

X-015 – ANÁLISE COMPARATIVA DAS SÉRIES TEMPORAIS DE MATERIAL PARTICULADO PTS E PM₁₀ DA REGIÃO DA GRANDE VITÓRIA, ENTRE OS ANOS DE 2008 A 2017 E SUAS COMPATIBILIDADES COM OS PRINCIPAIS PADRÕES LEGAIS VIGENTES

Isamara Maria Schmidt⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela FARESE - Faculdade da Região Serrana. Pesquisador do Núcleo Integrado de Pesquisa em Engenharia Ambiental – NUPEA - Departamento de Ciências Ambientais – FARESE – Santa Maria de Jetibá/ ES - Brasil.

Jaqueline Knaak⁽²⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela FARESE – Faculdade da Região Serrana. Pesquisador do Núcleo Integrado de Pesquisa em Engenharia Ambiental – NUPEA - Departamento de Ciências Ambientais – FARESE – Santa Maria de Jetibá/ ES - Brasil.

Wanderson de Paula Pinto⁽³⁾

Doutorando em Engenharia Ambiental no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UFES. Professor da Faculdade da Região Serrana (FARESE) e Coordenador do Núcleo Integrado de Pesquisa em Engenharia Ambiental – NUPEA - Departamento de Ciências Ambientais – FARESE – Santa Maria de Jetibá/ ES - Brasil.

Gemael Barbosa Lima⁽⁴⁾

Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Professor e Coordenador do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Faculdade da Região Serrana (FARESE). Pesquisador do Núcleo Integrado de Pesquisa em Engenharia Ambiental – NUPEA - Departamento de Ciências Ambientais – FARESE – Santa Maria de Jetibá/ ES - Brasil.

Endereço⁽¹⁾: Av. Frederico Grulke, 480, Centro – Santa Maria de Jetibá – ES – CEP: 29645-000 – Brasil – Tel: (27) 997930171 - e-mail: isamaraschmidt@gmail.com

RESUMO

A preocupação com a qualidade do ar se torna crescente devido a diversos fatores, com destaque para o aumento da frota veicular e de indústrias, que causaram episódios críticos de poluição do ar. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo analisar as séries temporais dos poluentes PTS e PM₁₀, monitorados na Região da Grande Vitória (RGV), ES, Brasil, relacionando-as com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 03/1990, pelo Decreto 3463-R/2013 do Estado do Espírito Santo e com as diretrizes estabelecidas pela Organização Mundial de Saúde (OMS), sob a justificativa de apresentar uma interpretação mais detalhada sobre a evolução temporal dos poluentes medidos em cada estação da RGV, auxiliando os órgãos responsáveis no gerenciamento e melhoria da qualidade do ar. Os resultados mostram que, durante o período observado, as concentrações de PTS ultrapassaram os padrões permitidos pela legislação estadual e federal nas estações Enseada do Suá e Cariacica, sendo registrados nesta última os maiores valores de concentração do poluente com 32 ultrapassagens da MI1 e 90 do padrão secundário estabelecido pelo CONAMA. Quanto ao PM₁₀, a MI1 foi ultrapassada apenas uma vez na Estação Cariacica porém, as diretrizes recomendadas pela OMS, foram ultrapassadas em todas as estações no período do estudo, a saber: Laranjeiras – 383 vezes, Carapina – 19 vezes, Jardim Camburi – 16 vezes, Enseada do Suá – 67 vezes, Vitória (Centro) – 33 vezes, IBES – 71, Cariacica – 723 vezes. Assim sendo, conclui-se que a legislação federal está defasada, não refletindo os novos conhecimentos técnicos acerca do tema em estudo e necessita de uma revisão urgente. O estado do Espírito Santo necessita dar prosseguimento a metodologia proposta por seu decreto para alcançar os limites estabelecidos pela OMS e a Estação Cariacica apresenta o quadro mais alarmante dentre todas estações estudadas, sugerindo para tanto, medidas emergenciais para a localidade desta estação.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição atmosférica, Legislação, Região da Grande Vitória.

INTRODUÇÃO

Até o final do século XIX, o ar necessário para a respiração de todos os seres vivos da Terra ainda não era abordado de forma tão evidente, pois acreditava-se que este estaria constantemente disponível de forma a manter a vida no planeta (RUSSO, 2010). Entretanto, o crescimento da população, o aumento da frota de veículos

motorizados e, a expansão das atividades industriais levaram à multiplicação das fontes de emissão de poluentes comprometendo a salubridade do ar (LIRA, 2009).

Os fatores citados anteriormente refletiram em episódios de poluições excessivas na primeira metade do século XX, sendo os casos mais emblemáticos os ocorridos nas regiões de Vale do Meuse (Bélgica), Donora (Pensilvânia) e Londres (Inglaterra), dentre os quais este último destaca-se como um dos mais clássicos e graves, responsável por vitimar mais de 3000 pessoas no período de três semanas (PINTO, 2013). Tais episódios impulsionaram estudos na área da Epidemiologia com a finalidade de analisar os efeitos dos poluentes atmosféricos na saúde. A partir disso, diversos países passaram a formular padrões de qualidade do ar, estabelecendo limites de tolerância, os quais garantiriam que a saúde da população não fosse afetada.

Entre os poluentes atmosféricos, o material particulado (PM) apresenta grande relevância devido à sua complexidade, em termos de composição química e propriedades físicas, visto que ele abrange uma grande classe de poluentes constituídos por partículas primárias e secundárias (ARAUJO e NEL, 2009). Além disso, a preocupação em relação ao PM também se dá devido ao tamanho das partículas, classificadas em diferentes granulometrias, a saber: PTS (diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 50 μm e maior que 10 μm), PM₁₀ (diâmetro aerodinâmico menor que 10 μm e maior que 2,5 μm), PM_{2,5} (diâmetro aerodinâmico menor que 2,5 μm e maior que 0,1 μm) e PM_{0,1} (diâmetro aerodinâmico inferior a 0,1 μm).

Desde o início dos anos 1950, um vasto acervo de estudos epidemiológicos tem evidenciado as consequências causadas pelo PM e a necessidade de monitorar suas frações, principalmente o PM₁₀ e o PM_{2,5} (CHALOULAKOU *et al.*, 2003), pois as partículas menores possuem a capacidade de adentrar mais fundo no sistema respiratório, podendo chegar aos alvéolos pulmonares local onde ocorre a troca de oxigênio e dióxido de carbono dentro do sistema cardiovascular o que, com exposição repetida, pode vir a causar o acúmulo dessas partículas recobrando a superfície de troca dos sacos alveolares, tornando a respiração cada vez mais difícil e, uma vez passada através dos alvéolos, as partículas podem ser incorporadas à corrente sanguínea, afetando assim, todo o corpo.

Perante o exposto, o presente estudo teve como objetivo analisar as séries temporais dos poluentes PTS e PM₁₀, monitorados na Região da Grande Vitória (RGV), ES, Brasil, relacionando-as com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 03/1990 (CONAMA, 1990), pelo Decreto 3463-R (ESPÍRITO SANTO, 2013) do Estado do Espírito Santo e pelas diretrizes estabelecidas pela Organização Mundial de Saúde (OMS) (WHO, 2005), sob a justificativa de apresentar uma interpretação mais detalhada sobre a evolução temporal dos poluentes medidos em cada estação da RGV auxiliando os órgãos responsáveis no gerenciamento e melhoria da qualidade do ar.

MATERIAIS E MÉTODOS

A RGV está situada no litoral do estado do Espírito Santo sendo formada pelos municípios de Vitória, Vila Velha, Cariacica, Serra e Viana. De acordo com a classificação climática de Köppen (KÖPPEN, 1900), a RGV possui clima Aw (tropical quente), cujas temperaturas variam entre 24° e 30°C. Apresenta uma área de 1.456 km², com cerca de 1.565.393 habitantes que representam 44,5% da população total do estado do Espírito Santo, sendo que, 98,6% dessa população vive em área urbana (IBGE, 2010). A RGV destaca-se por ser uma das mais urbanizadas e industrializadas do estado e devido a isso, conta com uma Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar (RAMQAr), composta por nove estações distribuídas por quatro municípios da RGV, cuja disposição espacial está representada na Figura 1.

Inicialmente realizou-se a análise de dados brutos de todas as estações da rede de monitoramento afim de determinar as que representariam este estudo. A porcentagem de dados faltantes aceita para que a série de determinada estação fosse utilizada foi de 35%. Após essa análise inicial, definiram-se as estações a serem utilizadas neste estudo, sendo elas: Jardim Camburi (E3), Enseada do Suá (E4), Centro (Vitória) (E5), IBES (E6) e Vila Capixaba (Cariacica) (E8) – para o PTS; e Laranjeiras (E1), Carapina (E2), Jardim Camburi (E3), Enseada do Suá (E4), Centro (Vitória) (E5), IBES (E6) e Vila Capixaba (Cariacica) (E8) – para o PM₁₀. Posteriormente, realizou-se a imputação dos dados faltantes através do uso do algoritmo EM (*expectation-maximisation*), proposto por Junger (2008).

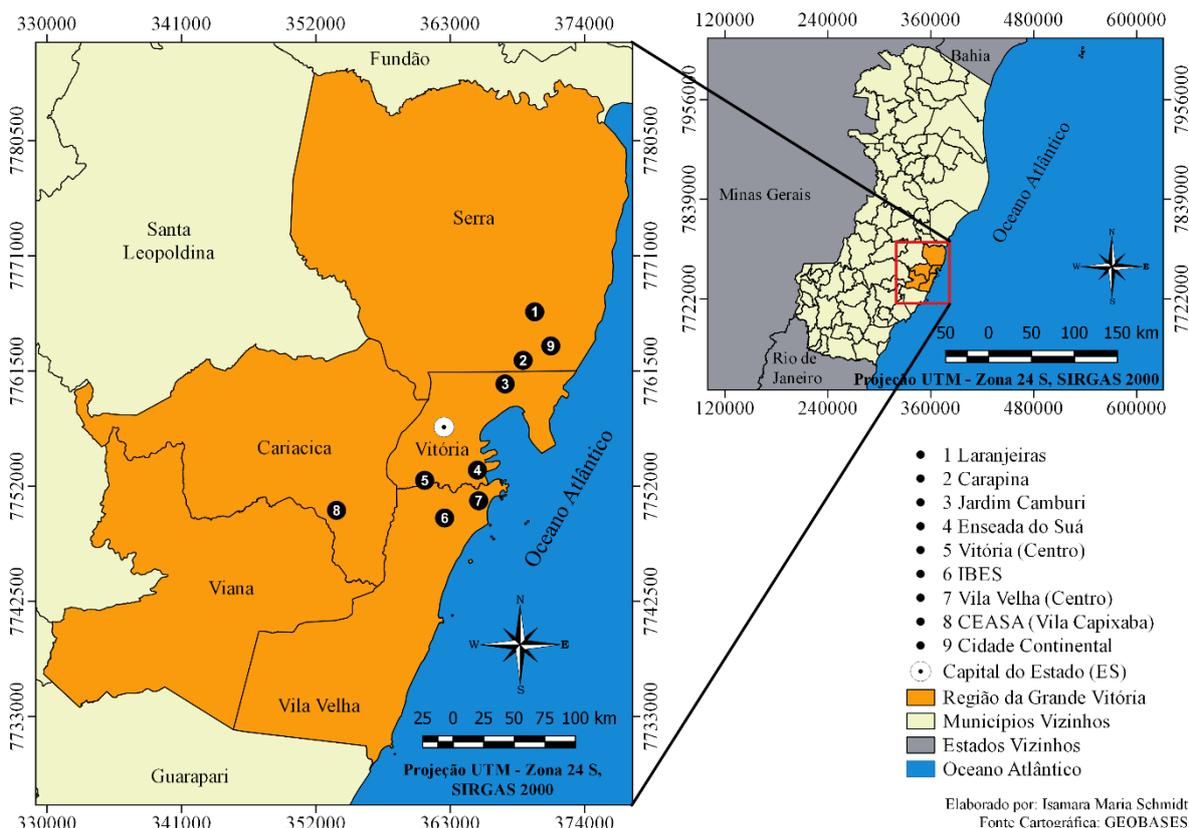


Figura 1: Localização das estações componentes da RAMQAr na RGV, Espírito Santo.

Na Tabela 1, são apresentadas informações sobre a localização das estações de acordo com os bairros em que estão alocadas, bem como seus respectivos códigos de identificação junto ao Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) a nomenclatura utilizada nesta pesquisa (NM) e as coordenadas planas (UTM) de sua localização.

TABELA 1: Caracterização das estações da RAMQAr.

Código da Estação	NM	Bairro	Coordenadas (m)	
			X	Y
RAMQAr 1	E1	Laranjeiras	369917	7766305
RAMQAr 2	E2	Carapina	368945	7762315
RAMQAr 3	E3	Jardim Camburi	367429	7760371
RAMQAr 4	E4	Enseada do Suá	365266	7753279
RAMQAr 5	E5	Centro (Vitória)	360857	7752450
RAMQAr 6	E6	IBES	362532	7749346
RAMQAr 7	E7	Centro (Vila Velha)	365354	7750721
RAMQAr 8	E8	Vila Capixaba (CEASA)	353697	7749998
RAMQAr 9	E9	Cidade Continental	371218	7763588

As análises estatísticas foram realizadas para o período de 01 de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2017, sendo os dados referentes a concentração de PTS e PM₁₀ para a RGV fornecidos em médias horárias de 24 horas e coletados através do banco de dados do IEMA. Após a imputação dos dados faltantes foram calculadas as médias diárias de concentração dos poluentes em estudo e então realizaram-se as análises conforme os padrões de qualidade do ar estabelecidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 1990), Decreto Estadual 3463-R (ESPÍRITO SANTO, 2013) e as diretrizes propostas pela OMS (WHO, 2005), sumarizados na Tabela 2. A tabulação dos dados foi realizada em planilhas eletrônicas e as análises estatísticas, imputação de dados faltantes e geração de gráficos foi feita no *software* livre R (R CORE TEAM, 2018).

Tabela 2: Padrões de qualidade do ar estabelecidos pelo CONAMA, Decreto Estadual 3463-R/ES e diretrizes da OMS para PTS e PM₁₀.

ENTIDADE	NORMA	PM ₁₀ (µg/m ³)		PTS (µg/m ³)	
		Tempo de exposição 24 horas	Anual	Tempo de exposição 24 horas	Anual
OMS	Diretriz	50	20	-	-
ES	Meta Intermediária 1 (MI1)	120	45	180	65
CONAMA	Padrão Primário (PP)	150	50	240	80
	Padrão Secundário (PS)	150	50	150	60

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para um entendimento preliminar dos poluentes em estudo, apresentam-se na Tabela 3, algumas de suas medidas descritivas. Conforme observado, para o poluente PM₁₀ a maior média foi registrada no período de estudo pertence à Estação Cariacica (40,31 µg/m³), seguida por Laranjeiras (32,73 µg/m³). Todas as estações apresentaram alto coeficiente de variação e um desvio padrão relativamente alto, o que sugere que a média dos dados é pouco representativa. Entre os valores máximos observados, todos, sem exceção, ultrapassaram as diretrizes estabelecidas pela OMS para esse poluente além de que o valor máximo registrado para a Estação Cariacica (120,83 µg/m³) também ultrapassou a Meta Intermediária 1 (MI1) estabelecida pelo Decreto 3463 – R/2013. Os coeficientes de assimetria e curtose encontrados inferem que as séries em estudo não pertencem a uma distribuição normal de probabilidades. Os altos valores da média e também de máxima concentração de PM₁₀ encontrado para a Estação Cariacica estão associadas a localização desta estação na RGV, pois a mesma encontra-se próxima a CEASA do estado do Espírito Santo, onde há um intenso fluxo de automóveis e, conseqüentemente, um maior nível de poluição devido a emissão dos veículos e à ressuspensão de poluentes oriunda do tráfego destes.

Para o poluente PTS, o maior valor médio encontrado foi na Estação Cariacica (72,14 µg/m³), assim como para o PM₁₀ e, o maior valor máximo também foi observado nesta estação alcançando a marca de 275,21 µg/m³, valor este que ultrapassou a MI1 do Decreto 3463 – R/2013 e os padrões primário e secundário da Resolução CONAMA/1990 o que é algo alarmante, visto que, mesmo os poluentes atmosféricos sendo encontrados em concentrações abaixo dos padrões permitidos causam danos à saúde humana (DAPPER *et al.*, 2016), logo, concentrações muito elevadas como a observada em Cariacica aliadas a condições meteorológicas adversas podem tornar a qualidade de vida preocupante, promovendo impactos agudos e crônicos na saúde humana, principalmente para grupos de risco, como crianças abaixo de cinco anos, idosos e pessoas com doenças respiratórias.

Tabela 3: Medidas descritivas dos poluentes sob estudo.

Estações	Medidas Descritivas								
	µ(µg/m ³)	M(µg/m ³)	σ ² (µg/m ³)	CV(%)	Máx.(µg/m ³)	Mín.(µg/m ³)	Assim.	Curt.	
PM ₁₀	E1	32,73	31,04	13,17	40,23	118,79	5,97	1,00	1,93
	E2	20,35	19,12	7,28	35,81	88,25	4,42	1,83	6,87
	E3	23,45	22,61	7,43	31,67	66,88	3,54	0,95	2,00
	E4	28,15	27,21	8,74	31,06	83,58	8,83	0,95	2,14
	E5	25,48	21,42	8,08	31,70	83,12	6,79	1,03	2,21
	E6	26,93	25,96	9,54	35,43	88,13	5,00	0,95	2,08
	E8	40,31	38,34	15,22	37,75	120,83	5,50	1,19	2,63
PTS	E3	45,22	43,96	15,55	34,38	157,79	9,12	1,11	3,09
	E4	38,38	37,08	11,99	31,25	128,79	10,08	1,32	4,36
	E5	40,15	39,08	14,23	35,43	139,92	8,75	1,14	3,45
	E6	43,32	41,21	16,58	38,27	146,04	6,45	0,99	1,83
	E8	72,14	67,32	31,31	43,41	275,21	3,63	1,30	3,26

Legenda: µ = média, M = mediana, σ² = desvio padrão, Máx. = Valor máximo, Mín. = Valor mínimo, CV = Coeficiente de Variação, Assim. = Assimetria, Curt. = Curtose.

A Figura 2 a seguir, apresenta a evolução temporal das séries de PTS para as estações em análise e a comparação das concentrações medidas ao longo do tempo com os padrões estabelecidos para este poluente. A primeira observação que se faz é que não existe uma diretriz da OMS para o PTS, visto que este poluente não representa

ameaça direta à saúde humana, isto é, nosso sistema respiratório superior possui mecanismos de defesa contra a entrada desse poluente no organismo, porém a Resolução CONAMA ainda apresenta padrões primário e secundário para esse poluente, visto que, sua elaboração data de 1990 e, como esses dois padrões apresentam valores diferentes para os limites de concentração permitidos, foram representados graficamente. A segunda observação que se faz referente ao PTS é que ele pode ser usado como indicativo da concentração de PM_{10} (particulado mais fino e, conseqüentemente, mais perigoso à saúde humana), isto é, quanto maior a concentração de PTS, maior a concentração de PM_{10} , o que pode ser visto ao compararmos as Figuras 2 e 3 entre as respectivas estações.

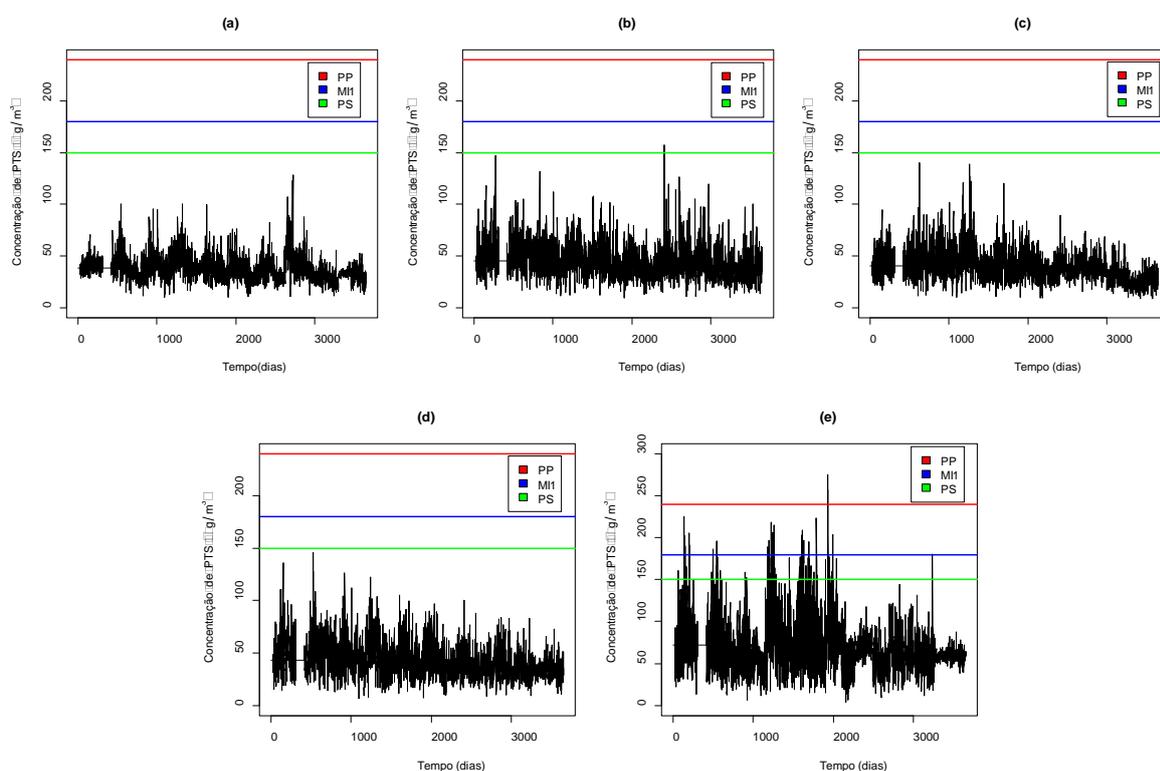


Figura2: Séries temporais das estações sob análise para o poluente PTS – (a) Jardim Camburi, (b) Enseada do Suá, (c) Vitória (Centro), (d) IBES, (e) Cariacica.

Pode-se inferir da análise da Figura 2 que, durante o período observado, as concentrações de PTS não ultrapassaram os padrões permitidos pela legislação estadual (linha azul) e nem pelo CONAMA (linhas vermelha – padrão primário – e verde – padrão secundário) nas estações Jardim Camburi, Vitória (Centro) e IBES, enquanto que, na Estação Enseada do Suá o padrão secundário foi ultrapassado uma vez, correspondendo a maior concentração medida nessa estação e, na Estação Cariacica foram registrados os maiores valores de concentração do poluente, inclusive com um total de 4 observações ultrapassando o padrão primário (menos restritivo em relação a MI1 e ao padrão secundário) estabelecido pelo CONAMA para a concentração de PTS. A MI1 foi ultrapassada em Cariacica 32 vezes e o padrão secundário estabelecido pelo CONAMA foi ultrapassado 90 vezes.

Esses dados denotam um grave problema de saúde pública e saneamento ambiental na região de estudo, tendo em vista que, os padrões estabelecidos são instrumentos de gestão da qualidade do ar, determinados como valores de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica (CONAMA, 2018) e, como estes padrões estão sendo ultrapassados, a garantia de segurança da população e do meio ambiente em relação aos danos causados pela poluição atmosférica estão sendo violados. Somado a essa situação, tem-se um agravante comprovado pela literatura científica, no qual estudos sobre a poluição atmosférica e os efeitos na saúde da população vem demonstrando que, mesmo quando os poluentes se encontram abaixo dos níveis determinados pela legislação, estes são capazes de provocar efeitos na saúde das pessoas (DAPPER *et al.*, 2016).

A evolução temporal das séries de concentração de PM_{10} em comparação com a legislação vigente é apresentada na Figura 3. A diretriz da OMS para o poluente foi representada na cor azul, a MII do decreto estadual na cor verde e o padrão primário e secundário do CONAMA (visto que é o mesmo limite para os dois) foi representado na cor vermelha. Pode-se observar que o padrão estabelecido pelo CONAMA não foi ultrapassado em nenhuma estação durante o período de estudo. Já MII foi ultrapassada apenas uma vez na Estação Cariacica porém, as diretrizes recomendadas pela OMS, cujos limites estabelecidos são o objetivo final a se alcançar com a aplicação da legislação estadual, foi ultrapassada em todas as estações no período do estudo, a saber: Laranjeiras – 383 vezes, Carapina – 19 vezes, Jardim Camburi – 16 vezes, Enseada do Suá – 67 vezes, Vitória (Centro) – 33 vezes, IBES – 71, Cariacica – 723 vezes.

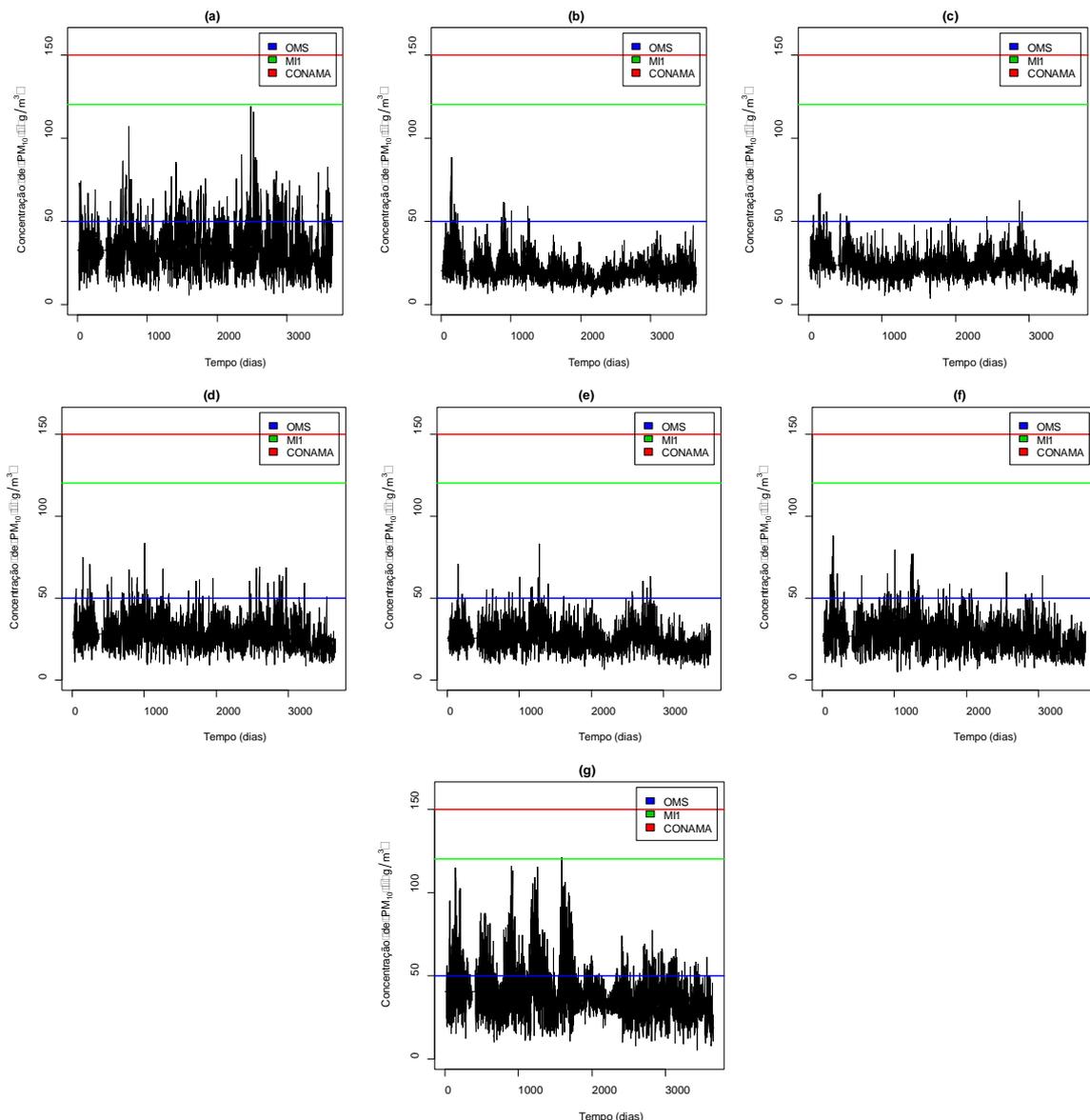


Figura 3: Séries temporais das estações sob análise para o poluente PM_{10} – (a) Laranjeiras, (b) Carapina, (c) Jardim Camburi, (d) Enseada do Suá, (e) Vitória (Centro), (f) IBES, (g) Cariacica.

Esses dados e análises se mostram alarmantes visto que, estudos realizados na RGV, tem comprovado a relação entre exposição ao material particulado e desenvolvimento de doenças respiratórias e cardiovasculares, de forma mais significativa, nos chamados grupos de risco (crianças menores de cinco anos, idosos e pessoas com doenças respiratórias pré-existentes). Nascimento *et al.* (2017) avaliaram a associação entre concentração de material particulado na atmosfera e internações de crianças menores de 12 anos por doenças respiratórias. Em seus resultados, os autores encontraram associação positiva entre a concentração de PM e internações de crianças por

motivo de doenças respiratórias, de forma que, um incremento de apenas $4,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de material particulado, acarreta um aumento do risco de hospitalização de 3,8% a 5,6%. Freitas *et al.* (2016) analisaram o impacto da poluição do ar nas morbidades respiratórias e cardiovasculares em crianças e adultos de Vitória. Segundo os autores, para cada incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de PM_{10} , o aumento no risco relativo de hospitalização por doenças respiratórias totais era de 9,67%. Quanto às doenças cardiovasculares, foi encontrada maior relação entre a exposição ao poluente e a hospitalização em maiores de 39 anos.

Além de morbidades, doenças cardiovasculares e respiratórias que já tiveram sua relação comprovada com a exposição ao material particulado, estudos recentes conseguiram detectar a associação entre exposição ao poluente e seu impacto na performance cognitiva humana (ZHANG, *et al.*, 2018) e também a associação entre exposição ao material particulado respirável e o desenvolvimento de diabetes (BOWE *et al.*, 2018) em concentrações até inferiores a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Assim, os resultados apresentados corroboram para o fato de que, as concentrações de PM na RGV vem atingindo níveis prejudiciais à saúde (PINTO *et al.*, 2018) pois, apesar de as concentrações estarem abaixo dos padrões do CONAMA e próximos aos padrões do Decreto Estadual 3463-R/2013 e das diretrizes da OMS, é possível encontrar efeitos da poluição do ar na saúde dos moradores da RGV (FREITAS *et al.*, 2016). Com base nesses resultados, sugere-se a busca sempre dos menores níveis de exposição para proteção da saúde, mesmo em cidades pouco poluídas e, para o Estado do Espírito Santo, avaliações referentes a MI1, para que, a MI2 do decreto Estadual venha a entrar em vigor em breve, garantindo assim, maior segurança à população e ao meio ambiente no tocante aos danos causados pela poluição atmosférica.

CONCLUSÕES

Conforme resultados obtidos neste trabalho, pode-se induzir que a Resolução CONAMA está ultrapassada, uma vez que foi implementada a 28 anos, e conseqüentemente não reflete os novos conhecimentos técnicos e científicos sobre a temática da poluição atmosférica, necessitando de revisão urgente, tendo em vista que uma atualização a nível federal seria um incentivo para a atualização das legislações estaduais, tornando o gerenciamento da qualidade do ar mais incisivo. O Estado do Espírito Santo, apesar de ter dado início ao procedimento progressivo para se atingir os padrões recomendados pela OMS não estabeleceu prazos para o cumprimento de cada etapa (Metas) continuando a empregar parâmetros defasados. Sugerem-se medidas emergências para a localidade da estação Cariacica, visto que sua situação é a mais alarmante entre as estações estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABE, Karina Camasmie; MIRAGLIA, Simone Georges El Khouri. Avaliação de impacto à saúde do programa de controle de poluição do ar por veículos automotores no município de São Paulo, Brasil. RBCIAMB, n.47, p.61-73, 2018.
2. BOWE, Benjamin et al. *The 2016 global and national burden of diabetes mellitus attributable to PM 2.5 air pollution. The Lancet Planetary Health*, v. 2, n. 7, p. e301-e312, 2018.
3. CHALOULAKOU, A.; KASSOMENOS, P.; SPYRELLIS, N.; DEMOKRITOU, Philip; KOUTRAKIS, P. *Measurements of PM10 and PM2.5 particle concentrations in Athens, Greece. Atmospheric Environment*, v. 37, p. 649–660, 2003.
4. CONAMA. Resolução CONAMA nº 003/90, de 28 de junho de 1990. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>. Acesso em: 06 de agosto de 2018.
5. CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 155. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740>. Acesso em: 16 dez. 2018
6. DAPPER, Steffani Nikoli; SPOHR, Caroline; ZANINI, Roselaine Ruviano. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. *Estudos Avançados*, v. 30, n. 86, p. 83-97, 2016.
7. ESPÍRITO SANTO [Estado]. Decreto Estadual nº. 3463-R /2013, de 17 de dezembro de 2013. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas. Diário Oficial [do] Estado do Espírito Santo. Vitória, ES, 17 jul. 2013.
8. FREITAS, Clarice Umbelino de; LEON, Antonio Ponce de; JUGER, Washington; GOUVEIA, Nelson. *Air pollution and its impacts on health in Vitoria, Espirito Santo, Brazil*. *Revista de Saúde Pública*, v. 50, p. 4, 2016.



9. JUNGER, Washington Leite. Análise, imputação de dados e interfaces computacionais em estudos de séries temporais epidemiológicas. 2008. Tese (Doutorado em Epidemiologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
10. KÖPPEN, Wladimir. *Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. Geographische Zeitschrift*, v. 6, n. 11. H, p. 593-611, 1900.
11. LIRA, Taisa Shimosakai de. Modelagem e previsão da qualidade do ar na cidade de Uberlândia-MG. Uberlândia, MG. UFU, 2009. 152 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia.
12. NASCIMENTO, A. P., SANTOS, J. M., MILL, J. G., DE SOUZA, J. B., JÚNIOR, N. C. R., & REISEN, V. A. Associação entre concentração de partículas finas na atmosfera e doenças respiratórias agudas em crianças. *Revista de Saúde Pública*, v. 51, p. 3-3, 2017.
13. PINTO, Wanderson de Paula. O uso da metodologia de dados faltantes em séries temporais com aplicação a dados de concentração (PM10) observados na Região da Grande Vitória. Vitória, ES. UFES, 2013.85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo.
14. PINTO, Wanderson de Paula; REISEN, Valdério Anselmo; MONTE, Edson Zambon. Previsão da concentração de material particulado inalável, na Região da Grande Vitória, ES, Brasil, utilizando o modelo SARIMAX. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 23, n. 2, 2018.
15. *R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.* URL <https://www.R-project.org/>.
16. RUSSO, P. R. A qualidade do ar no município do Rio de Janeiro: análise espaço - temporal de partículas em suspensão na atmosfera. *Revista de Ciências Humanas*, v.10, n.1, p.78-93, jan./jun. 2010.
17. WHO. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Genebra, 2006.
18. ZHANG, Xin; CHEN, Xi; ZHANG, Xiaobo. The impact of exposure to air pollution on cognitive performance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 115, n. 37, p. 9193-9197, 2018.