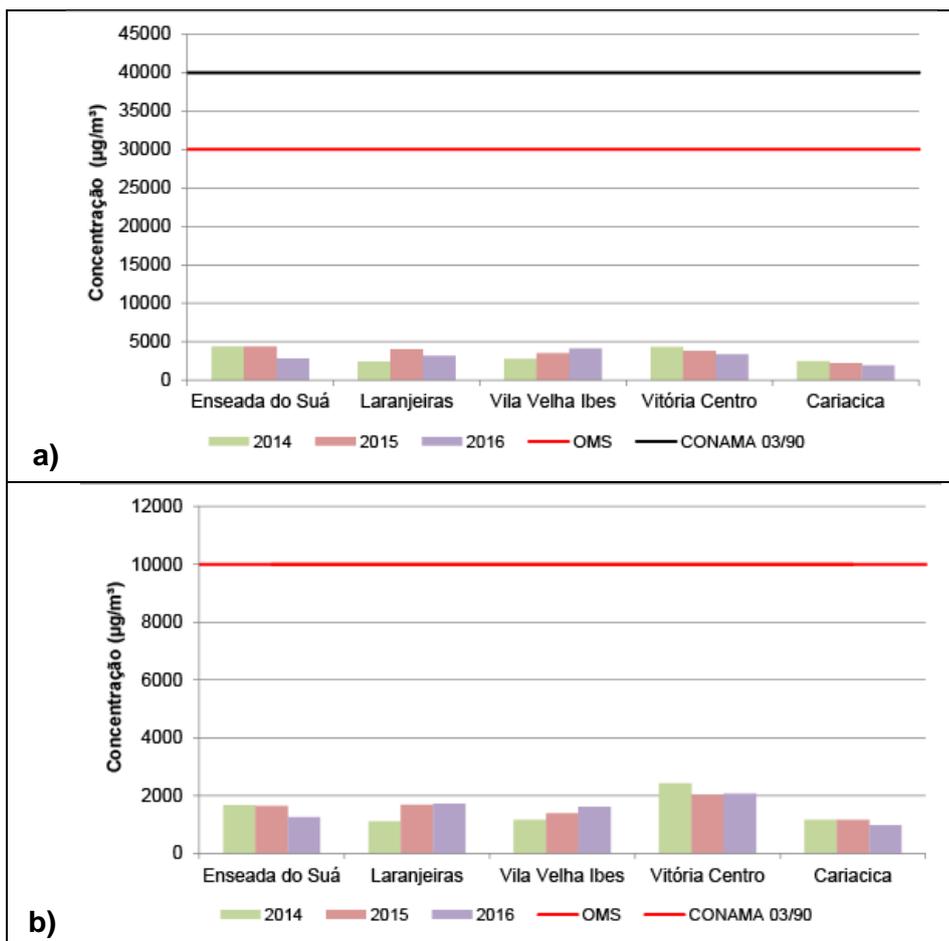


**Figura 6:** Concentração máxima média de 24h de SO<sub>2</sub> (a) e média anual de SO<sub>2</sub> (b) nas estações da RAMQAr – 2014 a 2016.

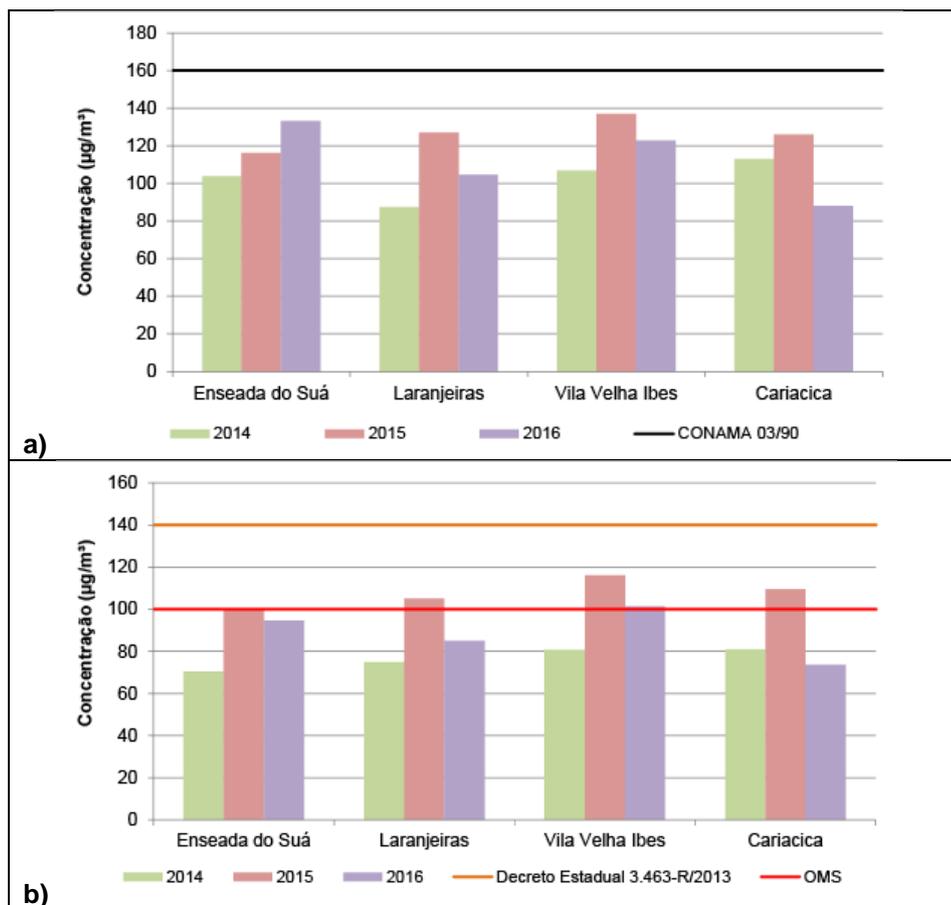
Na Figura 7 são apresentados os gráficos das concentrações máximas horárias (1h e 8h) de CO, observadas nas estações de monitoramento para os anos de 2014 a 2016, em relação aos padrões de qualidade do ar considerados. Para ambos valores de curta exposição (1h e 8h), as concentrações de CO não excederam os limites estabelecidos pela CONAMA 03/1990 e OMS (2005).

A Figura 8 apresenta os gráficos das concentrações máximas horárias (1h e 8h) de O<sub>3</sub>, observadas nas estações de monitoramento para os anos de 2014 a 2016, em relação aos padrões de qualidade do ar considerados.

Os valores máximos horários de 1h não ultrapassaram o limite estabelecido pela CONAMA 03/1990. Em relação às concentrações máximas médias de 8h de O<sub>3</sub>, foram mais elevados na estação Vila Velha Ibes em 2015 (116,15 µg/m<sup>3</sup>) e 2016 (101,43 µg/m<sup>3</sup>), sendo que apenas para 2015 houve ultrapassagens do valor orientado pela OMS (100 µg/m<sup>3</sup>) em todas as estações analisadas.



**Figura 7:** Concentração máximas horárias (a) e médias de 8h (b) de CO nas estações da RAMQAr – 2014 a 2016.



**Figura 8:** Concentração máximas horárias (a) e médias de 8h (b) de O<sub>3</sub> nas estações da RAMQAr – 2014 a 2016.

## CONCLUSÃO

A partir do cenário analisado, percebe-se que a avaliação da alteração na qualidade do ar da RMGV, utilizando os dados obtidos nas oito estações de qualidade do ar presentes na região, comparando os parâmetros monitorados com os padrões estabelecidos pelas legislações pertinentes, permitiu apresentar um diagnóstico da atual situação dos padrões de qualidade do ar.

Por meio dos resultados observados, pode-se inferir que a qualidade do ar na RMGV necessita de uma análise dos resultados de monitoramento de forma contínua, pois a maioria dos parâmetros monitorados nos três anos encontra-se fora dos valores orientados pela OMS, sendo estes mais restritivos, pois visam balancear os riscos à saúde humana. Por exemplo, no ano de 2014, MP<sub>10</sub> na estação Laranjeiras excedeu quase três vezes o valor permitido, no entanto, para os anos seguintes (2015 e 2016), houve uma queda perceptível das concentrações, que apesar disso ainda permanecem excedidas.

Por outro lado, nenhum dos parâmetros monitorados nos três anos encontra-se acima dos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA 03/90. Isso demonstra que por ser uma resolução nacional, possui maior abrangência, sendo mais generalista e menos restritiva, além de ser a mais antiga quando comparada com a OMS e o decreto estadual, sugerindo que os limites se encontram obsoletos.

O Decreto Estadual 3463- R/2013 foi elaborado especificamente para o cenário estadual de qualidade do ar, possuindo valores com maior credibilidade para o diagnóstico realizado. Observando os resultados obtidos, pode-se observar que apenas SO<sub>2</sub> na estação Vitória Centro em 2014 (69,82 µg/m<sup>3</sup>) superou o padrão de qualidade estabelecido pelo decreto (60 µg/m<sup>3</sup>), sendo as ultrapassagens deste parâmetro decorrente já de outros anos, de acordo com os relatórios de qualidade do ar disponibilizado pelo IEMA.

Em virtude dos fatos reportados, este estudo se mostrou de suma importância, visto que para os últimos três anos não foram divulgados os relatórios de qualidade do ar pelo órgão ambiental (IEMA), servindo este trabalho como suporte para pesquisas e planejamento para o futuro próximo, buscando reduzir as concentrações com vistas a atender as metas intermediárias seguintes e os padrões finais previstos no Decreto Estadual 3463- R/2013. Para assim compreender a dinâmica atmosférica e seus impactos, torna-se necessário o desenvolvimento de técnicas mais apuradas, como a implementação da modelagem por meio do uso de softwares específicos e a análise mais concisa da influência meteorológica na dispersão dos poluentes, para a obtenção de um resultado mais expressivo.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ARBEX, M. A. et al. **A poluição do ar e o sistema respiratório**. J Bras Pneumol, v. 38, p. 643-655, 2012. Acesso em: 12 jun. 2017.

BRASIL. Congresso. Senado. Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990. **Dispõe sobre os padrões de qualidade do ar**. Brasília, DF, seção I, p.15.937-15.939.1990.

BRASIL. Congresso. Senado. Resolução CONAMA nº 436 de 22 de dezembro de 2011. **Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007**. Brasília, DF, p.304-311. 2011.

ESPÍRITO SANTO. Decreto nº 3463-R, de 16 de dezembro de 2013. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas, Vitória, ES, 2013.

Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). **Qualidade do Ar**. Disponível em: <<https://iema.es.gov.br/qualidade-do-ar>>. Acesso em: 27 jul. 2017.

Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). **Relatório anual da qualidade do ar na Região da Grande Vitória**, Vitória-ES, 2013. Disponível em: <[https://iema.es.gov.br/Media/iema/Downloads/RAMQAR/Relat%C3%B3rio\\_Anuual\\_de\\_Qualidade\\_do\\_Ar\\_2013.pdf](https://iema.es.gov.br/Media/iema/Downloads/RAMQAR/Relat%C3%B3rio_Anuual_de_Qualidade_do_Ar_2013.pdf)>. Acesso em: 3 ago. 2017.

SALDIVA, P. H. N.; BRAGA, A.; PEREIRA, L. A. **A poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana**. São Paulo: Faculdade de Medicina da USP, 2002. Acesso em: 12 jun.2017.

WHO – World Health Organization. **Frequently Asked Questions Ambient and Household Air Pollution and Health**. 2014. Disponível em: <[http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/faqs\\_air\\_pollution.pdf](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/faqs_air_pollution.pdf)>. Acesso em 12 jun. 2017.

WHO – World Health Organization. **WHO air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide**. 2005. Disponível em: <[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69477/1/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69477/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf)>. Acesso em 23 jun. 2017.

