



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

**ANÁLISES DO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL DE UMA  
EMPRESA DE LOGÍSTICA DE GRANDE PORTE –  
INDICADORES DE CONFORTO AMBIENTAL E EMISSÕES  
ATMOSFÉRICAS NOS CORREDORES FERROVIÁRIOS DE  
MINAS GERAIS**

**CAMILA ALVES SOARES ARANTES**

**THAÍS FERRAZ**

**Belo Horizonte**

**2017**

**CAMILA ALVES SOARES ARANTES**

**THAÍS FERRAZ**

**ANÁLISES DO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL DE UMA  
EMPRESA DE LOGÍSTICA DE GRANDE PORTE –  
INDICADORES DE CONFORTO AMBIENTAL E EMISSÕES  
ATMOSFÉRICAS NOS CORREDORES FERROVIÁRIOS DE  
MINAS GERAIS**

**Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao Centro Federal de  
Educação Tecnológica de Minas Gerais  
como requisito parcial para obtenção  
do título de Engenheira Ambiental e  
Sanitarista.**

Orientador: Prof. Dr. Vandeir Robson da Silva Matias

**Belo Horizonte**

**2017**



Serviço Público Federal – Ministério da Educação  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENGENHARIA  
AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**ATA DE DEFESA FINAL  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II**

Aos vinte e nove dias do mês de Novembro de 2017, no *campus* I do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, reuniram-se os professores Vandeir Robson da Silva Matias, Daniel Brianezi e Matusalém de Brito Duarte para participarem da banca de avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **“Análises do sistema de gestão ambiental de uma empresa de logística de grande porte - Indicadores de conforto ambiental e emissões atmosféricas nos corredores ferroviários de Minas Gerais”** de autoria das alunas **Camila Alves Soares Arantes** e **Thaís Ferraz**, do curso de Engenharia de Ambiental e Sanitária. Uma vez avaliado, o trabalho foi declarado:

- Aprovado.  
 Reprovado.

Belo Horizonte, 29 de Novembro de 2017.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Vandeir Robson da Silva Matias (orientador)

Prof. Dr. Daniel Brianezi

Prof. Dr. Matusalém de Brito Duarte

## **Agradecimentos**

Aos nossos pais, irmãos, à nossa família, que sempre deram o melhor de si e apoiaram cada etapa para que alcançássemos essa conquista de nossas vidas. Aos nossos amigos pelo incentivo, apoio e compreensão constantes. Ao Pedro, nosso amigo e estagiário favorito que tanto nos ajudou nessa reta final. Aos nossos gestores, Aline e Rodrigo, pelo apoio, compreensão e esclarecimentos. Ao nosso orientador Prof. Dr. Vandeir Robson da Silva pelos conselhos sempre úteis e precisos com que, sabiamente, orientou este trabalho.

## Resumo

O modal ferroviário é fundamental para o crescimento do sistema logístico do Brasil e recebe importantes investimentos pelas concessionárias desde o início do processo de concessões do governo federal em 1992. O escoamento de produtos através desse modal proporciona uma grande eficiência em comparação com outros modais pela capacidade de transporte de grandes volumes. Em contrapartida, o modal ferroviário é causador de grande desconforto ambiental para a população. O presente trabalho tem por objetivo analisar os principais indicadores de conforto ambiental (ruídos, vibrações e emissões atmosféricas) provenientes da passagem de composições ferroviárias com alto volume de cargas de uma empresa de logística ferroviária em comparação com os padrões estabelecidos pela legislação brasileira. Os ruídos e vibrações causam desconforto e insalubridade na população que vive no entorno das ferrovias e são os indicadores que mais geram reclamações por parte da população. As emissões atmosféricas, apesar de não visíveis e palpáveis, afetam diretamente a saúde da população e do entorno. Os indicadores fazem parte do Sistema de Gestão Ambiental da empresa, considerado hoje como uma estratégia de qualidade pelo mercado por reduzir custos de produção, proporcionar o uso racional de recursos e geração de novas oportunidades, aliadas às práticas de melhoria contínua. A metodologia consiste em uma análise qualitativa de entrevistas realizadas com funcionários da empresa e quantitativa dos dados dos monitoramentos apresentados pela empresa entre os anos de 2015 e 2016 em consonância com os padrões estabelecidos pela legislação brasileira e de outros países, quando inexistentes. Os resultados analisados estão em consonância com os padrões estabelecidos pela legislação. Entretanto, é necessário reavaliar os valores estabelecidos pela legislação vigente, de forma a compará-los com os limites encontrados na literatura e na legislação de outros países para conforto ambiental humano para diminuir os incômodos e prejuízos às populações. As legislações aplicadas ao estudo mostram-se deficitárias para avaliação e monitoramento de padrões de ruídos e vibrações, tornando necessária a avaliação dos dados com legislações de outros estados ou de outros países. No que diz respeito às legislações aplicadas aos parâmetros de emissões atmosféricas há padrões estabelecidos para todos os parâmetros analisados.

Palavras-chave: Ruídos, Vibrações, Emissões Atmosféricas, Logística, Ferrovia.

## **Abstract**

The Railway modal is fundamental for the growth of the Brazilian logistics system and has been receiving large investments by the concessionaires since the process of concessions of the federal government in 1992. The outflow of products through this modal provides a high efficiency in comparison with others modals due the high volume capacity of transport. On the other hand, the railway modal causes high levels of environmental discomfort for the population. The present work aims to analyze the main comfort environmental indicators (noise, vibration and atmospheric emissions) resulted from the passage of train compositions with high volume of loads from a railway logistics company: noise, vibration and atmospheric emissions, in comparison with the standards established by the Brazilian law. The noise and vibrations cause an unhealthy situation to the population that lives close to the railway and are the most complicated indicators, due a high level complains recorded. Atmospheric emissions, although not visible and palpable, affect the health of the population and the surrounding environment. These indicators are part of the Environmental Management System of the company, considered now a days as a quality strategy by the market. It can reduce production costs, provide rational usage of the resources and generate new opportunities, allied with the continuous improvement practices. The methodology consists of a qualitative analysis of interviews carried out with company employees and a quantitative analysis of the monitoring data provided by the company in 2015 and 2016, compared with the standards established by the Brazilian law and other countries, when inexistent. The results show an attendance by the company of the standards established by the law. However, it is necessary to reevaluate the established standards and compare it with the limits defined in the literature and other countries laws. The laws applied to the study are deficient in evaluation of noise and vibration caused by the rail transport, which brings the necessity to analyze the data with standards defined by other states and countries. As regards of the laws applicable to atmospheric emissions, there are standards set to all the parameters analyzed.

**Key-Words:** Noise, Vibrations, Atmospheric emissions, Logistics,Railway.

## Lista de Figuras

Figura 1 - Distribuição percentual dos modais de transporte de carga no Brasil .....	24
Figura 2 - Comparação entre os principais produtos transportados nas ferrovias brasileiras entre os anos de 1997 e 2004.....	26
Figura 3 - Malha ferroviária brasileira .....	27
Figura 4 - Malha ferroviária no Estado de Minas Gerais .....	28
Figura 5 - Níveis máximos de ruído para diversos tipos de ambientes .....	41
Figura 6 - Mecanismo de geração de ruído e vibração por rolagem .....	42
Figura 7 - Fontes de ruído ferroviário e função da velocidade da composição ferroviária.....	43
Figura 8 - Caminho da propagação do ruído proveniente do transporte ferroviário .....	44
Figura 9 - Sistema de geração, transmissão e recepção de vibrações.....	46
Figura 10 - Localização dos pontos de emissão atmosférica monitorados pela empresa contratada.....	62
Figura 11 - Localização dos pontos de medição de ruído e vibração monitorados pela empresa contratada.....	63
Figura 12 - Localização das estações de qualidade do ar monitoradas pela empresa contratada .....	64
Figura 13 - Equipamento medidor de ruído ambiental.....	65
Figura 14 - Calibrador do Medidor de Ruído .....	65
Figura 15 - Software para análise do ruído medido.....	66
Figura 16 - Sismógrafo Instantel Micromate com microfone e geofone.....	67
Figura 17 - Software Blastware 10.4 .....	68
Figura 18 - Analisador de gases .....	69
Figura 19 - Medidor de Opacidade.....	69

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Porcentagem de TKU transportada em relação ao custo no Brasil .....	25
Tabela 2 - Concentrações médias, em g por kg de combustível, de alguns compostos emitidos na exaustão de máquinas a diesel e a gasolina do final da década de 80 .....	37
Tabela 3 - Limites de Pico de Velocidade da Partícula (PVP) em (mm/s) para integridade estrutural .....	47
Tabela 4 - Nível de Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB(A), de acordo com a NBR 10151:2000 .....	49
Tabela 5 - Limites legais de ruído em áreas vizinhas a rodovias e ferrovias de acordo com a CETESB DD nº 389/2010/P .....	50
Tabela 6 - Limites máximos de opacidade em aceleração livre de veículos não abrangidos pela Resolução CONAMA 16/95 (anteriores a ano-modelo 1996).....	55
Tabela 7 - Limites de opacidade em aceleração livre de veículos a diesel posteriores à vigência da Resolução CONAMA 16/95 (ano-modelo 1996 em diante).....	55
Tabela 8 - Limites de CO e NOX conforme Resolução CONAMA nº 10/1989.....	56
Tabela 9 - Padrões de Qualidade do Ar - Resolução CONAMA nº 03/1990.....	57
Tabela 10 - Tabela de estatística descritiva de ruídos – 2015 e 2016 .....	71
Tabela 11 - Tabela de estatística descritiva de vibrações 2015 e 2016 .....	79
Tabela 12 - Percentuais de pontos que se enquadram nas faixas de variação da percepção da vibração no corpo humano .....	81
Tabela 13 - Estatística descritiva emissão de Opacidade .....	84
Tabela 14 - Estatística descritiva emissões de Óxido de Nitrogênio.....	86
Tabela 15 - Estatística descritiva emissão de Monóxido de Carbono .....	88
Tabela 16 - Tabela de estatística descritiva da média aritmética anual de concentração de poluentes – jan/2016 a dez/16 .....	89



## Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Percentuais de emissões de CO <sub>2</sub> por tipo de modal de transporte utilizado em 2005 nos países membros da UE.....	36
Gráfico 2 - Consumo de energia do setor de transporte brasileiro (%).....	37
Gráfico 3 - Comparação entre o Ruído Ambiente e o Ruído Total - 2015.....	72
Gráfico 4 - Comparação entre o Ruído Ambiente e o Ruído Total - 2016.....	72
Gráfico 5 - Comparação entre o LAeq Acumulado 24 horas e o limite estabelecido pela CETESB - 2015.....	74
Gráfico 6 - Comparação entre o LAeq Acumulado 24 horas e o limite estabelecido pela CETESB - 2016.....	74
Gráfico 7 - Comparação entre o LAeq Acumulado 24 horas entre os anos 2015 e 2016.....	75
Gráfico 8 - Comparativo entre valores de vibração de 2015 e 2016 em relação a legislação DIN 4150.....	79
Gráfico 9 - Valores médios pontuais de opacidade para os anos de 2015 e 2016.....	85
Gráfico 10 - Emissões de Óxidos de Nitrogênio (g/Kwh).....	87
Gráfico 11 - Emissões de Monóxido de Carbono (g/Kw.h).....	88
Gráfico 12 - Variação Média Mensal das medições de PI (<10µm) [µg/m <sup>3</sup> ]- Minas Gerais...	90
Gráfico 13 - Médias aritméticas mensais de concentração de PI por cidade - Concentração (µg/m <sup>3</sup> ).....	91
Gráfico 14 - Média Aritmética da concentração de PI anual 2016 –Concentração PI (µg/m <sup>3</sup> )	92
Gráfico 15 - Distribuição do IQA para Partículas Inaláveis da Estação Araguari.....	93
Gráfico 16 - Distribuição do IQA para Partículas Inaláveis da Estação Ibiá.....	93
Gráfico 17 - Distribuição do IQA para Partículas Inaláveis da Estação Arcos.....	93
Gráfico 18 - Distribuição do IQA para Partículas Inaláveis da Estação Divinópolis.....	94
Gráfico 19 - Distribuição do IQA para Partículas Inaláveis da Estação Lavras.....	94
Gráfico 20 - Distribuição do IQA para Partículas Inaláveis da Estação Azurita.....	94
Gráfico 21 - Distribuição do IQA para Partículas Inaláveis da Estação Imbiricu.....	95
Gráfico 22 - Distribuição do IQA para Partículas Inaláveis da Estação Belo Horizonte.....	95

Gráfico 23 - Média da porcentagem mensal do IQAr .....	96
--	----

## Lista de Quadros

Quadro 1 - Etapas para implantação do Sistema de Gestão Ambiental .....	20
Quadro 2 - Classificação de poluentes e suas formas.....	30
Quadro 3 - Padrões nacionais de qualidade do ar (Resolução CONAMA N° 03 de 28/06/90)	32
Quadro 4 - Níveis críticos da poluição do ar de acordo com a Resolução CONAMA n° 3 de 28/06/90.....	33
Quadro 5 - Qualidade do ar e efeitos à saúde .....	34
Quadro 6 - Classificação dos ruídos .....	39
Quadro 7 - Efeitos de diferentes níveis de ruído ao ser humano .....	40
Quadro 8 - Fatores de geração de vibrações.....	46
Quadro 9 - Limites de Pico de Velocidade da Partícula (PVP) em (mm/s) para limites de incomodidade .....	48
Quadro 10 - Valores de referência para velocidade de vibração para serem usados para avaliação dos efeitos de vibrações de longa duração definidos pela DIN 4150-3 .....	52
Quadro 11 - Critérios de Avaliação de Vibração LNEC para Seres Humanos .....	52
Quadro 12 - Critérios de Avaliação de Vibração LNEC para Edificações* .....	53
Quadro 13 - Critérios de vibração CETESB .....	53
Quadro 14 - Estrutura e Distribuição dos Índices de Qualidade do Ar (IQAr).....	57
Quadro 15 - Equipamentos utilizados para medir o ruído ambiental .....	65
Quadro 16 - Equipamentos utilizados para medição de vibrações .....	67
Quadro 17 - Analisador de gases .....	68
Quadro 18 - Medidor de opacidade .....	69
Quadro 19 - Nomenclatura dos pontos em relação às cidades onde ocorreu a medição.....	70
Quadro 20 - Nomenclatura dos pontos em relação às cidades onde ocorreu a medição.....	83

## Lista de Abreviaturas e Siglas

AAR	<i>Association of American Railroads</i> (Associação Americana de Ferrovias)
ABML	Associação Brasileira de Movimentação e Logística
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANTF	Associação Brasileira de Transportes Ferroviários
ANTT	Associação Brasileira de Transportes Terrestres
BDMG	Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
dB	Decibéis
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i> (Agência de Proteção Ambiental)
EU	União Europeia
GEE	Gases do Efeito Estufa
HZ	Hertz
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IQAr	Índice de Qualidade do Ar
ISSO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional de Normalização)
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMS	Organização Mundial da Saúde
NBR	Normas Brasileiras Regulamentadoras
PCPV	Planos de Controle de Poluição Veicular
PI	Partículas Inaláveis
PIL	Programa de Investimentos em Logística
PND	Plano Nacional de Desestatização
PNTL	Plano Nacional de Logística e Transportes
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
PRONAR	Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar
RAMQAr	Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar
RFFSA	Rede Ferroviária Federal S.A.
SGA	Sistema de Gestão Ambiental

TKU

Toneladas-Quilômetro-Útil

## SUMÁRIO

Lista de Figuras .....	v
Lista de Tabelas .....	vi
Lista de Gráficos .....	vii
Lista de Quadros.....	ix
Lista de Abreviaturas e Siglas .....	x
<b>1.INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2.RELEVÂNCIA .....</b>	<b>15</b>
<b>3.OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1. Objetivo Geral .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>17</b>
<b>4.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>17</b>
<b>4.1. O Sistema de Gestão Ambiental Empresarial do Brasil .....</b>	<b>17</b>
<b>4.2.Características do transporte ferroviário no Brasil .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2.1. <u>Logística e transporte ferroviário: cenários e perspectivas</u> .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2.2. <u>Análise da malha ferroviária do Estado de Minas Gerais</u> .....</b>	<b>27</b>
<b>4.3 - Controle ambiental e suas implicações.....</b>	<b>29</b>
<b>4.3.1. <u>Poluição do ar</u> .....</b>	<b>29</b>
<b>4.3.2. <u>Ruídos</u>.....</b>	<b>38</b>
<b>4.3.3. <u>Vibrações</u> .....</b>	<b>44</b>
<b>4.4 - As legislações e normas pertinentes aplicadas ao caso. ....</b>	<b>48</b>
<b>4.4.1. <u>Ruídos</u>.....</b>	<b>48</b>
<b>4.4.2. <u>Vibrações</u> .....</b>	<b>51</b>
<b>4.4.3. <u>Emissões Atmosféricas</u>.....</b>	<b>54</b>
<b>4.4.4. <u>Qualidade do ar</u>.....</b>	<b>56</b>
<b>5.METODOLOGIA.....</b>	<b>58</b>
<b>5.1 - As características da empresa analisada.....</b>	<b>58</b>
<b>5.2 - Procedimentos metodológicos .....</b>	<b>58</b>
<b>5.2.1 <u>Metodologia qualitativa</u>.....</b>	<b>59</b>
<b>5.2.2 <u>Metodologia quantitativa</u>.....</b>	<b>60</b>
<b>5.3 - O banco de dados .....</b>	<b>61</b>
<b>5.3.1 <u>Característica do banco de dados</u>.....</b>	<b>61</b>
<b>5.3.2 <u>Metodologia de medição dos parâmetros</u> .....</b>	<b>64</b>

<b>6.RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>70</b>
<b>6.1 - Ruídos.....</b>	<b>70</b>
<b>6.2 - Vibrações.....</b>	<b>78</b>
<b>6.3 - Emissões Atmosféricas.....</b>	<b>83</b>
<b>6.3.1 <u>Opacidade</u> .....</b>	<b>83</b>
<b>6.3.2 <u>Óxidos de Nitrogênio</u> .....</b>	<b>86</b>
<b>6.3.3 <u>Monóxido de Carbono</u>.....</b>	<b>87</b>
<b>6.3.4 <u>Qualidade do Ar</u> .....</b>	<b>89</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>97</b>
<b>8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>100</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país exportador de *commodities* de dimensões continentais. As exportações brasileiras estão concentradas em seis produtos principais: minério de ferro, petróleo bruto, soja, café, carne e açúcar. São considerados produtos de baixo valor agregado, transportados em grande volume e por longas distâncias. Um sistema logístico eficiente se torna fundamental para que os escoamentos dos produtos sejam feitos de forma econômica e rápida. Nesse contexto, o modal ferroviário torna-se eficiente, ao reduzir custos e qualificar a competitividade dos produtos brasileiros (REIS; MIGUEL, 2015).

O modal ferroviário, apesar de ser deficiente em relação à extensão da malha em território brasileiro, tem ganhado forças desde 1992, quando o processo de concessões foi iniciado. O governo federal e as atuais concessionárias têm investido para torná-lo mais eficiente, com uma menor taxa de acidentes e diminuição da poluição proveniente, uma vez que, as ferrovias são fundamentais para o desenvolvimento do país.

De modo geral, os sistemas de transportes são as principais fontes geradoras de poluição ambiental, sobretudo atmosférica, com notáveis emissões de monóxido e dióxido de carbono, além de altos níveis de emissões de ruído e vibrações. Por ser responsável pelo deslocamento de grandes cargas, o transporte ferroviário é um grande gerador de desconforto ambiental para a população urbana e rural.

O transporte ferroviário possui grande impacto no que tange a poluição sonora, também denominada contaminação atmosférica. Os ruídos e vibrações causados pela passagem da composição ferroviária em geral são grandes responsáveis pelo desconforto e insalubridade populacional, pelas doenças auditivas dos trabalhadores dos comboios ferroviários e danos estruturais as vizinhanças. Economicamente, os efeitos nocivos podem se expandir e afetar a população vizinha à via férrea, visto que pode haver desvalorização imobiliária no entorno da via (LUZZI; CERVO; SPECHT, 2015). A análise desses parâmetros é importante para o conhecimento do comportamento dos mesmos em regiões diferentes, sendo considerado um meio para a proteção às pessoas.

No Brasil não há uma regulamentação própria de abrangência nacional para a medição de ruídos e vibrações provenientes do modal ferroviário. Portanto, utilizam-se critérios e resoluções de outros países sendo empregados assim diferentes critérios de avaliação e



predição desses parâmetros conforme decisão dos profissionais envolvidos. Dessa maneira, trabalhos diferentes podem obter conclusões divergentes em um mesmo tema de estudo (HORTA, 2014).

Segundo Bronzati (2009), o desconforto ambiental proveniente dos níveis de ruídos percebidos tem crescido tanto que a poluição sonora urbana passou a ser considerada como a forma de poluição que atinge o maior número de pessoas residentes nas áreas centrais das grandes cidades. Ainda, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), no contexto geral, a poluição sonora só perde para a poluição do ar como agente poluidor.

Entre os anos de 2002 a 2010 foram emitidos 23,8 milhões de toneladas de dióxido de carbono fóssil provenientes do transporte ferroviário de cargas de acordo com o 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas do Transporte Ferroviário de Cargas. Os efeitos da má qualidade do ar não são tão visíveis se comparados a outros fatores como ruídos e vibrações. Contudo, estudos epidemiológicos demonstram correlações entre a exposição aos poluentes atmosféricos e os efeitos de morbidade e mortalidade. Além dos danos à saúde e qualidade de vida da população, dos materiais, solos, águas e da visibilidade, a poluição atmosférica também causa maiores gastos ao Estado uma vez que os custos envolvidos na saúde pública aumentam (MMA).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, a gestão da qualidade do ar visa garantir o desenvolvimento socioeconômico sustentável e ambientalmente seguro, fazendo-se necessárias ações de prevenção, combate e redução das emissões de poluentes e dos efeitos da degradação do ambiente atmosférico. O acompanhamento de emissões atmosféricas do transporte ferroviário é um importante indicador de gestão ambiental, uma vez que permite a correlação entre agentes emissores e tipos de poluentes emitidos, sendo um instrumento estratégico para orientação de medidas eficazes quanto à gestão da qualidade do ar e preservação do meio ambiente.

O processo de discussão das questões ambientais, impulsionado a partir da década de 70 pela globalização, propagou o comprometimento das empresas com a questão ambiental, visando à construção de uma ética global. Uma vez que os fenômenos de poluição ambiental transcendem as fronteiras e afetam o Planeta como um todo.

O não cumprimento das exigências legais, através do sistema de gestão ambiental, faz com que as organizações não obtenham vantagem competitiva<sup>1</sup> e diferencial no mercado, além de ser uma estratégia preventiva. A qualidade ambiental reduz os custos de produção, devido ao uso mais racional e produtivo de insumos, gerando novas oportunidades de negócios.

É crescente a consciência da necessidade de se preservar e melhorar a qualidade ambiental e a proteção à saúde humana. Dessa forma, as empresas têm se orientado sobre os impactos de suas atividades, visto que o desempenho ambiental possui evidente importância. A qualidade ambiental não pode ser separada da qualidade total almejada pelas empresas que visam manterem-se competitivas e garantir sua posição em mercado globalizado e exigente (VALLE, 1995).

Faz-se necessário o compromisso organizacional com o comportamento sistemático e com a melhoria contínua do Sistema de Gestão Ambiental, para o alcance de um padrão de desempenho ambiental vantajoso. O Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é a estratégia indicada para que as empresas possuam ordem e consistência em suas preocupações ambientais, através da mobilização interna e externa na conquista da qualidade ambiental ansiada. A alocação de recursos, delegação de responsabilidades, avaliação contínua dos procedimentos e processos, são algumas das competências do SGA (PADOIN; JUNIOR; ROSA, 1997).

Desta forma, justifica-se a necessidade de investigação dos indicadores de gestão ambiental - ruídos, vibrações e emissões atmosféricas – relacionados ao uso transporte ferroviário inseridos no sistema de logística, visto que, além de ser um modal com notável investimento, ainda há poucos estudos relacionados ao tema. Soma-se a esse contexto a ausência de legislação ambiental nacional quanto às emissões de poluentes deste modal.

## **2. RELEVÂNCIA**

A expansão da rede de transporte ferroviário no Brasil é vista como fundamental para a retomada do crescimento econômico. Segundo a Associação Nacional dos Transportadores

---

<sup>1</sup> Vantagem competitiva: Condição que diferencia uma empresa ou um profissional da concorrência, por entregar mais valor aos seus clientes.

Ferrovíarios (ANTF), em duas décadas a taxa de aumento de produção ferroviária é quase o triplo do crescimento do PIB no Brasil.

Em 2015, o governo lançou uma nova versão do Programa de Investimentos em Logística (PIL), prevendo um investimento de R\$ 86,4 bilhões em ferrovias, a fim de reduzir custos logísticos, acelerar o escoamento da produção agrícola e atrair novos investidores (REIS; MIGUEL, 2015).

Poucos estudos foram realizados até o momento sobre os impactos causados pelo modal ferroviário no Brasil, principalmente no que se diz respeito aos indicadores de conforto ambiental. Uma vez que o transporte ferroviário tem recebido um notável investimento e sua relevância tem aumentado cada dia mais em relação à logística de cargas e pessoas, faz-se necessário a realização de estudos aprofundados no assunto, de forma a avaliar os procedimentos, métodos e medições de ruídos, vibrações e emissões atmosféricas provenientes deste modal, grandes causadores de desconforto ambiental.

O fator fundamental que justifica o presente trabalho é a avaliação de emissões dos poluentes de uma empresa de grande porte do setor ferroviário, a fim de analisar os parâmetros e comparar seus resultados com a os padrões estabelecidos pela legislação vigente, visando a proposição de medidas de melhoria do Sistema de Gestão Ambiental da empresa analisada.

É pertinente também que a fiscalização de órgãos ambientais seja eficiente de forma a evitar danos às construções e incômodo a seres humanos. Apesar de serem parâmetros de difícil mensuração para a população, o ruído, vibração e emissões atmosféricas são fundamentais para promoção da saúde e bem-estar da população.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo Geral**

Analisar os indicadores ruídos, vibrações e emissões atmosféricas do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) de uma empresa de logística ferroviária de grande porte e comparar os resultados das análises com as legislações, nacionais e internacionais, pertinentes ao caso.

### **3.2 . Objetivos específicos**

- Levantamento de dados de ruídos e vibrações consequentes do transporte ferroviário;
- Levantamento de dados de emissões atmosféricas de locomotivas;
- Levantamento de dados de qualidade do ar nas cidades da área de estudo, relevantes para a operação da ferrovia;
- Tratamento e análise de dados estatísticos dos indicadores de desconforto ambiental.
- Comparação das condições ambientais com as legislações aplicáveis a cada caso e parâmetro.
- Análise crítica das legislações atuais para ruído, vibrações e emissões atmosféricas
- Proposição de medidas para melhorias no Sistema de Gestão Ambiental com relação aos indicadores analisados;

## **4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **4.1. O Sistema de Gestão Ambiental Empresarial do Brasil**

O conceito de Gestão Ambiental busca a melhoria contínua das variáveis ambientais relacionadas ao controle dos impactos ambientais gerados por uma organização (MARQUES; SOUZA; SOUZA apud VALLE, 2011). O termo organização é definido como um conjunto de partes interligadas com um propósito e que se relaciona com o ambiente em que se insere.

De acordo com Marques, Souza e Souza (2011), a gestão ambiental de uma organização faz parte do sistema de gestão global e todos os seus aspectos devem estar alinhados com os demais setores da empresa. A necessidade de uma empresa de desenvolver a gestão ambiental dentro de si vem de uma cobrança por parte do mercado nas quais estão inseridos. É fundamental que as empresas desenvolvam um lado sustentável para se tornarem competitivas e ambientalmente valorizadas.

A gestão ambiental é resultado da evolução do pensamento humano quanto à utilização dos recursos naturais. A gestão ambiental pode ser definida como uma questão de princípio emanado do conceito de sustentabilidade<sup>2</sup> e deve considerar um juízo de valor formado pelos valores não tangíveis (ética, estética, cultura, entre outros), ecológicos e econômicos (BOSCHETTI; BACARJI, 2009).

Segundo Coimbra (2002), desenvolvimento é um processo contínuo e progressivo, gerado e assumido pela comunidade que através do aproveitamento dos seus diferentes valores leva as populações a um crescimento global e harmonizado, de modo a produzir e distribuir os bens necessários para atendimento individual e coletivo com menor impacto ambiental possível.

Desta forma, observa-se que a gestão ambiental é caracterizada por um campo extenso, uma vez que o meio ambiente envolve um complexo conjunto de fatores que o constituem. Portanto, faz-se necessário o tratamento multidisciplinar dos problemas que o envolvem com atuação de profissionais de diferentes áreas de formações e envolvimento da sociedade.

A gestão ambiental contribui para diferentes atividades empresariais podendo ser divididas em três esferas: produtiva, inovação e estratégica. No que diz respeito à esfera produtiva, a gestão ambiental permeia o controle do cumprimento às regulamentações públicas, assim como a estruturação e implantação de ações ambientais. Na esfera da inovação, a gestão ambiental acompanha os dispositivos de regulamentação e avaliações de produtos e emissões a serem cumpridas e define projetos de desenvolvimento. Por fim, na esfera estratégica, fornece análises sobre potenciais a serem desenvolvidos e as restrições ambientais decorrentes (BOSCHETTI; BACARJI, 2009).

O Sistema de Gestão Ambiental (SGA) tem por objetivo consolidar e padronizar os produtos e processos de um empreendimento e gerar um sistema de controle e beneficiamento de todos os *stakeholders*<sup>3</sup> envolvidos. Para que o resultado do mesmo seja positivo, o sistema deve conciliar as necessidades das partes envolvidas com a proteção ambiental (ABNT, 2004).

---

<sup>2</sup> O desenvolvimento sustentável deve satisfazer às necessidades da geração presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras.

<sup>3</sup> *Stakeholders* ou partes interessadas: Todos aqueles, pessoas ou instituições, que afetam e/ou podem ser afetados pelas atividades, produtos ou serviços de uma organização e o desempenho a ela associada.

Os SGAs têm sido uma das alternativas utilizadas pelas empresas para modernizar seus sistemas de gestão, a fim de proporcionar maior qualidade de produtos, viabilizar e suportar as inovações tecnológicas, contribuir para o desenvolvimento sustentável para garantir o aumento da competitividade no mercado. De modo geral, os SGAs exigem a formalização dos procedimentos operacionais, o monitoramento e a melhoria contínua, propiciando a redução da emissão de resíduos e a diminuição do consumo de recursos naturais (OLIVEIRA; PINHEIRO, 2010).

O objetivo principal do SGA é a proteção ao meio ambiente e a saúde humana frente aos impactos gerados pelas atividades empresariais. Um sistema de gestão ambiental efetivo pode demonstrar a preocupação ambiental aos clientes, comunidade e organizações não governamentais; obter redução de custos em seguros, em causas trabalhistas, do consumo de energia e materiais; garantir acesso a financiamentos e melhorar relacionamento com órgãos governamentais (PADOIN; JUNIOR; ROSA, 2014). Portanto, pode ser descrito como uma metodologia no qual as empresas atuam de forma estruturada sobre suas atividades visando à sustentabilidade ambiental.

Muitas ferramentas que visam à preservação ambiental são focadas apenas em um único aspecto do ciclo de vida do produto, contudo podem mitigar impactos ambientais nas outras fases que o envolvem. Para tanto, faz-se necessário à implantação de um SGA bem estruturado (REYES; WRIGHT, 2001). A implantação possibilita uma avaliação contínua do processo produtivo, refletindo-se na busca por operações, procedimentos, mecanismos e comportamentos ambientalmente sustentáveis (CAMPOS; MELO, 2008).

O SGA visa propiciar a melhoria contínua da performance ambiental da empresa. No Quadro 1 são explicitados, em cinco etapas, os princípios definidores para a implantação do sistema de gestão ambiental, com base na legislação ambiental brasileira:

**Quadro 1- Etapas para implantação do Sistema de Gestão Ambiental**

<b>Etapas</b>	<b>Princípios</b>	<b>Descrição</b>
I	Política ambiental	Aborda-se os valores e filosofias da empresa de ordem ambiental, onde são expressas as intenções e princípios norteadores de ações visando à preservação ambiental. Há o estabelecimento de metas, objetivos e programas ambientais.
II	Planejamento	Formulação de plano para cumprimento da Política Ambiental definida: - Aspectos Ambientais; - Requisitos legais e outros; - Objetivos, metas e programas de Gestão Ambiental;
III	Implementação e operação	Desenvolvimento de mecanismos de apoio para implantação bem-sucedida: - Estrutura organizacional; - Treinamento, conscientização e competência; - Comunicação; - Documentação do Sistema de Gestão Ambiental; - Controle de documentos; - Controle Operacional; - Preparação e atendimento a emergências;
IV	Verificação e ação corretiva	Identificação e averiguação de conformidades: - Monitoramento e Medição. - Avaliação do atendimento a requisitos legais e outros. - Não-conformidades e Ações Corretivas e Preventivas. - Registros. - Auditoria interna.
V	Análise pela administração	Análise do sistema implantado, assegurando sua eficácia e pertinência, buscando oportunidades de melhoria e necessidade de alteração da política ambiental estabelecida.

Fonte: Própria dos autores, adaptado da ISO 14001.

No Brasil, têm aumentado o número de empresas que desenvolvem a gestão ambiental baseando-se na NBR Série ISO 14001. A conscientização ambiental está possibilitando o desenvolvimento de novas oportunidades de negócio e facilitando a inclusão das empresas brasileiras no mercado internacional (SILVA; MEDEIROS, 2004).

A NBR ISO 14001 é uma norma não obrigatória, aceita internacionalmente que define os requisitos necessários para implantação do Sistema de Gestão Ambiental e possibilita a melhoria do desempenho das empresas através da utilização eficiente dos recursos e redução da quantidade de resíduos, ganhando assim vantagem competitiva. Ela pode ser aplicada a todos os tipos e portes de empresas, exigindo que sejam consideradas todas as questões

ambientais envolvidas em suas operações e atividades, como poluição atmosférica, poluição hídrica, contaminação do solo, geração de efluentes, entre outros (NBR ISO 14001).

Segundo Matthews (2003), a ISO 14001 deve ser baseada no ciclo PDCA (*Plan, Do, Check e Act* – Planejar, Executar, Checar e Atuar). Primeiro, a organização deve planejar requisitos de conformidade ambiental e os possíveis impactos de suas atividades. Em segundo, os trabalhadores devem fazer o que for necessário para evitar o não cumprimento dos requisitos e os danos ambientais. Regularmente, os planos devem ser checados através de auditorias ambientais, para garantia de funcionamento adequado. Finalmente, a organização deve atuar em melhoria contínua do sistema, através de treinamentos e comunicação ambiental.

Os benefícios da normalização e certificação de um SGA nos padrões da norma ISO 14001 podem ser tanto internos quanto externos. Os internos se relacionam com a melhoria do desempenho financeiro e da produtividade. Os externos são representados pelas respostas dos *stakeholders*, da sociedade e da competitividade empresarial (GAVRONSKI, 2008).

Assim como o SGA, o Sistema Logístico possui grande importância na competitividade empresarial, sendo visto como um elemento diferenciador. Uma vez que as atividades logísticas afetam a eficiência de diversos setores de uma empresa, o bom desempenho do fluxo logístico auxilia na otimização dos processos e na redução dos custos. A logística preocupa-se com a armazenagem e movimentação de estoques, sendo que o transporte é uma das atividades de maior importância pois possibilita agregar valor a diversos produtos (BALLOU, 1993). No que diz respeito ao transporte de cargas de grandes volumes, o transporte ferroviário destaca-se como diferencial.

## **4.2 . Características do transporte ferroviário no Brasil**

### **4.2.1. Logística e transporte ferroviário: cenários e perspectivas**

O conceito de logística é definido como sistema de otimização de fluxos de produtos ou processos, integrando atividades gerenciais e operacionais, do ponto de origem ao destino (NHAN, 2002). A logística é uma ação estratégica que permite o fluxo de produtos entre a empresa e o consumidor final, promovendo maior rentabilidade e melhor serviço para os



clientes, através de ferramentas como o planejamento, organização, armazenagem e controle de atividades de movimentação (XAVIER FILHO, 2006).

Nos últimos anos, nota-se um crescente investimento em sistemas logísticos eficientes, uma vez que estes sistemas diminuem os custos de transporte dos produtos, tornando-os mais competitivos no mercado de exportações. A infraestrutura logística ajuda no desenvolvimento do comércio e é diretamente relacionada aos gastos de transporte de produtos (TONGZON, 1989; CHIN; TONGZON, 1998).

A logística, segundo a Associação Brasileira de Movimentação e Logística (ABML), representa de 15 a 18% do Produto Interno Bruto brasileiro e quando o gerenciamento é realizado de maneira eficiente, as mercadorias transportadas podem ter a redução de até 25% do valor de comercialização. Percebe-se que nesse contexto que o modal ferroviário permite uma integração mais eficiente do interior do país para o escoamento de produtos.

O transporte é elemento de maior impacto dentre os custos logísticos em toda cadeia produtiva, representando mais de 60% dos custos. A maior parte dos transportes mundiais é realizada através do modal ferroviário e rodoviário (FLEURY et al., 2000).

Em relação à logística mundial, o transporte ferroviário possui grande relevância no desenvolvimento dos países, uma vez que o transporte de cargas é feito através deste modal nas principais economias. As composições são normalmente formadas por locomotivas Diesel-elétrica e vagões que variam conforme o tipo de produto transportado e as questões logísticas aliadas à carga e descarga em terminais (CARVALHO, 2016).

A ferrovia surgiu em meados do século XIX durante a Revolução Industrial, sendo considerado um grande avanço tecnológico devido a sua eficiência. No Brasil, conforme registro histórico em 1835 ocorreu o primeiro estímulo à construção de ferrovias, no qual o Governo Imperial anunciou a lei que concedia a exploração por 40 anos àqueles que se dispusessem a construir estradas de ferro, com o objetivo de interligar os estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Bahia. A primeira operação intermodal brasileira integrando os transportes aquaviário e ferroviário surgiu apenas em 1852 (DNIT, 2007).

O governo brasileiro instituiu na década de 90, o Programa Nacional de Desestatização – PND das ferrovias brasileiras, através da Lei n.º 8.031/90, Decreto n.º

473/92, com o discurso de aumentar a produtividade desse setor. O programa objetivava a desoneração do Estado, melhoria em alocação de recursos, aumento da produtividade operacional, fomentação do desenvolvimento do mercado de transportes e melhoria na qualidade dos serviços (ANTT, 2017). A Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA) foi leiloadada e subdividida em seis malhas regionais (RFFSA, 2006).

Uma vez que o Brasil é um país de dimensões continentais, faz-se necessário um planejamento logístico eficiente para seu desenvolvimento. Esse modal de transportes do país ficou estagnado em questões de planejamento até o ano de 2007, no qual o Ministério dos Transportes lançou o Plano Nacional de Logística e Transportes (PNTL). O PNTL objetiva identificar, aperfeiçoar e racionalizar os custos envolvidos em toda a cadeia logística adotada entre a origem e o destino dos fluxos de transportes e adequar a atual matriz de transportes de cargas no país buscando a permanente utilização das modalidades de maior eficiência produtiva. O Plano é enfatizado na expansão e integração com outros modais do sistema ferroviário brasileiro.

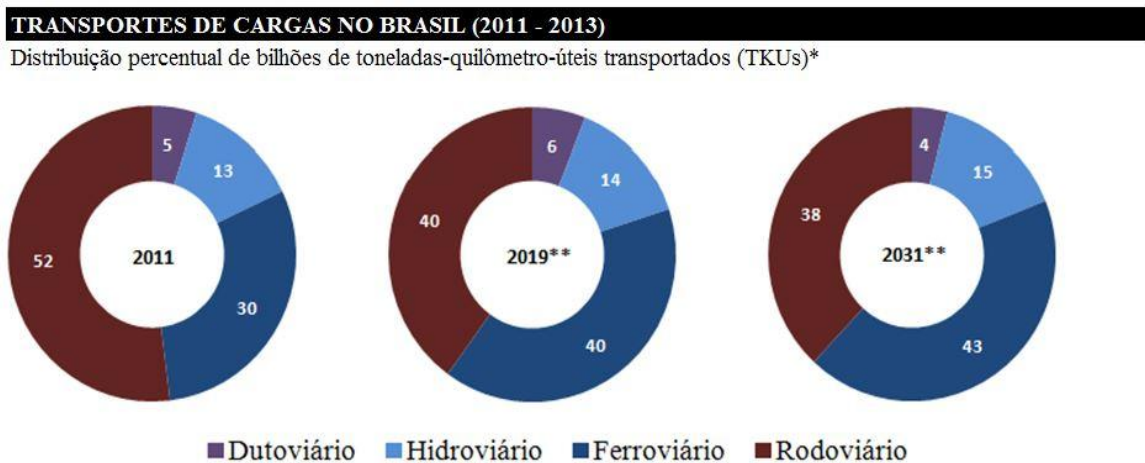
As ferrovias exercem um papel importante na logística brasileira, uma vez que 35% das commodities produzidas em território brasileiro chegam aos portos para serem exportadas através deste modal, que representa hoje 25% das cargas totais transportadas (ANTF, 2017). O transporte ferroviário é ideal para o transporte de mercadorias com um grande peso específico e de grande escala, uma vez que os custos fixos envolvidos são altos – arrendamento da malha, terminais e materiais rodantes – e os custos variáveis são baixos (REIS, 2007).

A malha ferroviária brasileira ainda é deficiente em relação às dimensões do país, mas representam um grande foco de desenvolvimento atual. O Brasil possui cerca de 30 mil quilômetros de malha ferroviária em uma área total de 8 515 767 km<sup>2</sup>. Comparativamente, os Estados Unidos, dono da maior malha ferroviária, possui cerca de 293 mil quilômetros de malha em uma área total de 9.826.675 km<sup>2</sup>. Significa que o Brasil possui cerca de 90% a menos de malha ferroviária que os Estados Unidos. Investimentos vêm aumentando progressivamente na malha brasileira e as concessionárias de ferrovias de cargas estão elevando cada dia mais sua produtividade e investimento em infraestrutura deste modal.

De acordo com a *Association of American Railroads* (AAR), o volume transportado pelas ferrovias americanas foi de 2.805.960 milhões de Toneladas-Quilômetro-Útil (TKU) em

2016. A Rússia, outro país que possui uma grande representatividade no transporte de cargas através de ferrovias e dono da segunda maior malha ferroviária mundial transportou 2.304.758 milhões de TKU nesse mesmo ano. O Brasil transportou 338 milhões de TKU no mesmo período. A Figura 1 a seguir demonstra os percentuais de distribuição dos modais de transporte de carga no Brasil:

**Figura 1- Distribuição percentual dos modais de transporte de carga no Brasil**



\*Exclui o transporte aeroviário, que respondia por menos de 1% em 2011

\*\*Estimativas

Fonte: Ministério dos Transportes

De acordo com a Figura 1, nota-se uma prevalência do modal rodoviário em relação aos outros modais de transporte no Brasil. Em 2011, 52% das cargas eram transportadas através das rodovias e apenas 30% através de modais ferroviários. Estima-se que em cerca de oito anos, o modal ferroviário aumentará em 10%, o que demonstra uma melhora bastante relativa (Ministério dos Transportes, 2017). Após esse período, o crescimento diminuirá, porém, continuará a ser relevante para o crescimento do país. Sabe-se que as ferrovias promovem um custo por TKU menor, quando utilizadas de forma eficiente (LIMA, 2006).

A Tabela 1 demonstra a relação entre a porcentagem de TKU transportada em relação ao custo no Brasil:

**Tabela 1 - Porcentagem de TKU transportada em relação ao custo no Brasil**

Modal	%TKU	Custo (Bilhões R\$)
Rodoviário	59,30%	109,2
Ferroviário	23,80%	7,5
Aquaviário	12,20%	12,5
Dutoviário	4,50%	2,1
Aéreo	0,10%	2,0
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>133,3</b>

Fonte: Própria dos autores, adaptada de Lima (2006)

A expansão da rede de transporte ferroviário no Brasil é vista como fundamental para a retomada do crescimento econômico. Em 2015, o governo lançou uma nova versão do Programa de Investimentos em Logística (PIL), prevendo um investimento de R\$ 86,4 bilhões em ferrovias, a fim de reduzir custos logísticos, acelerar o escoamento da produção agrícola e atrair novos investidores. (REIS; MIGUEL, 2015).

Além dos ganhos de competitividade e investimentos, o crescimento das ferrovias proporciona o desenvolvimento social do país. Segundo dados do ANTF, desde 1997 houve um aumento de quase 140% na geração de empregos diretos e indiretos no setor. Em relação a acidentes, um problema grave nessa atividade, as ferrovias diminuíram os índices de acidentes em mais de 80%.

Em comparação com o modal rodoviário, o custo do transporte de cargas por modal ferroviário custa R\$ 15 – 26 por 1000 toneladas-quilômetro, enquanto que o transporte via modal rodoviário custa para a mesma distância R\$ 35 – 45 (Castro, 2000). Apesar da maior rentabilidade no setor ser pelo transporte acima de 1000 km, as ferrovias brasileiras mantêm uma média de apenas 800 km de distância, sendo quase nulo o *market-share*<sup>4</sup> para distâncias maiores. Ainda, o transporte ferroviário é considerado mais seguro em relação ao modal rodoviário, com índices inferiores nos quesitos acidentes, roubos e furtos (BARTHOLOMEU, 2006).

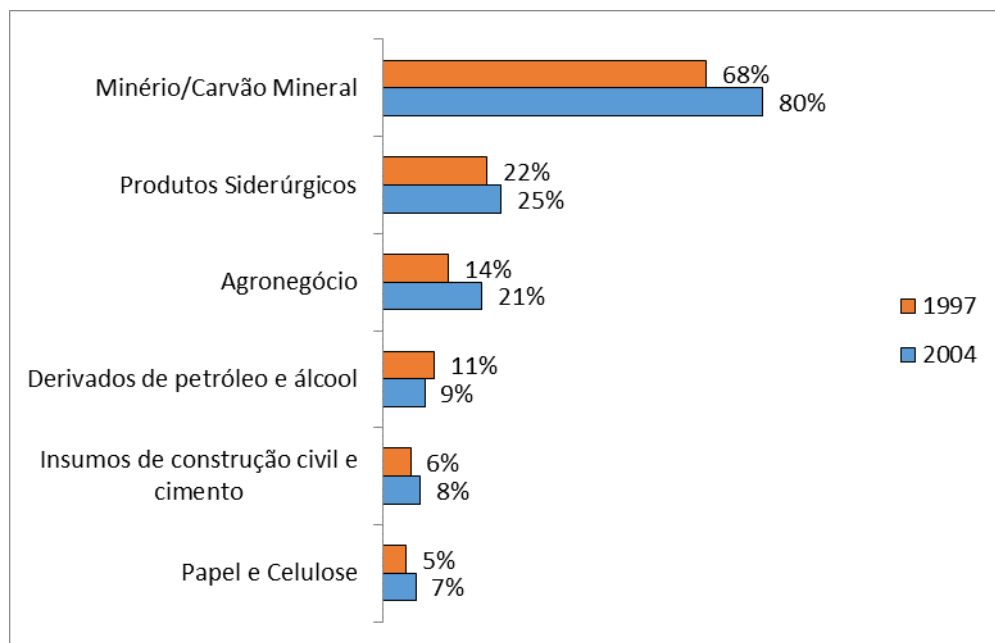
Na década de 1990, houve a reestruturação do setor ferroviário no Brasil, o qual favoreceu o transporte ferroviário de carga, aumentando a demanda e a competitividade intermodal, bem como iniciando a gradual mudança da matriz de transporte brasileira. A

<sup>4</sup> *Market Share* indica o tamanho da fatia de mercado que uma empresa possui em um segmento como um todo ou no volume de vendas total de um determinado produto.

malha ferroviária foi concedida à iniciativa privada, com o discurso de promover a revitalização da malha e obtenção de investimentos, a fim de modernizar a gestão e operação das ferrovias (BETARELLI JUNIOR; DOMINGUES, 2016). Dentre os efeitos dessa reestruturação pode-se observar o aumento do desempenho operacional das malhas concedidas, a redução dos tempos de imobilização, do número de acidentes e dos custos de produção (CNT, 2007).

O modal ferroviário brasileiro realiza o transporte de diferentes tipos de mercadoria, com vagões dos mais variados tipos, como graneleiros, refrigerados, fechados e abertos, containers, cimenteiros, etc. As mercadorias transportadas são de baixo e alto valor agregado. A Figura 2 a seguir demonstra a porcentagem de produtos em comparação entre os anos de 1997 e 2004:

**Figura 2 - Comparação entre os principais produtos transportados nas ferrovias brasileiras entre os anos de 1997 e 2004**

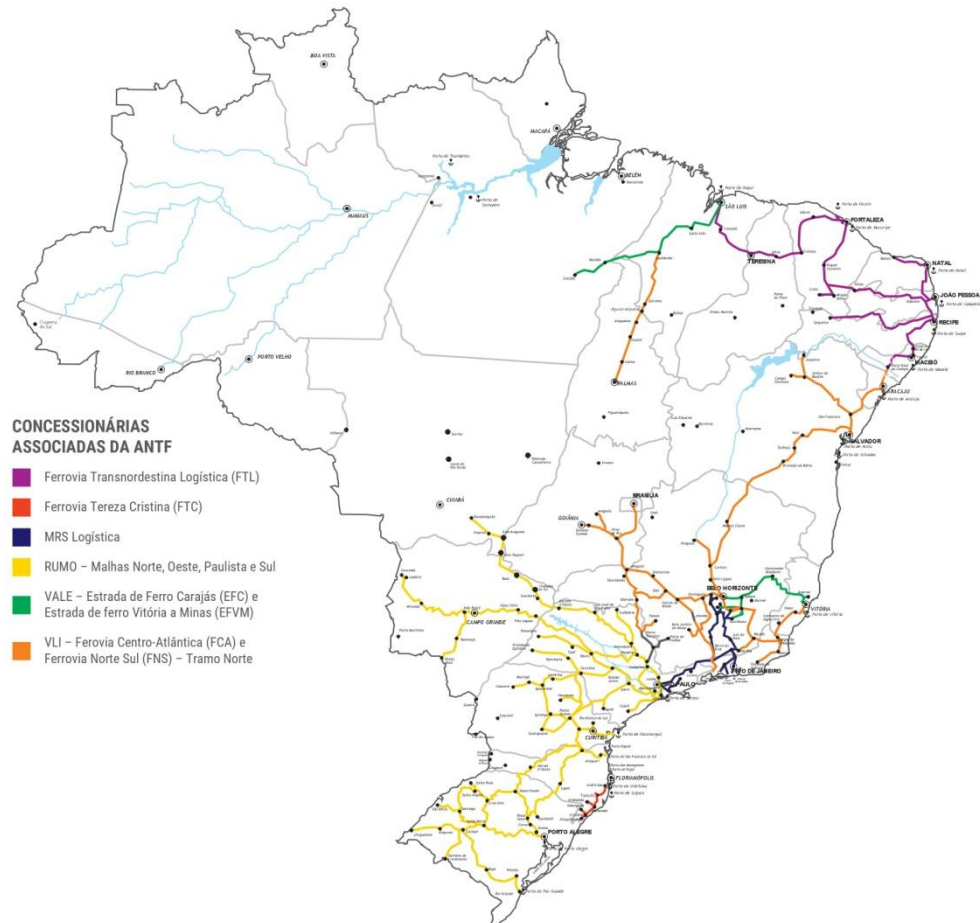


Fonte: ANTF, 2006

Nota-se que o maior volume de cargas transportadas corresponde ao minério e o mesmo tem crescido com os anos, sendo o principal produto movimentado pelas ferrovias do país. Pode-se perceber também a diversidade de produtos transportados, característica do modal ferroviário.

Hoje o Brasil possui seis concessionárias associadas à ANTF. A Figura 3 demonstra a malha ferroviária brasileira e sua distribuição em relação às concessionárias que administram os trechos:

**Figura 3 - Malha ferroviária brasileira**



Fonte: ANTF (2017)

A partir da Figura 3, nota-se um maior volume de linhas férreas na parte Sul e Sudeste do país. A malha ferroviária na região Nordeste está em crescimento com o desenvolvimento da ferrovia Norte-Sul e Transnordestina. É notável uma grande escassez na região Norte e Centro-Oeste do país.

#### **4.2.2. Análise da malha ferroviária do Estado de Minas Gerais**

O estado de Minas Gerais, considerado como um dos berços do sistema ferroviário de Brasil, possui um total de 5080 quilômetros de malha ferroviária sendo detentor de 17% da malha em atividade no país (PELT-MINAS). O transporte ferroviário possui um importante



A existência de diferentes bitolas no território mineiro é um gargalo que limita as viagens interestaduais, a acessibilidade e encarece o preço de locomotivas e vagões, uma vez que os mesmos são projetados inicialmente para um tamanho maior, porém para as bitolas menores é necessário o emprego de uma tecnologia mais avançada para que os componentes caibam na estrutura, o que termina por encarecer as máquinas.

A malha ferroviária mineira foi construída a fim de integrar a capital a outras metrópoles brasileiras e criar acessos aos principais portos do país, como Vitória, Rio de Janeiro e Santos. Desse modo, é composta por corredores logísticos que interligam o interior do estado para o litoral. Os corredores são: São Paulo/Centro-Oeste, onde são transportados principalmente grãos, fertilizantes e derivados de petróleo; Vitória, em que os produtos principais são minério de ferro, siderúrgicos e insumos; e o de Belo Horizonte/Rio de Janeiro, que é conhecido como “Ferrovia do Aço” por atender o transporte siderúrgico, cimenteiro, de mineração e indústrias em geral.

### **4.3- Controle ambiental e suas implicações**

#### **4.3.1. Poluição do ar**

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), a poluição atmosférica é qualquer forma de matéria ou energia com intensidade, concentração, tempo ou características que possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, causador de danos aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e à qualidade de vida da comunidade.

A qualidade do ar depende de uma interação de fatores como a magnitude das emissões, da topografia e das condições meteorológicas que podem ser favoráveis ou não à dispersão dos poluentes. Porém, a medição do nível de poluição atmosférica não é uma tarefa fácil, pois há uma variedade muito grande de substâncias presentes na atmosfera.

Classificam-se os poluentes em duas categorias, sendo elas os poluentes primários, sendo estes emitidos diretamente pelas fontes de emissão e correspondem aos níveis máximos de concentração de poluentes que podem afetar a saúde humana e os poluentes secundários que são os poluentes formados na atmosfera através da reação entre os poluentes primários e



os componentes naturais da atmosfera. As concentrações dos poluentes secundários causam um efeito na saúde humana e danos à fauna, à flora e ao meio ambiente em geral, traduzindo-se em uma base para uma política de prevenção da degradação da qualidade do ar (CETESB, 2016).

A poluição do ar causa prejuízos não apenas a saúde e qualidade de vida humana, mas também a qualidade dos materiais, do solo e das águas. Além de gerar maiores gastos do Estado, visto que, há um aumento no número de atendimentos hospitalares e do uso de medicamentos. A poluição atmosférica entrou em evidência entre os anos de 1948 e 1952, quando foram registrados milhares de mortes em Londres devido a episódios de contaminação do ar (CETESB, 2017). O Quadro 2 a seguir classifica os poluentes e suas formas:

**Quadro 2 - Classificação de poluentes e suas formas**

Compostos de Enxofre	Compostos de Nitrogênio	Compostos Orgânicos	Monóxido de Carbono	Compostos Halogenados	Metais Pesados	Material Particulado	Oxidantes Fotoquímicos
SO <sub>2</sub>	NO	Hidrocarbonetos Álcoois	CO	HCl	Pb	Mistura de compostos no estado sólido ou líquido	O <sub>3</sub>
SO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	Aldeídos		HF	Cd		Formaldeído
Compostos de Enxofre Reduzido (H <sub>2</sub> S, Mercaptanas, Dissulfeto de carbono, etc.)	NH <sub>3</sub>	Cetonas		Cloretos	As		Acroleína
	HNO <sub>3</sub>	Ácidos Orgânicos		Fluoretos	Ni		PAN
Sulfatos	Nitratos				etc		etc

Fonte: Própria dos autores, baseada em CETESB (2017)

A poluição atmosférica não afeta apenas os seres humanos, mas também os animais, plantas e materiais. A determinação da qualidade do ar é dada através da medição dos seguintes parâmetros: Material Particulado, Dióxido de Enxofre – SO<sub>2</sub>, Monóxido de Carbono – CO, Oxidantes Fotoquímicos, Compostos Orgânicos Voláteis e Óxidos de Nitrogênio – NO<sub>x</sub>.

Segundo a CETESB, o Material Particulado (MP) é caracterizado como um conjunto de poluentes constituídos de poeiras, fumaças e matérias sólidos e líquidos que, devido ao seu tamanho reduzido, se encontram suspensos na atmosfera. Quanto menores as partículas, maiores são seus efeitos adversos na saúde, além de afetar também a visibilidade na

atmosfera. Suas principais fontes de emissão são os veículos automotores, os processos industriais, a queima de biomassa, a poeira do solo e outros.

As partículas totais em suspensão (PTS) possuem um diâmetro menor ou igual a 50  $\mu\text{m}$  e interferem na saúde e na qualidade de vida, devido à deterioração da estética do meio ambiente. As partículas inaláveis ( $\text{MP}_{10}$ ) possuem um diâmetro menor ou igual a 10  $\mu\text{m}$  e prejudicam a saúde humana ficando retidas no sistema respiratório. As partículas inaláveis finas ( $\text{MP}_{2,5}$ ) possuem um diâmetro menor ou igual a 2,5  $\mu\text{m}$  e penetram mais profundamente no sistema respiratório, atingindo os alvéolos pulmonares. A fumaça (FMC) é proveniente dos processos de combustão e é relacionada à quantidade de fuligem presente na atmosfera (CETESB, 2017).

Em relação aos compostos químicos, o Dióxido de Enxofre ( $\text{SO}_2$ ) é proveniente da queima de combustíveis com enxofre (óleo diesel, óleo combustível e gasolina). Afeta a visibilidade na atmosfera e é um dos componentes da chuva ácida, que pode corroer materiais e matar plantas. O Monóxido de Carbono (CO) é proveniente da queima incompleta de combustíveis orgânicos e sua principal emissão provém dos veículos automotores.

Os Oxidantes Fotoquímicos são formados pela mistura dos poluentes secundários e compostos orgânicos voláteis liberados na queima de combustíveis incompleta com a presença de luz solar. A reação forma o Ozônio ( $\text{O}_3$ ), que é tóxico na faixa de atmosfera respirável, porém essencial na faixa da atmosfera conhecida como estratosfera, e nos protege dos raios ultravioleta do Sol. O Ozônio quando presente na faixa respirável forma o fenômeno conhecido como *smog* fotoquímico que causa a diminuição da visibilidade na atmosfera e pode causar danos à vegetação, sendo fundamental o seu controle.

Os compostos orgânicos voláteis (COVs) são resultantes da queima incompleta e evaporação de combustíveis. Esses gases e vapores são responsáveis pela formação do ozônio após sua emissão por veículos, processos industriais e outros, podendo causar efeitos nocivos à saúde.

Os Óxidos de Nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) são emitidos principalmente por veículos durante os processos de combustão. O NO reage sob a ação da luz solar se transformando em  $\text{NO}_2$ , que pode ser prejudicial à saúde e é um dos responsáveis pela formação de oxidantes fotoquímicos.

O dióxido de carbono – CO<sub>2</sub> é o gás de maior contribuição para o efeito estufa, proveniente principalmente da queima de combustíveis fósseis. Os combustíveis usados nos transportes são fontes importantes de emissão de CO<sub>2</sub>. A oxidação do carbono durante a queima dos combustíveis corresponde a cerca de 70 a 90% das emissões antropogênicas totais de CO<sub>2</sub> (Schipper et all, 1997). O aumento da concentração de dióxido de carbono e demais elementos maléficos na atmosfera, acarreta a retenção de calor no espaço, que, ao invés de se dissipar, se retém e faz as temperaturas globais médias aumentarem. Conhecido como “efeito estufa”, esse fenômeno promove uma reação em cadeia de consequências nocivas para o planeta (Sanz, 1991).

A Resolução CONAMA nº 03 estabelece os padrões de qualidade do ar. O Quadro 3 apresenta os valores adotados e seus métodos de medição:

**Quadro 3 - Padrões nacionais de qualidade do ar (Resolução CONAMA Nº 03 de 28/06/90)**

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário (µg/m <sup>3</sup> )	Padrão Secundário (µg/m <sup>3</sup> )	Método de Medição
Partículas totais em suspensão	24 Horas <sup>1</sup>	240	150	Amostrador de grandes volumes
	MGA <sup>2</sup>	80	60	
Partículas inaláveis	24 Horas <sup>1</sup>	150	150	Separação inercial/filtração
	MMA <sup>3</sup>	50	50	
Fumaça	24 Horas <sup>1</sup>	150	100	Refletância
	MMA <sup>3</sup>	60	40	
Dióxido de Enxofre	24 Horas <sup>1</sup>	365	100	Pararosanilina
	MMA <sup>3</sup>	80	40	
Dióxido de Nitrogênio	1 Hora	320	190	Quimiluminescência
	MMA <sup>3</sup>	100	100	
Monóxido de Carbono	1 Hora <sup>1</sup>	40.000	40.000	Infravermelho não dispersivo
		35 ppm	35 ppm	
	8 Horas <sup>1</sup>	10.000	160	
Ozônio	1 Hora <sup>1</sup>	9 ppm	9 ppm	Quimiluminescência
		160	160	

<sup>1</sup>. Não deve ser excedido mais que uma vez no ano

<sup>2</sup> Média Geométrica Anual

<sup>3</sup>Média Aritmética Anual

Fonte: Própria dos autores, adaptada da Resolução CONAMA Nº 03 de 28/06/90

A resolução CONAMA estabelece também os níveis críticos de poluição do ar, dividindo-os em estados de Atenção, Alerta e Emergência, conforme descrito no Quadro 4. Os níveis críticos são episódios em que há presença de altas concentrações de poluentes na

atmosfera, em um período de tempo curto, resultante de ocorrências meteorológicas desfavoráveis a dispersão dos poluentes.

**Quadro 4 - Níveis críticos da poluição do ar de acordo com a Resolução CONAMA n° 3 de 28/06/90**

Parâmetro	Atenção	Alerta	Emergência
Partículas totais em suspensão ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24 horas	375	625	875
Partículas inaláveis ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24 horas	250	420	500
Fumaça ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24 horas	250	420	500
Dióxido de Enxofre ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24 horas	800	1.600	2.100
SO <sub>2</sub> X PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24 horas	65.000	261.000	393.000
Dióxido de Nitrogênio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 1 hora	1.130	2.260	3.000
Monóxido de Carbono (ppm) - 8 horas	15	30	40
Ozônio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 1 hora	400	800	1.000

Fonte: Própria dos autores, adaptada da Resolução CONAMA n° 3 de 28/06/90.

Ao analisar os Quadros acima, nota-se que os níveis críticos dos parâmetros da poluição do ar são expressivamente maiores que os níveis dos padrões da qualidade do ar. Para que um parâmetro entre em estado de Atenção deve estar muito acima do limite da qualidade do ar. O parâmetro Partículas Inaláveis, por exemplo, possui padrão primário da qualidade no tempo de amostragem de 24 horas com o limite de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $375 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no estado de Atenção do nível crítico. Portanto, se a emissão entrar em estado de alerta a população sofrerá expressivos impactos em seu bem-estar, saúde e qualidade de vida.

O monitoramento nos estados brasileiros e a divulgação dos dados são realizados através de um índice desenvolvido pela *Environmental Protection Agency* (EPA) dos Estados Unidos chamado Índice de Qualidade do Ar (IQA<sub>r</sub>). O IQA<sub>r</sub> transforma as concentrações de poluentes dispersos no ar em um valor adimensional que é caracterizado em seguida em uma escala que varia entre boa, regular, inadequada, má, péssima e crítica. Para cada poluente medido, calcula-se um índice obtido através de uma função linear segmentada, relacionando a concentração do poluente com o valor do índice e resultando em um número adimensional.

Cada segmento de reta é associado a uma faixa de qualidade e os pontos de inflexão delimitam os níveis de qualidade do ar (CETESB, 2016).

Quando a agência ambiental divulga a classificação do ar em números, utiliza-se o poluente com o índice mais elevado entre todos os índices calculados. As cores são indicadores dos riscos atribuídos aos poluentes em relação à saúde humana quando expostos em intervalos calculados pelas médias de 24 horas de Partículas Inaláveis (<10 µm). O Quadro 5 apresenta a relação entre os poluentes e os principais efeitos adversos para cada poluente.

**Quadro 5 - Qualidade do ar e efeitos à saúde**

Qualidade	Índice	MP <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24h	MP <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24h	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 8h	CO (ppm) 8h	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 1h	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24h
N1 - BOA	0 - 40	0 - 50	0 - 25	0 - 100	0 - 9	0 - 200	0 - 20
N3 - MODERADA	41 - 80	>50 - 100 Pessoas com doenças respiratórias podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço	>25 - 50 Pessoas com doenças respiratórias podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço.	>100 - 130 Pessoas com doenças respiratórias podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço.	>9 - 11 Pessoas com doenças cardíacas podem apresentar sintomas como cansaço e dor no peito.	>200 - 240 Pessoas com doenças respiratórias podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço.	>20 - 40 Pessoas com doenças respiratórias podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço.
N4 - RUIM	81 - 120	>100 - 150 Pessoas com doenças respiratórias ou cardíacas, idosos e crianças têm os sintomas agravados. População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta, tosse seca e cansaço.	>50 - 75 Pessoas com doenças respiratórias ou cardíacas, idosos e crianças têm os sintomas agravados. População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta, tosse seca e cansaço.	>130 - 160 Pessoas com doenças respiratórias, como asma, e crianças têm os sintomas agravados. População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta, tosse seca e cansaço.	>11 - 13 População em geral pode apresentar sintomas como cansaço. Pessoas com doenças cardíacas têm os sintomas como cansaço e dor no peito agravados.	>240 - 320 População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta, tosse seca e cansaço. Pessoas com doenças respiratórias e crianças têm os sintomas agravados.	>40 - 365 População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta, tosse seca e cansaço. Pessoas com doenças respiratórias ou cardíacas, idosos e crianças têm os sintomas agravados.
N5 - MUITO RUIM	121 - 200	>150 - 250 Aumento dos sintomas em crianças e pessoas com doenças pulmonares e cardiovasculares. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral.	>75 - 125 Aumento dos sintomas em crianças e pessoas com doenças pulmonares e cardiovasculares. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral.	>160 - 200 Aumento dos sintomas respiratórios em crianças e pessoas com doenças pulmonares, como asma. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral.	>13 - 15 Aumento de sintomas em pessoas cardíacas. Aumento de sintomas cardiovasculares na população em geral.	>320 - 1130 Aumento dos sintomas respiratórios em crianças e pessoas com doenças pulmonares, como asma. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral.	>365 - 800 Aumento dos sintomas em crianças e pessoas com doenças pulmonares e cardiovasculares. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral.

Qualidade	Índice	MP10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 24h	MP2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 24h	O3 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 8h	CO (ppm) 8h	NO2 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 1h	SO2 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 24h
N6 - PÉSSIMA	> 200	>250 Agravamento dos sintomas respiratórios. Agravamento de doenças pulmonares, como asma, e cardiovasculares, como infarto do miocárdio.	>125 Agravamento dos sintomas respiratórios. Agravamento de doenças pulmonares, como asma, e cardiovasculares, como infarto do miocárdio.	>200 Agravamento de sintomas respiratórios. Agravamento de doenças pulmonares, como asma, e doença pulmonar obstrutiva crônica.	>15 Agravamento das doenças cardiovasculares, como infarto do miocárdio e insuficiência cardíaca congestiva.	>1130 Agravamento de sintomas respiratórios. Agravamento de doenças pulmonares, como asma, e doença pulmonar obstrutiva crônica.	>800 Agravamento dos sintomas respiratórios. Agravamento de doenças pulmonares, como asma, e cardiovasculares, como infarto do miocárdio.

Fonte: Própria dos autores, baseada em CETESB, 2016

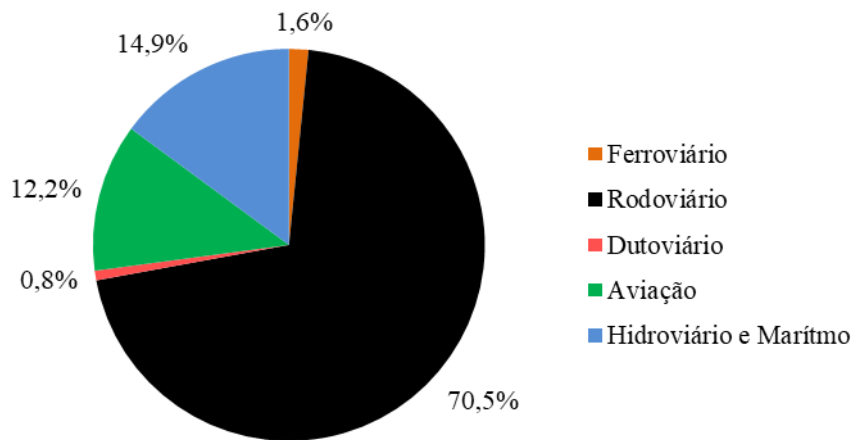
As fontes de emissão de poluentes podem ser fixas ou estacionárias, agrossilvopastoris e móveis. As fontes fixas ou estacionárias são usualmente decorrentes de processos de fabricação e transformação de produtos, da queima de combustíveis para a produção de energia. As fontes agrossilvopastoris são aquelas que emitem poluentes provenientes da produção agropecuária, como queimadas e incêndios florestais. As fontes móveis são os diferentes meios de transporte que queimam combustíveis para seu funcionamento como veículos automotores, embarcações, aeronaves e locomotivas (Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2015).

A quantidade de poluentes emitidas pelo transporte de cargas ou pessoas afeta a qualidade do ar no Brasil e no mundo e são um dos maiores causadores de poluição atmosférica. O consumo energético dos transportes em relação aos derivados de petróleo e gás natural representam 57% do total de 110 milhões de toneladas (Castro, 2012).

Os transportes são ainda um dos maiores responsáveis pela emissão de GEE, representando 23,8% no ano de 2009 de acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE).

A União Europeia (EU) é conhecida por uma grande diversidade de modais de transporte e grande utilização do modal ferroviário, responsável por 10,3% do transporte de cargas e 6% do transporte de passageiros. O Gráfico 1 demonstra o modal de transporte utilizado nos países membros da UE e a quantidade de CO<sub>2</sub> emitida:

**Gráfico 1 - Percentuais de emissões de CO<sub>2</sub> por tipo de modal de transporte utilizado em 2005 nos países membros da UE**



Fonte: Própria dos autores, adaptado de Pinheiro apud Krohn, Ledbury, e Schwarz (2009, p.7).

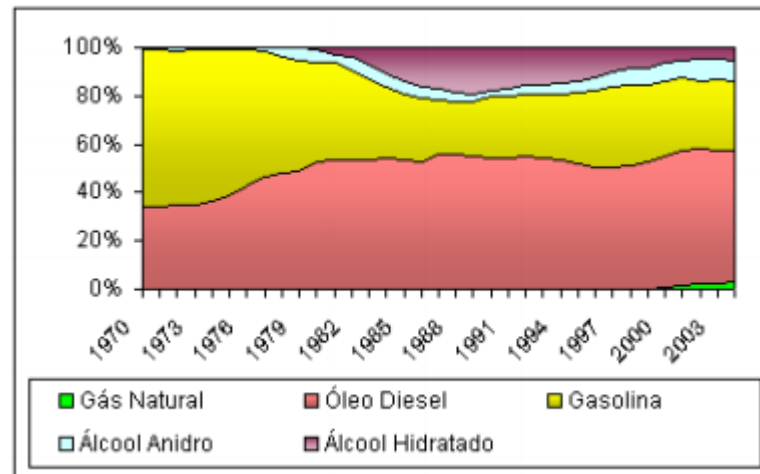
O Brasil, altamente dependente do modal rodoviário, apresenta uma malha com um 54,5% de seu pavimento considerado em estado regular, ruim ou péssimo (CNT, 2007). Esse fator apresenta ainda um aumento de 58% no consumo de combustíveis, representando maiores níveis de emissões atmosféricas e degradando ainda mais a qualidade do ar no país.

As hidrovias são um modal de grande eficiência energética e baixo impacto ambiental. O modal emite de 10 a 15 g de gases do efeito estufa por tonelada quilômetro útil (TKU). O modal ferroviário emite de 19 a 41 g por TKU, o rodoviário emite 51 a 91 g por TKU e a aviação de 673 a 867 g por TKU (Silva, et al, 2010).

As ferrovias são uma alternativa para redução na emissão de CO<sub>2</sub> e poluição do ar, além de ser uma alternativa para diminuição do congestionamento das grandes cidades. Os seus custos ambientais e monetários também são menores em comparação com a aviação e rodovia por causarem menos impactos.

O diesel, combustível utilizado no transporte ferroviário, é a fonte de energia mais importante para o transporte e representou mais de 50% da energia consumida pelo setor de transportes no território brasileiro. O Gráfico 2 representa a porcentagem e o tipo de combustível utilizado no Brasil nos últimos 30 anos:

**Gráfico 2 - Consumo de energia do setor de transporte brasileiro (%)**



Fonte: Brasil (2005), citado por Bartholomeu (2006).

O diesel é considerado um combustível de alta eficiência em relação à gasolina, sendo também um derivado do petróleo constituído por principalmente hidrocarbonetos alifáticos contendo de 9 a 28 átomos de carbono na cadeia. O combustível também contém um alto teor de enxofre, variando entre 0,1 a 0,5%, porém sua composição possui uma grande variação, devido às variadas origens do petróleo, processo de refino e qualidade (BRAUN et al, 2003).

Em comparação com a combustão da gasolina, o diesel possui uma combustão mais complexa com três fases distintas (sólido, líquido e gasoso) e sua emissão de material particulado (MP) é maior, consistente basicamente de aglomerados de núcleos de carbono, e de hidrocarbonetos,  $SO_3$  ou ácido sulfúrico, e água, adsorvidos ou condensados sobre esses núcleos carbônicos (BRAUN et al, 2003). A Tabela 2 apresenta a concentração média de alguns compostos em comparação de máquinas movidas a diesel e gasolina.

**Tabela 2 - Concentrações médias, em g por kg de combustível, de alguns compostos emitidos na exaustão de máquinas a diesel e a gasolina do final da década de 80**

	CO	HC	NO <sub>x</sub> (Como NO <sub>2</sub> )	SO <sub>x</sub> <sup>1</sup> (Como SO <sub>2</sub> )	MP
Máquinas diesel	3 - 30	0,5 - 10	5 - 20	0,5 - 5	1 - 10
Máquinas à gasolina	20 - 200	10 - 50	10 - 60	0,1 - 1	0,1 - 0,4

<sup>1</sup>Proporcional ao conteúdo de enxofre do combustível

Fonte: Própria dos autores, adaptada de Braun et al. 2003



Ao analisar a Tabela supracitada, nota-se que as máquinas à diesel apesar de serem fontes de poluição atmosférica, possuem concentrações médias de poluentes significativamente menores do que as movidas a gasolina. Porém, quanto às emissões de material particulado, sua emissão é significativamente maior.

#### 4.3.2. Ruídos

O conceito de som é definido como a variação da pressão atmosférica dentro da banda de frequência audível ao ouvido humano (SAPATA, 2010); é o que se ouve quando os ouvidos estão expostos a pequenas flutuações de pressão no ar. Há muitas maneiras pelas quais as flutuações são geradas, mas tipicamente são causadas pelo movimento vibratório de um objeto sólido (HANSON; TOWERS; MEISTER, 2006). Os sons fazem parte do cotidiano através da música, sons da natureza, vozes, toque de telefone e etc.

Segundo Ramos (2013), o ruído é considerado todo som indesejável, causador de danos irreversíveis e cumulativos. Mello (1999, p. 11) afirma que “o ruído é apenas um tipo de som, porém um som não é necessariamente um ruído”. O mesmo depende de características como amplitude, frequência, vibração, altura, intensidade e timbre. Alguns desses aspectos são sentidos diferentemente em cada indivíduo, como a altura e o timbre, necessitando assim de estudos e medições com equipamentos especializados para caracterizar o ruído em valores numéricos (SAPATA, 2010).

Uma música que incomoda uma pessoa e afeta a sua concentração pode ser também considerada um ruído (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2006). São sons que prejudicam a saúde e segurança de pessoas causando problemas dos mais diversos como dificuldade de comunicação, problemas hormonais e cardiovasculares. É apontado como um contaminante que reduz a qualidade de vida do indivíduo afetado, sendo um importante fator de desconforto e insalubridade nos centros urbanos. Além de causar estresse, diminuindo a eficiência e qualidade das atividades humanas. De acordo com Marco (1982), pode ser definido como todo som que o receptor não deseja escutar.

Uma vez que o ruído é uma onda sonora aperiódica que ocorre aleatoriamente, torna-se impossível a previsão da forma da onda em um intervalo de tempo, através de suas características, em outro intervalo de tempo de duração igual (MELLO, 1999).

Qualitativamente, o ruído é definido através da variação de sua intensidade com o tempo. De acordo com a Norma ISO 2204, *Acoustics - Guide to International Standards on the Measurement of Airborne Acoustical Noise and Evaluation of Its Effects on Human Beings*, o ruído pode ser classificado conforme o Quadro 6 a seguir:

**Quadro 6 - Classificação dos ruídos**

<b>Ruído contínuo estacionário</b>	<b>Ruído contínuo não estacionário</b>	<b>Ruído contínuo flutuante</b>	<b>Ruído intermitente</b>	<b>Ruído impulsivo, ou de impacto</b>
É aquele cuja variação de nível de intensidade sonora é desprezível em função do tempo de observação.	É aquele cuja variação de nível de intensidade sonora é significativa em função do tempo de observação.	É aquele em que apresenta variação contínua de um valor apreciável em função do tempo de observação.	É aquele em que ao variar, cai ao valor do nível de fundo durante o período de observação.	É aquele que apresenta altos níveis de intensidade sonora em um intervalo de tempo reduzido, inferior a um segundo.

Fonte: Própria dos autores

O nível de pressão sonora expresso em decibel é proveniente da relação entre a intensidade e a frequência do som é o que se ouve. O decibel é definido como a proporção entre uma quantidade física e um valor de referência padrão, cujo o valor corresponde a uma variação mínima detectável pelo ouvido humano (RAMOS, 2013).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), altos níveis de ruído podem causar respostas involuntárias e inconsistentes do organismo no ser humano exposto a esse estímulo, causando alterações fisiológicas e bioquímicas, além de efeitos no sistema cardiovascular (RAMOS, 2013). O nível médio sonoro estabelecido pela OMS para que as pessoas não sejam prejudicadas é de 55 dB(A) durante as atividades diárias e 45 dB(A) durante o período de sono (BISTAFA, 2006). Níveis acima de 65 dB(A), causam alguns distúrbios como interferências na fala, dificuldades para dormir, queda na produtividade no ser humano. Acima de 85 dB(A) os problemas se agravam e pode ocorrer a perda de audição.

Os efeitos causados pelo ruído podem ser mensurados através dos métodos de levantamentos acústicos, por meio de correlações entre as propriedades físicas do ruído e a escala de efeitos relativa, tornando possível a avaliação dos estímulos que o ruído provoca sobre o homem. O Quadro 7 mostra os efeitos do ruído ao ser humano de acordo com as faixas de variação:

**Quadro 7 - Efeitos de diferentes níveis de ruído ao ser humano**

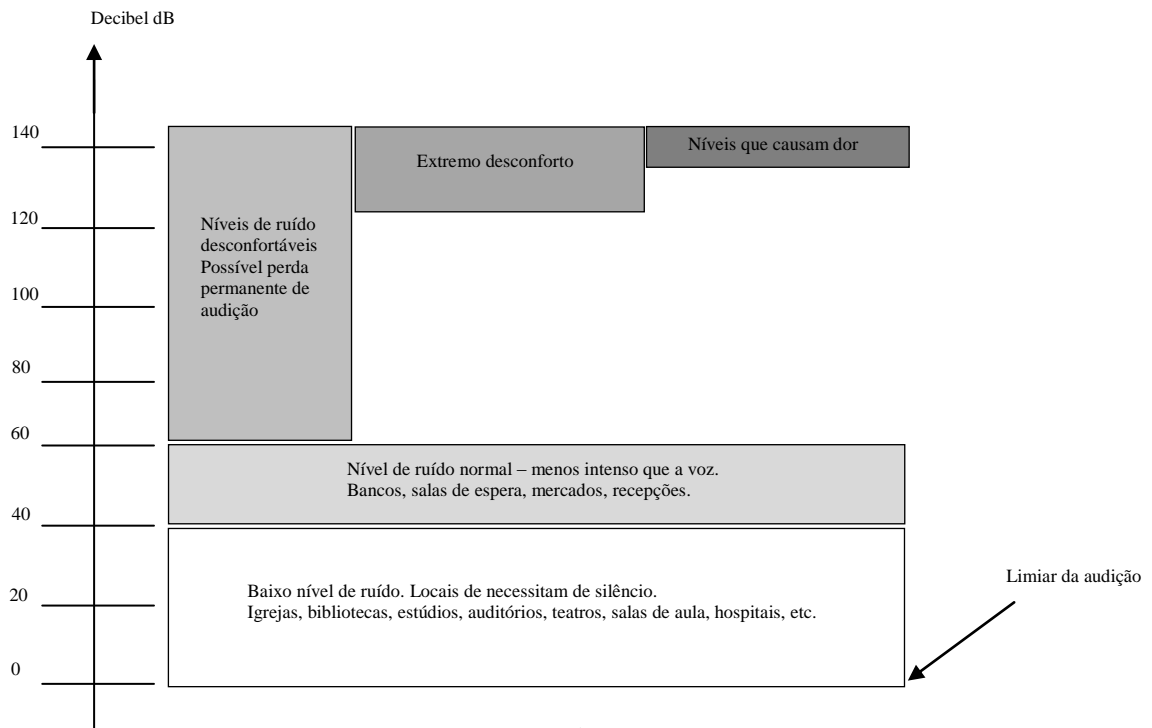
NPS em dB	Reação	Efeitos Negativos	Exemplos
< 50	Confortável	-	Rua sem tráfego, etc
> 50	Organismo começa a sofrer impactos do ruído		
NPS em dB	Reação	Efeitos Negativos	Exemplos
De 50 a 65	O indivíduo fica em estado de alerta e não relaxa	Diminui o poder de concentração prejudicando o serviço intelectual	Agência Bancária, etc
De 65 a 70	Reação do organismo em se adequar ao ambiente, diminuindo suas defesas	Aumenta o nível de cortisona no sangue diminuindo a resistência imunológica. Induz a liberação de endorfina, tornando o organismo dependente do ruído. Aumenta a concentração de colesterol no sangue.	Bar ou restaurante lotado, etc.
> 70	Organismo sujeito ao estresse degenerativo além de afetar a saúde mental	Aumento do risco de infarto, infecções, etc.	Praças de alimentação de shopping, vias de alto tráfego, etc.
Esta Tabela exemplifica ruídos inseridos no cotidiano das pessoas. Ruídos eventuais alcançam NPS mais elevados, como por exemplo shows que podem chegar facilmente a 130 dB (A), o que pode ocasionar perda auditiva induzida, temporária ou permanente em pequenos intervalos de tempo.			

Fonte: Horta, 2014

Ao analisar o Quadro 7, nota-se que a partir do nível de 50 dB os efeitos das emissões de ruídos são expressivamente prejudiciais à saúde humana, podendo em níveis extremos causar infartos e infecções devido ao estresse degenerativo, mostrando o potencial de desconforto ambiental deste parâmetro.

A NBR 10152 estabelece os níveis máximos de ruídos para diversos tipos de ambientes, objetivando a orientação quanto aos valores recomendados para se atingir o conforto, considerando o uso, atividade e condições em que o ambiente será exposto, ilustrado pela Figura 5 (BRONZATTI,2009).

**Figura 5 - Níveis máximos de ruído para diversos tipos de ambientes**



A partir de Figura 5 observa-se os níveis adequados de ruídos conforme o ambiente, de acordo com a norma citada nota-se que em locais que necessitam de silêncio o nível adequado é de no máximo 40 dB. Assim como, níveis acima de 100 dB são significativamente desconfortáveis, acima de 120 dB causam extremo desconforto e acima de 140 dB causam dores.

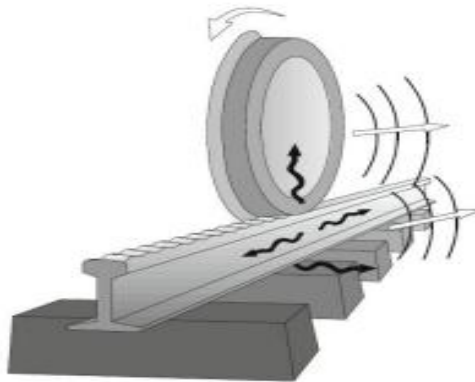
À medida que as cidades crescem e se desenvolvem o ruído urbano também aumenta de forma proporcional. Esse se diferencia de outras formas de poluição urbanas por não ser intermitente, sendo limitado ao início e fim do tempo de emissão e por não ser caracterizado fisicamente com forma e odor (SAPATA, 2010). O controle da poluição sonora urbana busca a manipulação e atenuação, uma vez que não é possível a eliminação da fonte causadora.

O controle de ruído rodoviário, ferroviário e aéreo deve ser levado em conta na hora do planejamento de novas estruturas, estimando o impacto sonoro que a instalação da nova infraestrutura causará no ambiente. É necessário o uso de programas computacionais específicos para modelagem do impacto (BISTAFA, 2006).

O ruído proveniente do transporte ferroviário pode ser considerado um problema de desconforto ambiental importante, uma vez que a circulação ininterrupta e intensa pode ocasionar prejuízos e danos à saúde das pessoas que com ele convivem. Esse é resultado de várias fontes sonoras como a vibração da carroceria do comboio, o ruído de tração do motor diesel, o ruído do rolamento originado pela interação da roda com a via permanente e o ruído aerodinâmico (ALARCÃO; COELHO, 2009). Outros fatores também influenciam, como a velocidade das composições, a quantidade de carga transportada e as imperfeições na via permanente.

A rolagem gera ruído durante a interação e deslocamento entre a roda e o trilho devido à rugosidade do conjunto. Os níveis de poluição sonora são maiores em composições ferroviárias de carga em comparação com composições de passageiros. Isso se deve ao fato da rugosidade de trilhos e das rodas serem maiores. A energia do ruído da rolagem é diretamente proporcional à velocidade da composição ferroviária. Essa aumenta numa taxa de  $30 \log(V)$ , 9 dB de aumento à cada vez que a velocidade do trem é duplicada (HORTA, 2014). A Figura 6 apresenta um esquema do ruído e vibração proveniente da rolagem:

**Figura 6 - Mecanismo de geração de ruído e vibração por rolagem**



Fonte: Vendramini e Paul (2009)

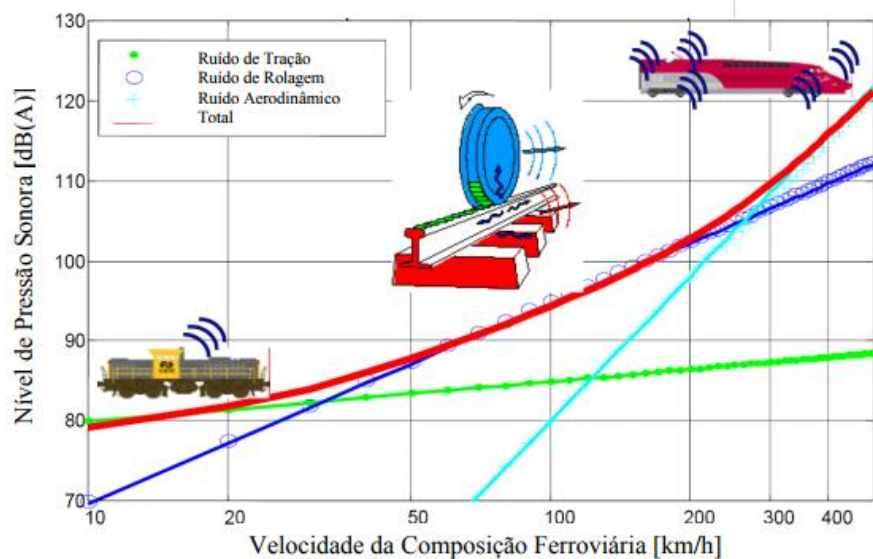
Juntamente com a rolagem, temos a Curva Squeal (“curve squeal” que corresponde a interação das rodas e os trilhos durante as curvas feitas pela composição. Para esse causador de ruídos, existem dois tipos de situação. O primeiro é o contato das bordas das rodas com as bordas dos trilhos, causando atrito e gerando o ruído. O segundo tipo se dá em curvas fechadas, uma vez que não há uma compensação entre rodas internas e externas na hora da

curva, nas quais deveria haver uma maior rolagem das rodas externas. Com esse fato, as rodas internas deslizam na superfície causando um ruído bastante elevado.

O ruído da tração motora é originado no conjunto motor, sistema de transmissão, sistema de exaustão e ventilação da composição ferroviária, além dos transformadores de corrente e eletrônica da potência em alguns casos. Essa fonte de ruído tem pouca relação com a velocidade da composição, ocorrendo durante toda a atividade (HORTA, 2014).

O ruído aerodinâmico é proveniente do deslocamento de ar sobre a composição ferroviária, porém seus efeitos se tornam perceptíveis em composições com velocidades acima de 100 km/h. A Figura 7 apresenta uma comparação entre os ruídos provenientes de composições em comparação com o ruído aerodinâmico:

**Figura 7 - Fontes de ruído ferroviário e função da velocidade da composição ferroviária**



Fonte: Vedrami e Paul (2009)

Verifica-se que o nível de pressão sonora, medido em dB, aumenta conforme o aumento da velocidade da composição ferroviária, sendo que o ruído de rolagem possui o crescimento mais expressivo enquanto o ruído aerodinâmico cresce a partir da aceleração acima de aproximadamente 70 km/h.

Por último, pode-se citar ainda como fontes e locais de ruído e vibração os locais onde se realizam os testes de frenagem de vagões, pátios de manobra, os sinais sonoros fixos nas

estruturas das linhas férreas existentes, a passagem em pontes e as buzinas das locomotivas. A Figura 8 ilustra o caminho da propagação do ruído proveniente do transporte ferroviário.

**Figura 8 - Caminho da propagação do ruído proveniente do transporte ferroviário**



Fonte: Elo Ambiente, 2017

Para se medir o ruído produzido pela passagem de composições ferroviárias, utiliza-se alguns parâmetros previamente calculados. Esses mesmos parâmetros servem também para medições de ruído urbano como tráfego. O LAeq (Equivalent Level) é definido como o nível médio em um determinado período de medição de ruído.

$$Leq = 10 \log * \left( \frac{Dx8}{Tm} \right) + 85$$

Sendo: D = Dose de ruído fornecida pelo dosímetro durante o período de medição

Tm = tempo de medição

### **4.3.3. Vibrações**

Segundo Quesado (2010), vibrações são fenômenos físicos, definidos como movimentos oscilatórios, periódicos ou aleatórios, de um elemento em torno de uma posição de referência. As vibrações podem ser definidas pelas seguintes variáveis: frequência, medida em hertz (Hz); intensidade do deslocamento, medida em centímetros ou milímetros ou pela aceleração; e direção, composta pelos eixos ortogonais x, y e z.

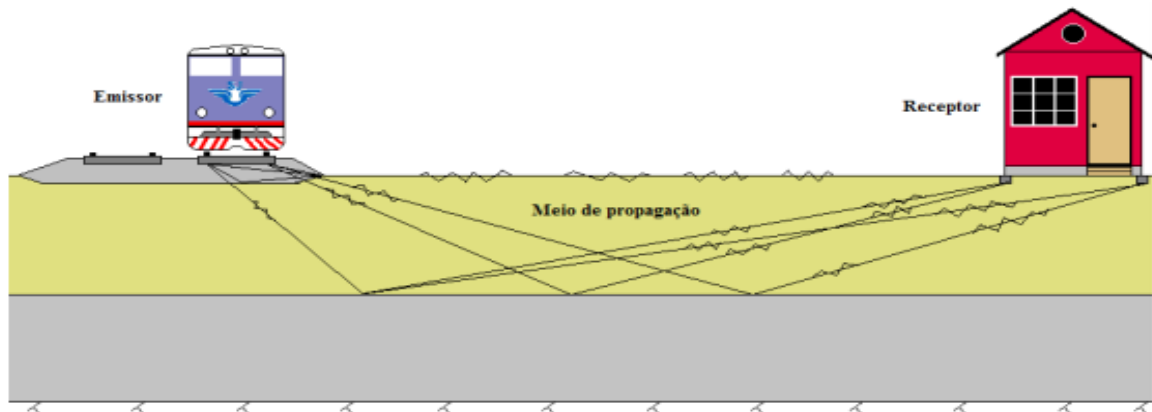
Em projetos de engenharia, dependendo do porte do empreendimento, pouco se considera a vibração ambiental nos estudos realizados no Brasil, porém o mesmo deve ser feito de forma a evitar danos estruturais. Na maioria dos casos, a vibração ambiental é levada em conta em locais onde os esforços oriundos dos carregamentos dinâmicos são significativos em relação aos esforços provenientes dos carregamentos estáticos, como indústrias, ginásios (BRITO, 2014). Edificações comerciais e residenciais podem estar sujeitas a um tipo de vibração causadora de danos estruturais gerados pelo tráfego rodoviário e ferroviário.

A magnitude da vibração depende da composição e estratificação do solo e do tipo de fonte geradora. De acordo com Brito, Kamimura e Santos (2015), as ondas vibratórias são geradas no solo na forma de ondas com velocidade em apenas uma direção próxima ao seu ponto de geração, se transformando em seguida para ondas tipo Rayleigh, que possuem velocidade em duas direções e são refletidas pela superfície do solo. Quanto mais rígido o solo, maior é a velocidade da energia vibratória, porém menor é a tensão e a vibração induzida. Para que a energia vibratória seja quantificada, mede-se a velocidade da partícula PVP, sendo considerado o vetor resultante da somatória obtida dos eixos, X, Y e Z (BRITO; KAMIMURA; SANTOS 1992).

O tráfego ferroviário é um dos principais emissores de vibrações. As edificações terminam por invadir a faixa de recuo obrigatório estabelecida pelo código de obras tanto em nível municipal quanto em nível nacional, aproximando a fonte do receptor (BRITO, 2013). De modo geral, a vibração é emitida através da interação entre as rodas do comboio com os trilhos durante a movimentação que sucessivamente propagam-se ao longo do solo subjacente até atingir estruturas próximas, o receptor. O nível da vibração depende de fatores como as condições dos trilhos, o peso do veículo, o tipo de solo, a velocidade da composição e a carga transportada, sendo esses dois últimos os fatores de maior influência (HUNAIDI 2000). O problema de vibração é apresentado esquematicamente pela Figura 9:



**Figura 9 - Sistema de geração, transmissão e recepção de vibrações**



Fonte: Quesado, 2010

As vibrações do modal ferroviário são causadas, principalmente, pelo movimento do campo de tensões resultante das cargas dos eixos dos comboios e pela resposta da superestrutura ferroviária e fundação em relação a essa solicitação estática e dinâmica. As interações dinâmicas entre os esforços resultantes das rodas e trilho, dependem da via, do traçado em planta, do peso do comboio, da velocidade e do estado de conservação dos materiais. O Quadro 8 apresenta alguns dos principais fatores causadores da geração de vibrações.

**Quadro 8 - Fatores de geração de vibrações**

Trilho	Vibração na ligação rodados trilho	Fundação	Ondas da resposta estrutural
Imperfeições	Oscilações do veículo em movimento	Travessas (espaçamento, rigidez, massa, geometria)	Carga por eixo
Espaçamento e intervalo entre juntas	Defeitos dos rodados	Balastro (rigidez, geometria e heterogeneidade)	Espaçamento e distribuição de cargas
Aparelhos de mudança de via	Acelerações e desacelerações	Solo de fundação	Velocidade
Curvas	Propriedades dinâmicas do bogie	-	-

Fonte: Própria dos autores, adaptado de Mateus da Silva, 2005.

A partir do Quadro 8 verifica-se que diversos fatores que envolvem a passagem da composição ferroviária podem causar vibrações. Destacam-se os trilhos uma vez que é mais comum a ocorrência de defeitos e imperfeições em si, assim como as oscilações do veículo em movimento. Assim como na geração de ruídos, a velocidade, as acelerações e desacelerações da composição ferroviária também são fatores significativos na ocorrência das vibrações, devido as tensões resultantes das cargas.

Como ocorre com o ruído, a vibração é considerada um invasor não apenas das residências localizadas próximo às indústrias, mas também a diversos tipos de construção devido a multiplicidade de fontes que a produzem. A grande diferença entre vibrações e ruídos é que as vibrações não afetam somente o homem, mas também os materiais, sendo significativamente importante ao binômio ruído-vibração no contexto da preservação e conforto ambiental (DERISIO, 2000). Dentre os efeitos das vibrações, destacam-se o desconforto para os seres humanos, os danos em estruturas e edificações e o mau funcionamento de equipamentos sensíveis, como laboratórios técnicos e hospitais.

Os danos em estruturas e edificações são classificados pela norma ISO 4866, de acordo com o tamanho em espessura de sua fissura ou trinca. Os danos classificados como cosméticos são os com a espessura de um fio de cabelo, onde há aparecimento de pequenas fissuras. Em seguida, temos os danos classificados como de pequena monta, onde há o aparecimento de trincas e a queda do revestimento de reboco ou gesso. Por último temos os danos de grande monta, com trincas estruturais nos pilares, lajes e vigas (ISO 2631-2, 2010).

A Tabela 3 demonstra os limites PVP para integridade estrutural, de acordo com a DIN 4150, uma vez que não há uma norma específica para vibração em estruturas na legislação brasileira:

**Tabela 3 - Limites de Pico de Velocidade da Partícula (PVP) em (mm/s) para integridade estrutural**

<b>Tipos de Edificação</b>	<b>PVP (mm/s)</b>
Categoria 1: Edificações de concreto armado e de madeira em boas condições	40
Categoria 2: Edificações de alvenaria em boas condições	15
Categoria 3: Edificações de alvenaria em más condições de conservação e edificações consideradas de patrimônio histórico.	8

Fonte: Própria dos autores, adaptada de DIN 4150-3 (1999)

Os seres humanos reagem de maneiras distintas as vibrações diferentes, possivelmente reduzindo a qualidade de vida e o conforto. O efeito da vibração dá uma sensação física de movimento e pode afetar atividades como o sono e conversação devido à vibração de objetos e janelas (BRITO, 2014). A ISO 2631-2 estabelece os níveis e limites de incomodidade para ocupantes de uma edificação, o Quadro 9 apresenta o limite de pico da velocidade da partícula e os limites incômodos.

**Quadro 9 - Limites de Pico de Velocidade da Partícula (PVP) em (mm/s) para limites de incomodidade**

Magnitude da aceleração	Conforto Humano
Menor que 0,315 m/s <sup>2</sup>	Não desconfortável
0,315 m/s <sup>2</sup> a 0,63 m/s <sup>2</sup>	Um pouco desconfortável
0,5 m/s <sup>2</sup> a 1 m/s <sup>2</sup>	Razoavelmente desconfortável
0,8 m/s <sup>2</sup> a 1,6 m/s <sup>2</sup>	Desconfortável
1,25 m/s <sup>2</sup> a 2,5 m/s <sup>2</sup>	Muito desconfortável
Maior que 2 m/s <sup>2</sup>	Extremamente desconfortável

Fonte: Própria dos autores, adaptada de Margarido apud ISO 2631-1 (1997)

Observa-se que acelerações acima de 0,8 m/s<sup>2</sup> são consideradas desconfortáveis, causando incomodidade aos seres humanos. Assim como, acima de 2 m/s<sup>2</sup> causam desconforto extremo. As reações ao desconforto causado dependem de fatores físicos e psicológicos, de forma subjetiva. Além de que, há uma variação de sensibilidade máxima para frequência, em partes diferentes do corpo humano.

#### **4.4 - As legislações e normas pertinentes aplicadas ao caso.**

##### **4.4.1. Ruídos**

No Brasil não há regulamentação própria para a medição de ruído proveniente do modal ferroviário, assim utilizam-se critérios de outros países fundamentados em artigos científicos, resoluções e pesquisa documental. Nesse cenário, os critérios de avaliação adotados variam entre os profissionais acadêmicos e comerciais. Esse fato gera ainda conclusões divergentes em diversos trabalhos.

Os níveis excessivos de ruído se enquadram entre os sujeitos ao Controle da Poluição do Meio Ambiente, uma vez que a deterioração da qualidade de vida proveniente da poluição sonora tem sido constantemente agravada nos centros urbanos. A Resolução CONAMA nº 01/1990 de 08 de março de 1990, estabelece os padrões de emissão de ruídos em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política, visando à saúde e conforto ambiental. Ainda, segundo a Resolução as medições de ruídos devem ser efetuadas de acordo com a norma NBR-10.151 - Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade, da ABNT.

A Tabela 4 estabelece os Níveis de critério de avaliação (NCA) para ambientes externos, conforme a NBR 10.151. Os níveis estão medidos em decibéis (dB).

**Tabela 4 - Nível de Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB(A), de acordo com a NBR 10151:2000**

<b>Tipos de áreas</b>	<b>Diurno</b>	<b>Noturno</b>
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: ABNT, 2000

Nota-se que para áreas predominantemente residencial, por onde muitas composições ferroviárias passam, os níveis de critério de avaliação encontram-se na faixa dos 50 dB. Caso o nível de ruído ambiente seja superior ao valor da Tabela para a área e o horário em questão, o NCA assume o valor do ruído ambiente.

As autoridades são responsáveis pelo estabelecimento dos limites de horário, com observância de alguns aspectos como, por exemplo, o período noturno não começará depois das 22h e não termina antes das 7 horas da manhã em dias úteis. Para domingos ou feriados, o período noturno não pode encerrar antes das 9h (ABNT, 2000).

Já a norma NBR 10.151:2000 é aplicável em fontes fixas de ruídos, o que torna a sua análise falha para sistemas móveis, como vias de tráfego. Há inclusive um parágrafo na Resolução CONAMA nº 01/90, artigo IV, afirma-se que os veículos automotores devem ser monitorados em relação à emissão de ruídos de acordo com as normas do Conselho Nacional de Trânsito.

Os níveis prejudiciais à saúde são estabelecidos conforme a norma NBR 10.152 de dezembro de 1987, objetiva a Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas. A norma define os limites máximos para os níveis de ruído, em consonância com a área no qual o ruído é produzido e fixa as condições exigidas para medição e aceitação visando conforto acústico, como hospitais, escolas, auditórios, residências, entre outros.

Devido à ausência de legislação específica para avaliação de níveis de ruído em sistemas lineares de transporte uma vez que a NBR 10.151 refere-se apenas a fontes fixas, em 19 de maio de 2009 a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) aprovou a Decisão de Diretoria - DD nº 100/2009/P, a qual estabelece o “Procedimento Para a Avaliação de Níveis de Ruído em Sistemas Lineares de Transportes”.

No ano seguinte, a Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo estabeleceu que a norma CETESB DD nº 389/2010 seria aplicada a todo o Estado de São Paulo e utilizada como parâmetro para o restante da malha ferroviária do país (ECOAR, 2017). Dentre as agências ambientais brasileiras, a CETESB foi a pioneira em publicar legislações específicas a avaliação dos níveis de ruídos provenientes dos sistemas lineares de transporte. Essa norma estabelece os limites legais de ruídos para regiões vizinhas a rodovias e ferrovias. A seguir são evidenciados na Tabela 5 os padrões de ruídos estabelecidos pela norma supracitada.

**Tabela 5 - Limites legais de ruído em áreas vizinhas a rodovias e ferrovias de acordo com a CETESB DD nº 389/2010/P**

Tipo de Ocupação	Vias Novas		Vias Existentes	
	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno
I Hospitais, Casas de Saúde, Asilos, Unidades Básicas de Atendimento à Saúde, Creches	55	50	60	55
II Residências, Comércio e Serviços. Locais	60	55	65	60
III Instituições de Ensino, Escolas, Faculdades, Centros Universitários, Universidades, Atividades Equivalentes e Cultos Religiosos	63	58	68	63

Fonte: CETESB DD nº 389/2010

Verifica-se a partir da Tabela que os limites de emissões de ruídos em áreas vizinhas a rodovias e ferrovias variam de acordo com o tipo de ocupação, sendo que os limites são maiores para locais com maiores fluxos de pessoas e transportes, como instituições de ensino,

por exemplo. Do mesmo modo em que são menores para locais que demandam silêncio, como hospitais e casas de saúde.

A publicação da DD nº 389/2010/P foi de grande importância, pois não havia procedimentos específicos que tratassem do assunto, deixando-o desamparado de legislação. Porém, ainda que o efeito tenha sido positivo faz-se necessário a revisão da norma de forma a torná-la mais restritiva e aplicada às atividades específicas em ordem nacional.

#### **4.4.2. Vibrações**

Assim como os ruídos provenientes do transporte ferroviário não possuem legislação brasileira específica, as vibrações ambientais ferroviárias não possuem normas que abordem os padrões para medição. A norma com maior semelhança que trata de vibrações é a ABNT NBR 9653:2005 – Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas. Essa norma é aplicável a atividades mineradoras de curta duração (< 1 segundo), porém a vibração resultante da passagem de trens de cargas possui um caráter repetitivo e de duração mais elevada (> 1 segundo).

Usualmente, para monitoramento e padronização de vibrações contínuas com risco de danos a estruturas, adotam-se normas internacionais como a norma britânica BS 7385-2:1990 e a norma alemã DIN 4150-3: Vibração Estrutural – Efeitos da vibração em estruturas (1990-02).

A norma inglesa BS 7385 de 1990, discute as medições de vibração em edifícios em termos gerais, além de definir os parâmetros que podem ser utilizados para definir a magnitude da vibração no terreno: deslocamento, velocidade, aceleração de partícula e frequência. O parâmetro mais utilizado nas normas de vibrações é a velocidade máxima, medida nas direções longitudinal, vertical e transversal.

A norma alemã DIN 4150-3 estabelece os valores limites de velocidade de vibração de partícula em mm/s, para que sejam avaliados os riscos de danos de estruturas civis de acordo com o intervalo de frequência em Hertz (Hz). A direção de medição a ser avaliada, de acordo com essa norma é somente a direção vertical, o eixo z do sistema cartesiano. A DIN 4150-3

foi utilizada por muitos países da Europa para criação de suas normas próprias, sendo considerada a norma-padrão do continente (BACCI; LANDIM; ESTON, 2003).

O Quadro 10 fornece os dados adotados como referência para a passagem de composições ferroviárias onde é medido o maior valor dentre as duas componentes horizontais de velocidade de vibração de partículas.

**Quadro 10 - Valores de referência para velocidade de vibração para serem usados para avaliação dos efeitos de vibrações de longa duração definidos pela DIN 4150-3**

<b>Tipo de Estrutura</b>	<b>Valor de referência em mm/s para velocidade da partícula da maior componente horizontal, para o andar mais elevado de diferentes tipos de prédio em qualquer frequência</b>
Prédios usados para fins comerciais, prédios industriais e prédios de projetos similares aos anteriores	10
Residências e prédios residenciais ou com ocupação similar	5
Estruturas que devido a sua sensibilidade particular à vibração não podem ser classificados nas linhas anteriores ou de grande valor intrínseco.	2,5

Fonte: DIN 4150-3 (Traduzido pelas autoras)

Segundo Horta (2014), os Critérios de Vibração do Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal – LNEC, definem os limites de vibrações sobre edificações e seres humanos. Avalia-se a medição de acordo com a direção do eixo (x, y ou z) que possuir a maior velocidade eficaz ( $V_{ef}$ ). Os Quadros 11 e 12 apresentam, respectivamente, os Critérios de Avaliação de Vibração LNEC para seres humanos e edificações.

**Quadro 11 - Critérios de Avaliação de Vibração LNEC para Seres Humanos**

<b><math>V_{ef}</math> [mm/s]</b>	<b>Sensação</b>
$V_{ef} < 0,11$	Nula
$0,11 < V_{ef} < 0,28$	Perceptível, suportável para pequena duração.
$0,28 < V_{ef} < 1,10$	Nítida, incômoda, podendo afetar as condições de trabalho.
$V_{ef} > 1,10$	Muito nítida, muito incômoda, reduzindo as condições de trabalho.

Fonte: Horta (2014)

**Quadro 12 - Critérios de Avaliação de Vibração LNEC para Edificações\***

Vef [mm/s]	Efeitos
Vef < 3,5	Praticamente nulos.
3,5 < Vef < 7	Possibilidade de danos estéticos em edifícios antigos.
7 < Vef < 21	Trincas em revestimentos.
21 < Vef < 42	Rachaduras acentuadas nos revestimentos e alvenarias
Vef > 42	Danos consideráveis, possibilidade de rachadura em concreto armado

\*excluindo monumentos e edifícios sensíveis

Fonte: Horta (2014)

A partir dos Quadros apresentados, observa-se que as legislações apesar de serem de nacionalidades diferentes, se complementam. Segundo a DIN 4150-3, para residências e prédios residenciais, o valor de referência para a velocidade de vibração é de 5 mm/s e de acordo com a LNEC para edificações a velocidade eficaz entre 3,5 e 7 mm/s pode causar danos estéticos em edifícios antigos.

No Brasil, a Decisão de Diretoria Nº 215/2007/E de 07 de novembro de 2007 estabelecida pela CETESB dispõe sobre a sistemática para a avaliação de incômodo causada por vibrações geradas em atividades poluidoras. A Decisão define os valores limites de vibração de acordo com o tipo de ocupação do solo e o período de medição, o Quadro 13 apresenta esses critérios.

**Quadro 13 - Critérios de vibração CETESB**

Limites de Velocidade de Vibração de Partícula - Pico [mm/s]		
Tipos de Áreas	Diurno (7h às 20h)	Noturno (20h às 7h)
Áreas de hospitais, casas de saúde, creches e escolas.	0,3	0,3
Área predominante residencial.	0,3	0,3
Área mista, com vocação comercial e administrativa.	0,4	0,3
Área predominante industrial.	0,5	0,5

Fonte: CETESB (2007)

Observa-se que os limites demonstrados no Quadro 13 da CETESB, se comparados ao Quadro 12 da LNEC, estão alinhados. Para áreas predominantemente residenciais o limite estabelecido pela CETESB é de 0,3 mm/s, tanto diurno quanto noturno. Neste caso, segundo a LNEC a sensação da vibração enquadra-se na faixa de nítida e incômoda, porém este valor é



aproximadamente igual ao máximo da sensação perceptível e suportável para pequena duração.

A medição da vibração ambiental ferroviária é realizada, na maioria das vezes, em casos específicos onde nota-se danos potenciais à estrutura das edificações, como prédios e casas antigas próximas as linhas férreas. A predição deste tipo de vibração torna-se uma ferramenta para mapeamento dos efeitos que serão observados em determinadas situações. Para tanto, faz-se necessário à consolidação da medição e dos critérios de avaliação como as legislações aplicadas ao caso.

#### **4.4.3. Emissões Atmosféricas**

O acompanhamento de emissões atmosféricas é um importante indicador de gestão ambiental, uma vez que permite a correlação entre agentes emissores e tipos de poluentes emitidos, sendo um instrumento estratégico para orientação de medidas eficazes quanto à gestão da qualidade do ar e preservação do meio ambiente. Dentre os poluentes atmosféricos provenientes do transporte ferroviário, destacam-se as emissões de monóxido de carbono, o dióxido de carbono, os óxidos de nitrogênio e a opacidade.

Para o estudo em questão, tornou-se necessário a análise da legislação aplicável a emissões provenientes de locomotivas, sendo essas a Resolução CONAMA nº 418/2009 e a Resolução CONAMA nº 10/1989, além das normas ABNT NBR 12.897, ABNT NBR 13.037 e ABNT NBR 14.489 que determinam a metodologia a ser abordada para monitoramento dos parâmetros citados.

A norma ABNT NBR 12.897 define o emprego do opacímetro para medição do teor de fuligem de motor Diesel - Método de absorção de luz, enquanto que a norma ABNT NBR 13.037 determina a opacidade de veículos rodoviários automotores que possuem gás de escapamento emitido por motor diesel em aceleração livre. Já a norma ABNT NBR 14.489 define a análise e determinação dos gases e do material particulado emitidos por motores do ciclo diesel.

Segundo a Resolução nº 418 de 25 de novembro de 2009 do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, os órgãos estaduais e municipais são responsáveis por

determinar os limites e procedimentos com o objetivo de avaliar a manutenção de veículos. Ainda, os órgãos estabelecem os critérios para elaboração dos Planos de Controle de Poluição Veicular - PCPV e implantação de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M.

O PCPV é um plano utilizado para estabelecimento de regras de gestão e controle da emissão de poluentes e do consumo de combustíveis fósseis. Este é parte integrante do Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR e do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE. Os limites de emissão de Opacidade em aceleração livre para gases de escapamento são definidos pela Resolução CONAMA nº 418/2009, em seu Anexo I. Os níveis de ruídos permitidos por lei também são estabelecidos por essa resolução (MMA, 2017).

A Tabela 6 define os limites máximos de opacidade estabelecidos por lei de acordo com as altitudes e os tipos de motores anteriores ao ano-modelo 1996. Já a Tabela 7 estabelece os níveis de acordo com os modelos a partir de 1996:

**Tabela 6 - Limites máximos de opacidade em aceleração livre de veículos não abrangidos pela Resolução CONAMA 16/95 (anteriores a ano-modelo 1996)**

Altitude	Tipo de Motor	
	Naturalmente Aspirado ou Turbo-alimentado com LDA	Turbo-alimentado
Até 350 m	1,7 m <sup>-1</sup>	2,1 m <sup>-1</sup>
Acima de 350 m	2,5 m <sup>-1</sup>	2,8 m <sup>-1</sup>

Fonte: Resolução CONAMA 16/95

**Tabela 7 - Limites de opacidade em aceleração livre de veículos a diesel posteriores à vigência da Resolução CONAMA 16/95 (ano-modelo 1996 em diante)**

Ano/Modelo	Altitude	Opacidade (m <sup>-1</sup> )
1996-1999	Até 350 m	2,1
	Acima de 350 m	2,8
2000 e posteriores	Até 350 m	1,7
	Acima de 350 m	2,3

Fonte: Resolução CONAMA 16/95

A partir das Tabelas demonstradas, verifica-se que os limites de opacidade diminuiram conforme o ano-modelo dos motores. Tal fato é justificado devido às melhorias das novas tecnologias no que tange às emissões de poluentes atmosféricos.

Para os parâmetros CO e NO<sub>x</sub>, a Resolução CONAMA n° 418/2009 estabelece limites máximos de emissão para veículos com motor do Ciclo Otto que utilizam como combustível gasolina, álcool, flex ou gás natural, o que não se aplica para o caso de locomotivas que adotam óleo diesel ou óleo BPF como combustível. Devido a esse fato, adota-se como legislação para estes parâmetros, a Resolução CONAMA n° 10 de 14 de setembro de 1989. Essa Resolução, em seu Artigo 2º, define os limites da emissão CO e NO<sub>x</sub> de gases de escapamento por veículos automotores com motor do ciclo diesel. A Tabela 8 define os limites de CO e NO<sub>x</sub> estabelecidos pela CONAMA:

**Tabela 8 - Limites de CO e NOX conforme Resolução CONAMA n° 10/1989**

Parâmetro	Limite
Monóxido de Carbono (CO)	11,2 g/kWh
Óxidos de Nitrogênio (NO <sub>x</sub> )	14,4 g/kWh

Fonte: Resolução CONAMA 10/1989

Para o parâmetro dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), não há legislação que estabelece limites máximos de emissão de gases de escapamento por veículos automotores com motor do ciclo diesel e Óleo BPF1A, motivo pelo qual não são passíveis de comparação.

#### **4.4.4. Qualidade do ar**

A concentração de poluentes no ar é determinada por um sistema complexo que engloba a emissão de contaminantes atmosféricos por fontes fixas e móveis, locais e distantes, em consonância com condições físicas e meteorológicas da região a ser estudada.

Para esse parâmetro, adota-se também a Resolução CONAMA n.º 03/1990. Essa estabelece os padrões de qualidade do ar, assim como a amostragem deve ser feita. São definidos também os níveis de qualidade exigidos para um plano de emergência quando a poluição do ar estiver em níveis críticos e com iminente risco à saúde humana. As

providencias devem ser tomadas por governos estaduais e municipais episódios críticos de poluição do ar.

De acordo com a legislação, fica estabelecido pela Resolução CONAMA nº 05/1989 o seguinte:

“(…). Enquanto cada estado não definir as áreas de classe I, II e III mencionadas no item 2, subitem 2.3, da Resolução CONAMA no 05/1989, serão adotados os padrões primários de qualidade do ar estabelecidos nesta resolução.”

Os padrões estabelecidos são evidenciados na Tabela 9, de acordo com o tamanho das partículas em função dos padrões primários ou secundários e a sua concentração, com base em uma referência temporal:

**Tabela 9 - Padrões de Qualidade do Ar - Resolução CONAMA nº 03/1990**

Poluente	Padrão Primário		Padrão Secundário	
	Concentração ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Referência Temporal	Concentração ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Referência Temporal
Partículas inaláveis <10 $\mu\text{m}$ (PI)	50	1 ano	50	1 ano
	150	24 horas	150	24 horas

Fonte: Resolução CONAMA nº 03/1990

No Brasil, as concentrações e limites de poluentes do ar são expressas por  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Para divulgação dos dados de qualidade do ar, utilizam-se os índices de qualidade do ar, que demonstram qualitativamente os valores das concentrações de poluentes monitorados. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) estabeleceu os índices de qualidade do ar (IQAr), baseado nos limites previamente estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03/1990. Como não há uma legislação estadual em Minas Gerais, adotam-se os limites estabelecidos pela legislação estadual paulista. O Quadro 14 representa a escala de cores e padrões definidos pela CETESB. O Quadro 14 é um resumo do Quadro 5 – Qualidade do ar e efeitos à saúde, onde são associados os riscos à saúde.

**Quadro 14 - Estrutura e Distribuição dos Índices de Qualidade do Ar (IQAr)**

Faixas de IQA	Boa	Regular	Ruim	Muito Ruim	Péssima
PI (<10 $\mu\text{M}$ ) [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$\geq 0 \leq 40$	$> 41 \leq 80$	$> 81 < 120$	$\geq 120 < 200$	$\geq 200$

Fonte: Adaptado de CETESB, com base nos padrões nacionais de qualidade do ar (Res. CONAMA no 03/1990).

O Índice de Qualidade do Ar (IQAr) é importante pois proporciona à população o entendimento sobre a qualidade do ar local em referência aos diversos poluentes atmosféricos amostrados nas estações de monitoramento.

## **5. METODOLOGIA**

### **5.1 - As características da empresa analisada.**

O presente trabalho é o estudo de caso dos indicadores ambientais de maior impacto de um complexo sistema logístico de transporte que possui um sólido plano de investimentos em segurança operacional, melhorias tecnológicas, recuperação e manutenção da via permanente. A empresa opera uma malha ferroviária de 7.840 km. A malha ferroviária abrange sete estados: Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Sergipe, Goiás, São Paulo e Distrito Federal.

No estado de Minas Gerais, foco do trabalho, onde a empresa possui a sua maior área de atuação, o escoamento de produtos pode ser dividido em quatro corredores logísticos, cada um com produtos específicos transportados. O corredor Centro-Leste transporta produtos como Antracito, Calcário, Carvão, Cimento, Coque, Derivados de Petróleo, Escória, Fertilizantes, Grãos, ferro-Gusa, Minério, Produtos Siderúrgicos e Toretas e Celulose. O destino desses produtos é o Porto de Vitória. Já o corredor Centro-Sudeste é utilizado para escoamento de Açúcar, Areia, Bauxita, Containers, Derivados de Petróleo e Álcool, Fostato-Enxofre e Grãos e os produtos são encaminhados para exportação através do Porto de Santos. Os corredores Minas-Bahia e Minas-Rio tem um volume de escoamento menor de produtos, porém são fundamentais para o sistema logístico da empresa.

### **5.2 - Procedimentos metodológicos**

A proposta metodológica está pautada na pesquisa de cunho qualitativo e quantitativo. O trabalho possui uma base descritiva associada à análise quantitativa de dados e análise qualitativa de informações obtidas através de entrevistas semiestruturadas. Foi realizado o

levantamento de dados inventariados a partir dos relatórios de gestão ambiental fornecidos pela empresa de logística.

Para a realização dessa pesquisa, a revisão bibliográfica pertinente ao tema é essencial para dialogar com os resultados das análises. Nessa revisão, destaca-se a questão da gestão ambiental empresarial, o transporte ferroviário no Brasil, legislação ambiental aplicada ao caso e controle de poluição (emissões atmosféricas, ruído e vibrações).

Para as análises qualitativas e quantitativas foi utilizado o método comparativo para verificação de similitudes e explicação de divergências. Tal método permite a análise dos dados deduzindo do mesmo os elementos constantes, abstratos ou gerais (MARCONI; LAKATOS, 2010).

### **5.2.1 Metodologia qualitativa**

A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como a fonte de dados e o pesquisador como seu instrumento fundamental (Godoy, 1995). Do ponto de vista qualitativo utilizou-se as entrevistas semiestruturadas e a pesquisa descritiva. Segundo Marconi e Lakatos (2010), a entrevista é um procedimento utilizado na investigação social para a coleta de dados ou para ajudar no diagnóstico ou no tratamento de um problema social e tem por objetivo a obtenção de informações do entrevistado sobre determinado assunto ou problema. A entrevista semiestruturada é definida por Boni e Quaresma da seguinte forma:

As entrevistas semiestruturadas combinam perguntas abertas e fechadas, onde o informante tem a possibilidade de discorrer sobre o tema proposto. O pesquisador deve seguir um conjunto de questões previamente definidas, mas ele o faz em um contexto muito semelhante ao de uma conversa informal. O entrevistador deve ficar atento para dirigir, no momento que achar oportuno, a discussão para o assunto que o interessa fazendo perguntas adicionais para elucidar questões que não ficaram claras ou ajudar a recompor o contexto da entrevista, caso o informante tenha “fugido” ao tema ou tenha dificuldades com ele (BONI e QUARESMA, 2005).

A pesquisa descritiva de acordo com Barros e Lehfel'd (1986) é definida como o tipo de pesquisa no qual há observação, registro, análise e correlação entre fatos e fenômenos. A análise é feita para descobrir a características do objeto de estudo, como frequência no qual ele ocorre, recorrência, características, causas, conseqüências, relações e conexões com outros fatos.

A entrevista foi realizada com dois profissionais do departamento de meio ambiente da empresa de acordo com um questionário previamente elaborado. Para maiores detalhes verificar anexo A. A natureza da entrevista é semiestruturada, na qual são elaboradas perguntas padronizadas, porém as respostas são flexíveis, dando suporte à análise qualitativa do estudo.

### 5.2.2- Metodologia quantitativa

Os dados levantados foram tratados a partir da metodologia quantitativa. Optou se pela utilização do método estatístico para identificar o comportamento da série, estimar o melhor modelo de ajuste para a mesma e identificar o melhor modelo de previsão para os parâmetros de poluição. Marconi e Lakatos (2010) definem o método estatístico da seguinte forma:

Os processos estatísticos permitem de conjuntos complexos representações simples e constatar se essas verificações simplificadas têm relações entre si. Assim o método estatístico significa redução de fenômenos a termos quantitativos e a manipulação estatística que permite comprovar as relações dos fenômenos entre si, e obter generalizações sobre sua natureza, ocorrência ou significado (MARCONI E LAKATOS, 2010).

A justificativa da abordagem quantitativa é o fato deste tipo de análise permitir a quantificação e classificação das informações coletadas para, em seguida, serem analisadas estatisticamente. Como os dados de monitoramento já foram coletados por uma empresa terceira a coleta de dados prévia não será necessária.

Por fim, foram utilizadas ferramentas de controle de qualidade dos dados fornecidos em comparação com os limites e faixas estabelecidas pelas legislações brasileiras e estrangeiras. A análise ocorreu com a elaboração de Gráficos formulados através do software Excel e utilização de estatísticas descritivas formuladas através do software MiniTab. Os resultados foram apresentados a partir do aporte da expressão gráfica.

### 5.3 - O banco de dados

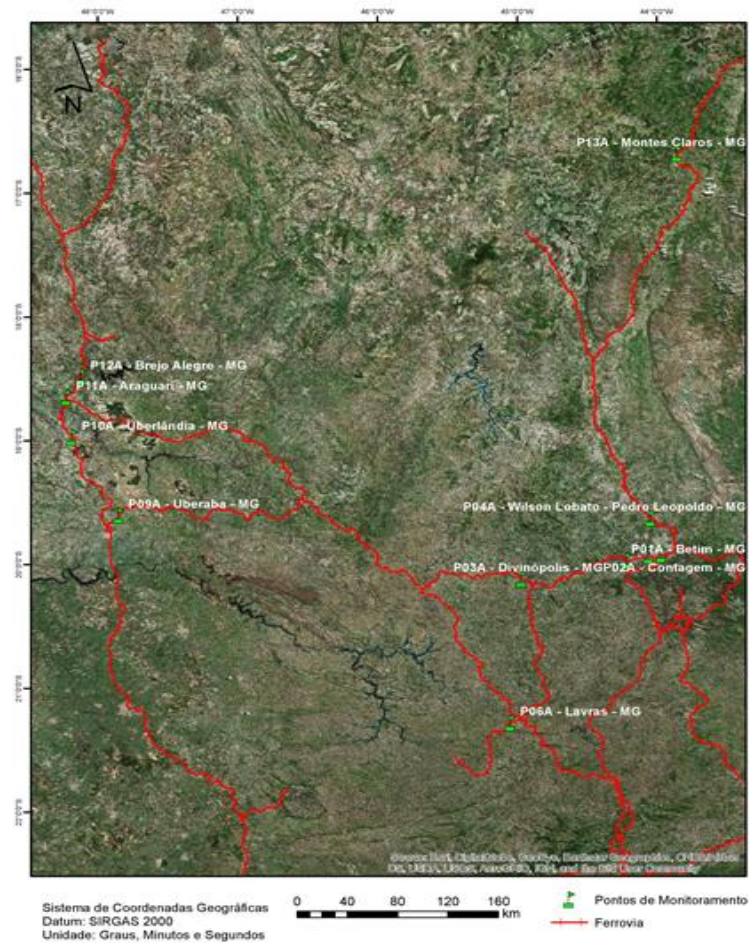
#### 5.3.1 – Característica do banco de dados

Os dados obtidos para análise possuem uma frequência de medição anual para os parâmetros ruído, vibrações e emissões atmosféricas de chaminés de locomotivas. Os padrões de monitoramento da qualidade do ar são realizados 24 horas por dia e os relatórios de monitoramento possuem uma periodicidade mensal. A medição ocorreu durante um período de dois anos (2015 e 2016). Não foram utilizados dados referentes ao ano de 2017, de forma a possibilitar que a análise das séries temporais fossem realizadas em um período anual fechado.

As medições dos níveis de opacidade, Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) e Óxidos de Nitrogênio foram realizadas no escapamento das locomotivas. As locomotivas analisadas variam em modelo, ano e fabricante, sendo 12 delas movidas a diesel e duas movidas Óleo BPF 01A. Foram analisados os níveis em 13 localidades diferentes (Betim, Contagem, Divinópolis, Pedro Leopoldo, Belo Horizonte, Lavras, São João del-Rei, Tiradentes, Uberaba, Uberlândia, Araguari, Brejo Alegre e Montes Claros), em diferentes níveis de aceleração. Em relação à 2015, os relatórios de 2016 apresentaram alguns dados novos, como CO<sub>2</sub> e temperatura. Os pontos de monitoramento são localizados conforme a Figura 10 a seguir:



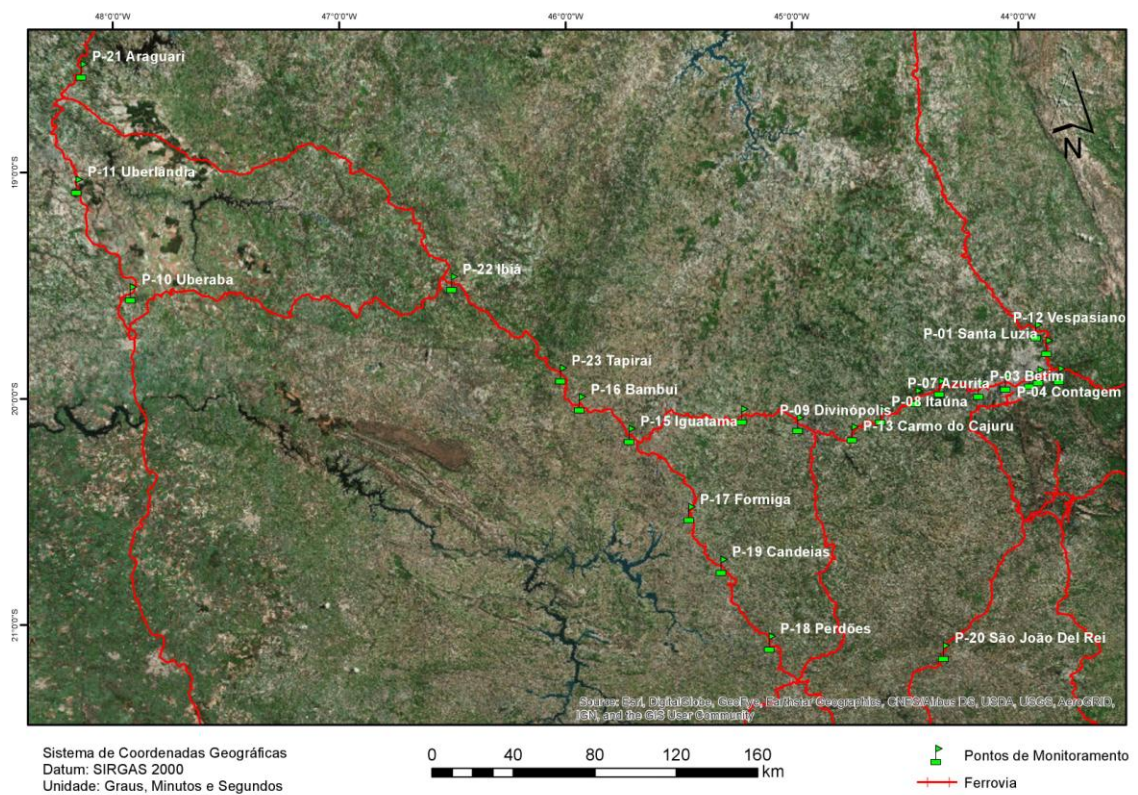
**Figura 10 - Localização dos pontos de emissão atmosférica monitorados pela empresa contratada**



Fonte: Própria dos autores

A medição do ruído e da vibração proveniente da passagem de composições ferroviárias são medidos conjuntamente. Foram medidos 24 pontos localizados em cidades determinadas como críticas pela empresa e com grande quantidade de reclamações. A Figura 11 mostra o mapa de pontos de monitoramento e seu posicionamento em relação a ferrovia:

**Figura 11 - Localização dos pontos de medição de ruído e vibração monitorados pela empresa contratada**

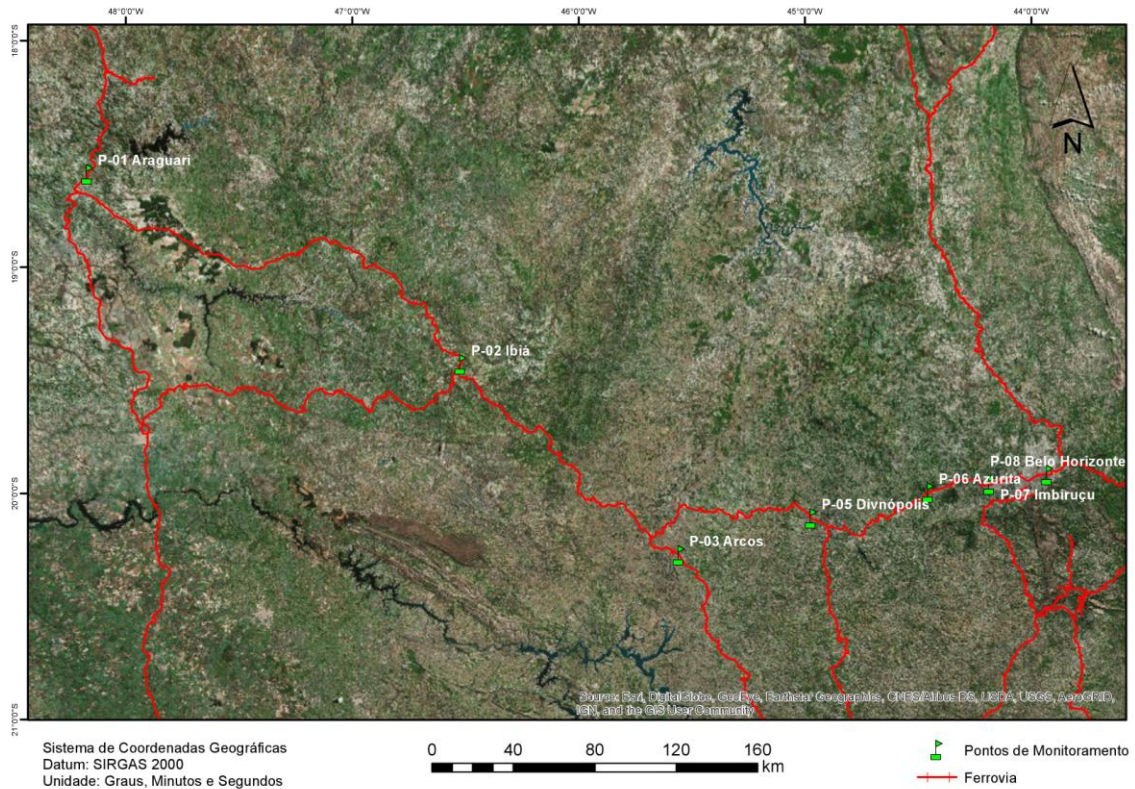


Fonte: Própria dos autores

Para o monitoramento da qualidade do ar, foram instaladas estações de Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar (RAMQAr) automatizadas, com medições realizadas 24 horas por dia. São medidas as concentrações de material particulado (Partículas Inaláveis) da atmosfera e as condições meteorológicas de superfície como a direção e velocidade do vento. As estações são localizadas em oito localidades, sendo essas as cidades de Araguari, Ibiá, Arcos, Divinópolis, Lavras, Azurita, Imbiricu e Belo Horizonte. A Figura 12 demonstra os pontos onde estão localizadas as RAMQAr em relação a ferrovia:



**Figura 12 - Localização das estações de qualidade do ar monitoradas pela empresa contratada**



Fonte: Própria dos autores

### 5.3.2 – Metodologia de medição dos parâmetros

Para a análise de ruídos, os dados foram mensurados por uma empresa terceira contratada seguindo a normatização e estabelecimento de padrões comparativos com saúde ambiental são ditados pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), no inciso II do artigo 6º da Lei 6.938/81. Para se diferenciar som e ruído, utiliza-se unidades de medição de ruídos, em aparelhos conhecidos como decibelímetro e se estabelece os padrões aceitáveis para conforto ambiental. Também são estabelecidos os limites limítrofes e máximos. A intensidade sonora é expressa em decibéis (dB). Foram medidos 24 pontos localizados em comunidades onde há passagem de composições ferroviárias. Os equipamentos utilizados são relacionados no Quadro 15 e nas Figuras 13, 14 e 15 a seguir:

**Quadro 15 - Equipamentos utilizados para medir o ruído ambiental**

Medidor de ruído	Calibrador do medidor de ruído	Software
Código: ECOMR003	Código: ECOCA003	Descrição: dB TRAIT
Marca: 01 dB	Marca: 01 dB	
Tipo: 02	Tipo: 02	Versão: 5.5
Modelo: Solo	Modelo: Solo	
Nº de série: 35017	Nº de série: 35103523	Fabricante: 01 dB
Organismo Calibrador: Total Safety Ltda	Organismo Calibrador: Total Safety Ltda	
Nº do certificado: RBC1-9325-727	Nº do certificado: RBC2-9325-765	

Fonte: Ecoar, 2016

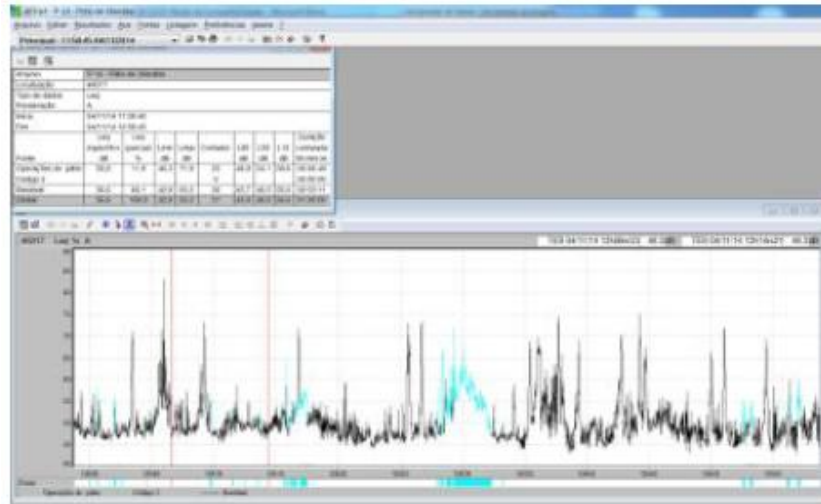
**Figura 13 - Equipamento medidor de ruído ambiental**

Fonte: ECOAR, 2016

**Figura 14 - Calibrador do Medidor de Ruído**

Fonte: Ecoar, 2016

**Figura 15 - Software para análise do ruído medido**



Fonte: Ecoar, 2016

De acordo com a metodologia da empresa as medições foram realizadas em cada ponto no período diurno e noturno, pois a empresa opera 24 horas por dia. O monitoramento em cada ponto foi realizado com a passagem de trens e sem a passagem de trens, de forma a permitir também a avaliação do Ruído Ambiente. Para comparação com os padrões ambientais foi utilizado o valor de ruído equivalente a 24 horas, considerando-se as seguintes variáveis: percentual de tempo que existe passagem de composição ferroviária no ponto de monitoramento; percentual de tempo que não existe passagem de composição ferroviária; ruído ambiente (sem passagem de composição) e ruído da passagem de composição (ruído fonte). Os valores foram calculados pela equação abaixo:

$$Leq = 10 \log * \left( \frac{D \times 8}{Tm} \right) + 85$$

Onde:

Leq = Nível de ruído equivalente, em dB (A), medido durante o período audível de uma passagem de composição ferroviária

D = Nível de ruído ambiente, em dB (A), característico do local, sem a influência da composição ferroviária

Tm = % de tempo com passagem da composição ferroviária.

O monitoramento de vibração ocorreu durante a passagem de trens, simultaneamente ao monitoramento de ruídos. A norma utilizada como referência é a DIN 4150-3. A metodologia adotada para o monitoramento dos níveis de pressão sonora durante a passagem de trens é aquela definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. Os equipamentos utilizados são relacionados conforme o Quadro 16 e as Figuras 16 e 17 a seguir:

**Quadro 16 - Equipamentos utilizados para medição de vibrações**

Sismógrafo (Unidade de Dados)	Sismógrafo (Geofone)	Software
Marca: Instatel Inc	Marca: Instatel Inc	Descrição: Blastware
Modelo: Micromate	Modelo: Geofone Triaxial (ISEE)	Versão: 10.4
Nº de série: UM10303	Nº de série: UL2368	Fabricante: Instatel
Organismo Calibrador: Instatel Inc	Organismo Calibrador: Instatel Inc	

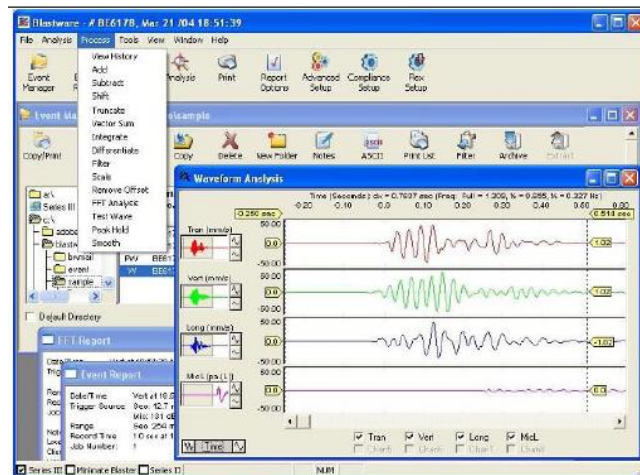
Fonte: ECOAR, 2016

**Figura 16 - Sismógrafo Instantel Micromate com microfone e geofone**



Fonte: ECOAR, 2016

**Figura 17 - Software Blastware 10.4**



Fonte: ECOAR, 2016

A medição simultânea de vibração ocorre nos três eixos de propagação (transversal, longitudinal e vertical), através da fixação do geofone diretamente sobre o solo com cravos de fixação após a remoção da camada solta ou sobre o piso de concreto por meio da fixação com gesso. O sismógrafo é programado para disparar vibrações de velocidade a partir de 0,31 mm/s e captarem eventos de 5 segundo de duração.

A metodologia adotada para o monitoramento da Opacidade, Monóxido de Carbono e Óxidos de Nitrogênio é a definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, e pela Agência Ambiental dos Estados Unidos - *The United States Environmental Protection Agency - US EPA*. Para a quantificação dos parâmetros foram utilizados os seguintes equipamentos descritos nas Tabelas e Figuras em sequência:

**Quadro 17 - Analisador de gases**

Analisador de gases
<b>Código:</b> ECOAG005
<b>Marca:</b> Seitron/Cherrist 403
<b>Nº de série:</b> 7156
<b>Faixa de medição NOx:</b> 0 a 5.000 ppm
<b>Faixa de medição CO:</b> 0 a 8.000 ppm
<b>Limite de Quantificação:</b> Nox: 1 ppm
<b>Organismo Calibrador:</b> Metrominas
<b>Faixa de medição:</b> 0,00 m-1 a 9.99 m-1 para coeficiente de absorção de luz e 0 a 100% para opacidade
<b>Nº do certificado:</b> MMG-RA-2310/15

Fonte: ECOAR, 2016



**Figura 18 - Analisador de gases**

Fonte: Ecoar, 2016

**Quadro 18 - Medidor de opacidade**

Medidor de Opacidade
Código: ECOO9001
Marca: Smoke Check/2000
Tipo: 02
Modelo: Solo
Nº de série: 53.345
Limite de Quantificação: Nox: 1 ppm
Organismo Calibrador: Instituto de Pesos e Medidas do Estado de São Paulo - IPEM-SP
Faixa de medição: 0,00 m-1 a 9,99 m-1 para coeficiente de absorção de luz e 0 a 100% para opacidade
Nº do certificado: 15289890

Fonte: ECOAR, 2016

**Figura 19 - Medidor de Opacidade**

Fonte: Ecoar, 2016



Para a determinação da concentração de Partículas Inaláveis utiliza-se o monitor E-BAM que funciona através do princípio de absorção de raios beta. Após a medição, é os valores são calculados conforme os intervalos de qualidade do ar estabelecidos pela legislação calculados pelas médias de 24 horas.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 - Ruídos

O monitoramento de ruídos foi realizado com o objetivo de avaliar os níveis de ruído ambiental provenientes da passagem de composições ferroviárias e recebidos nas comunidades limítrofes à operação da empresa analisada. Com base no monitoramento nas fontes receptoras foi possível diagnosticar a qualidade sonora das áreas sobre a influência das atividades operacionais.

A fim de facilitar a identificação dos 24 (vinte e quatro) pontos onde as medições foram realizadas, utilizou-se uma nomenclatura composta de um ponto (P) seguido de uma numeração sequencial. A relação entre a nomenclatura e a cidade respectiva pode ser observada conforme o Quadro 19.

**Quadro 19 - Nomenclatura dos pontos em relação às cidades onde ocorreu a medição**

Nomenclatura	Cidade	Nomenclatura	Cidade
P-01	Santa Luzia	P-13	Carmo Cajuru
P-02	Sabará	P-14	Sto. Ant. Monte
P-03	Betim	P-15	Iguatama
P-04	Contagem	P-16	Bambuí
P-05	Belo Horizonte	P-17	Formiga
P-06	Juatuba	P-18	Perdões
P-07	Azurita	P-19	Candeias
P-08	Itaúna	P-20	S. J Del Rey
P-09	Divinópolis	P-21	Araguari
P-10	Uberaba	P-22	Ibiá
P-11	Uberlândia	P-23	Tapiraí
P-12	Vespasiano	P-24	Horto - BH

Fonte: Própria dos autores

As estatísticas descritivas referentes a emissão de ruídos durante os anos de 2015 e 2016 encontram-se na Tabela 10. Os dados auxiliam na análise e interpretação dos Gráficos a seguir.

**Tabela 10 - Tabela de estatística descritiva de ruídos – 2015 e 2016**

Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
<b>2015</b>							
<b>Ruído Ambiente dB(A)</b>	56,5	6,05	45	51	57,5	61,75	66
<b>Ruído Total dB(A)</b>	72,38	8,2	63	65,25	71	77,5	93
<b>Ruído Acumulado diário dB(A)</b>	60,75	5,9	51	55,25	60,5	65	72
<b>2016</b>							
<b>Ruído Ambiente dB(A)</b>	55,88	5,91	48	50	57	60	66
<b>Ruído Total dB(A)</b>	72,79	7,44	61	65,25	75,5	78	86
<b>Ruído Acumulado diário dB(A)</b>	60,38	5,84	50	55,25	62,5	65	70

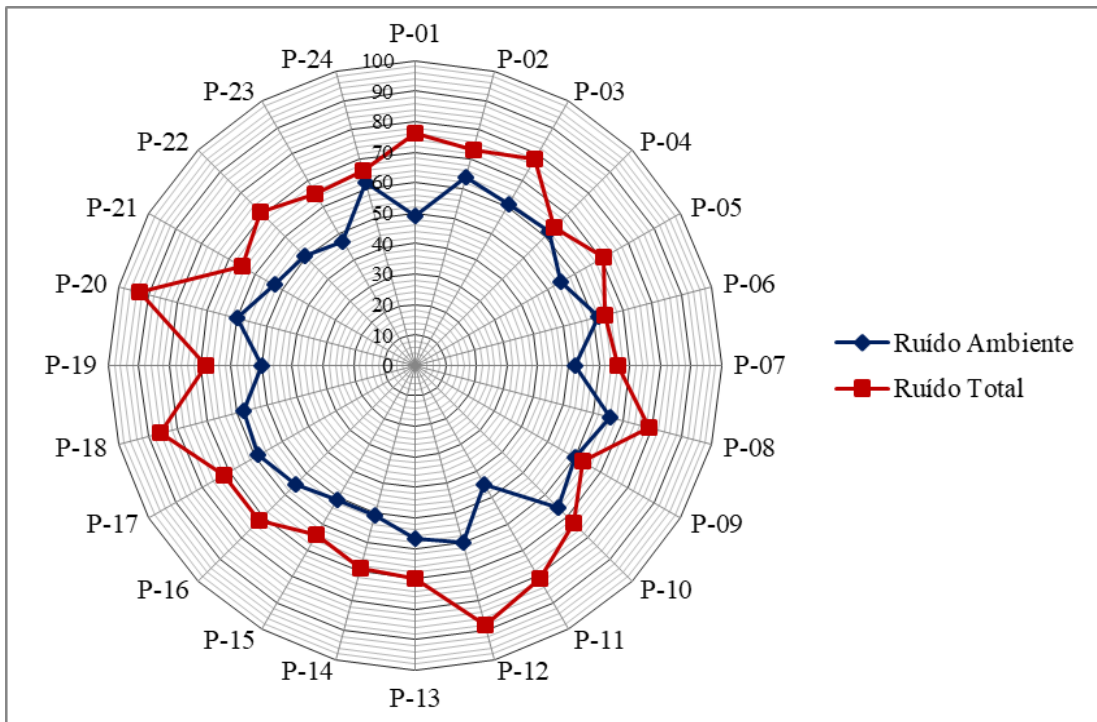
Fonte: Própria dos autores

Uma vez que o desvio-padrão representa o desvio típico dos dados em relação à média, considerada como medida de tendência central, verifica-se que a variável Ruído Total dB(A) possui maior distância típica (padrão) dos valores médios para ambos os anos. Nota-se também que a variação dos valores mínimos e máximos são maiores para a variável Ruído Total dB(A) no ano de 2015 e que no ano seguinte, a variação diminuiu. A média dos valores de ruído total apresentados representam um aumento de 28% em relação ao ruído ambiente no ano de 2015 e 31% em relação ao ruído ambiente no ano de 2016.

O ruído total é determinado pela somatória do ruído ambiente com o ruído proveniente da composição ferroviária em trânsito no momento da medição. Os Gráficos 3 e 4 apresentam a comparação entre o ruído ambiente e o ruído total<sup>5</sup> medido em algumas cidades determinadas através do mapa de criticidade de ruídos da empresa. Para maiores informações sobre os dados utilizados, consultar Anexo IB. Os dados obtidos são provenientes das medições realizadas pela empresa de monitoramento nos anos de 2015 e 2016.

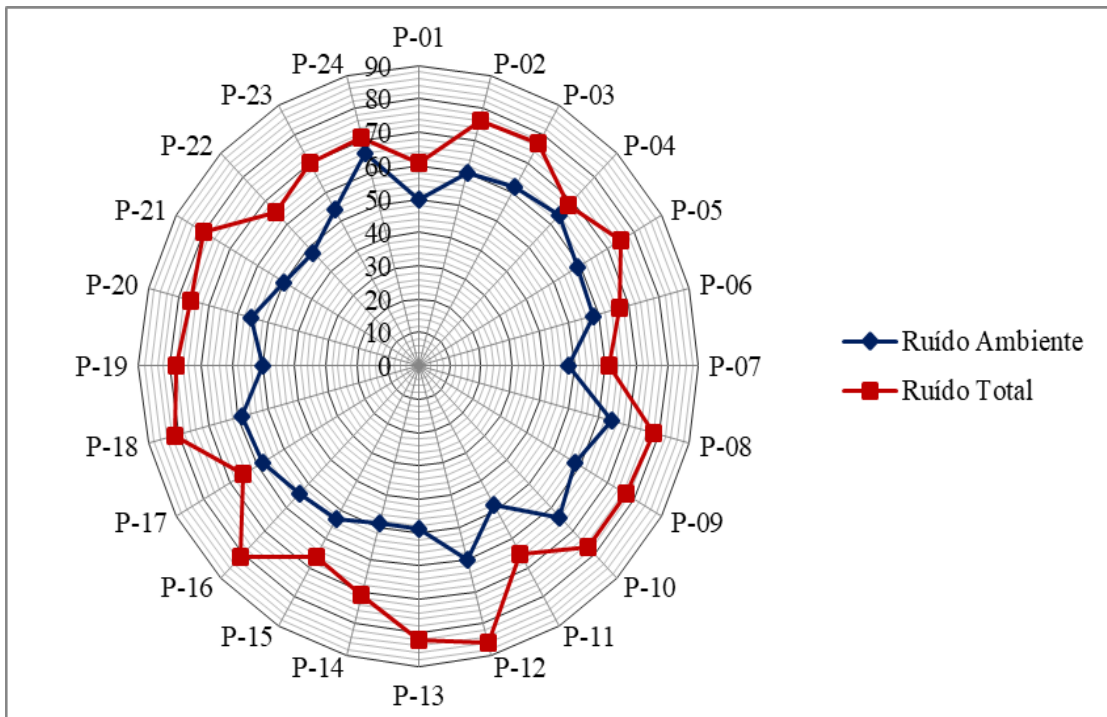
<sup>5</sup> Ruído ambiente é representado por todas as fontes sonoras próximas ou afastadas (GIANNINI et al., 2011) e o ruído total é representado pela soma do ruído ambiente com o ruído proveniente da passagem de composições ferroviárias.

**Gráfico 3 - Comparação entre o Ruído Ambiente e o Ruído Total - 2015**



Fonte: Própria dos autores

**Gráfico 4 - Comparação entre o Ruído Ambiente e o Ruído Total - 2016**



Fonte: Própria dos autores

A média do ruído ambiente reduziu seus valores em 1% de 2016 em relação a 2015, porém em relação ao valor médio de ruído total houve um aumento de 1%. A diferença apresentada entre alguns pontos com valores mais elevados ou mais baixos entre os anos analisados pode ser explicada por diferentes condições da via permanente, cargas transportadas, variação da velocidade da composição ferroviária ou até um desvio provocado pelo ajuste do decibelímetro.

Atualmente, não há uma legislação vigente para ruídos provenientes do transporte ferroviário e utiliza-se padrões estabelecidos pela Decisão de Diretoria nº 389/2010/P da CETESB para atender as condicionantes do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Na entrevista realizada, o analista ambiental da empresa afirma:

“A NBR 10.151 é para fonte fixa e, no nosso caso, não somos fontes fixas. O trem está passando, dentro de um pátio, estamos movimentando, então utilizamos a metodologia da 10.151, mas usamos a decisão da CETESB 389. Ela tem os limites para emissão de ruído, é menos restritiva que a NBR 10.151, mas até o IBAMA considera que possamos usar essa decisão da CETESB em função de não existir uma legislação específica para fonte móvel.” (Entrevistado I).

Apresenta-se para o órgão ambiental as relações do LAeq, que é definido como o nível de pressão sonora contínuo equivalente na curva de ponderação “A” em um determinado intervalo de tempo. Este nível é obtido a partir do valor médio quadrático da pressão sonora referente ao intervalo de medição, com as fontes gerando ruído e também é denominado como Ruído Total. Adota-se o intervalo de tempo 24 horas, baseando-se na CETESB nº 389/2010/P.

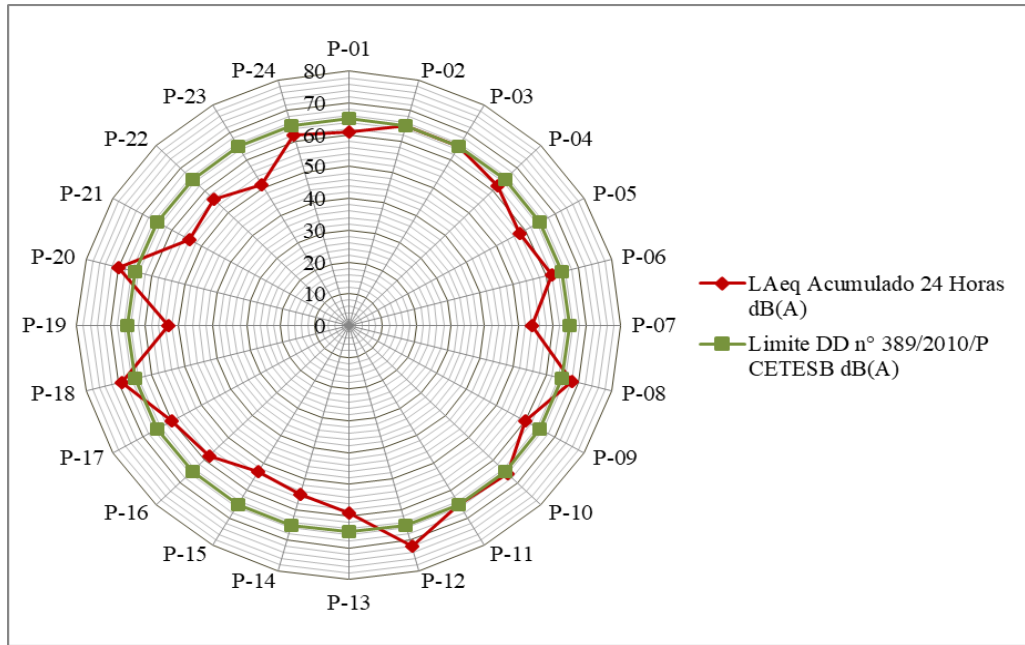
As composições ferroviárias não apresentam um nível de ruído intermitente ao longo do dia. Sobre o assunto, foi discutido o seguinte ponto durante as entrevistas realizadas:

“(…). Considero sim (ruídos e vibrações provenientes do transporte ferroviário causadores de desconforto ambiental). Na verdade, acho que muito mais em função da incomodidade. Por exemplo: Uma locomotiva parada durante 20 minutos próxima de uma residência causa mais transtorno do que o nível de decibéis que essa locomotiva está gerando” (Entrevistado I).

As porcentagens de tempo diurno e noturno nas quais uma composição passa em um determinado ponto variam entre 0,5% e 5%, o que representa um tempo máximo igual a 1,2 horas (considerando o percentual de 5% de 24 horas). O valor percentual correspondente a passagem dos trens é utilizada na equação do LAeq para determinação dos resultados.

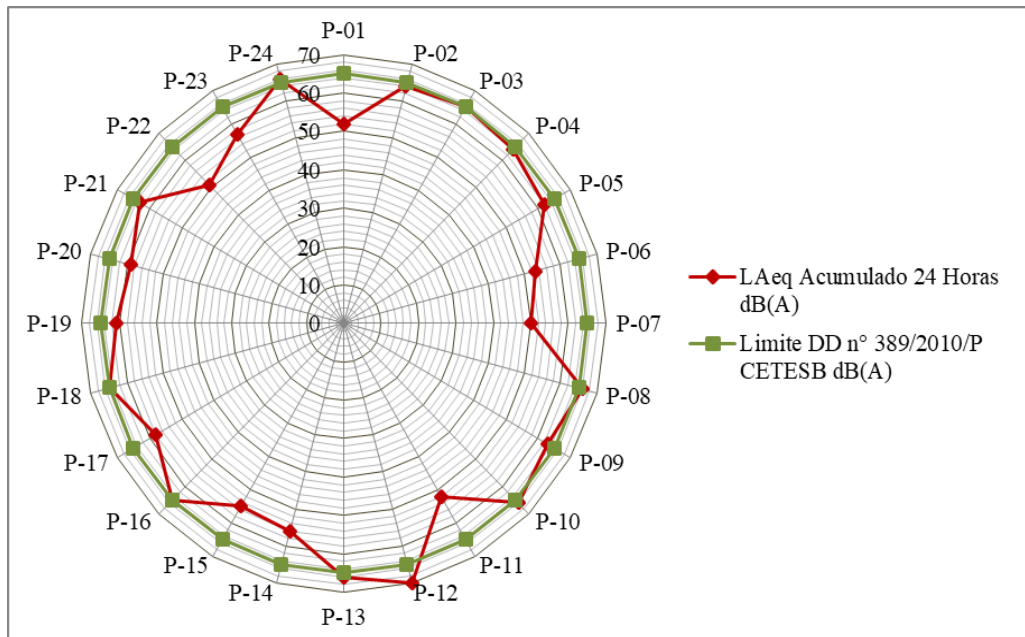
Os Gráficos 5 e 6 a seguir comparam o LAeq acumulado 24 horas com o limite estabelecido pela CETESB nº 389/2010/P.

**Gráfico 5 - Comparação entre o LAeq Acumulado 24 horas e o limite estabelecido pela CETESB - 2015**



Fonte: Própria dos autores

**Gráfico 6 - Comparação entre o LAeq Acumulado 24 horas e o limite estabelecido pela CETESB - 2016**



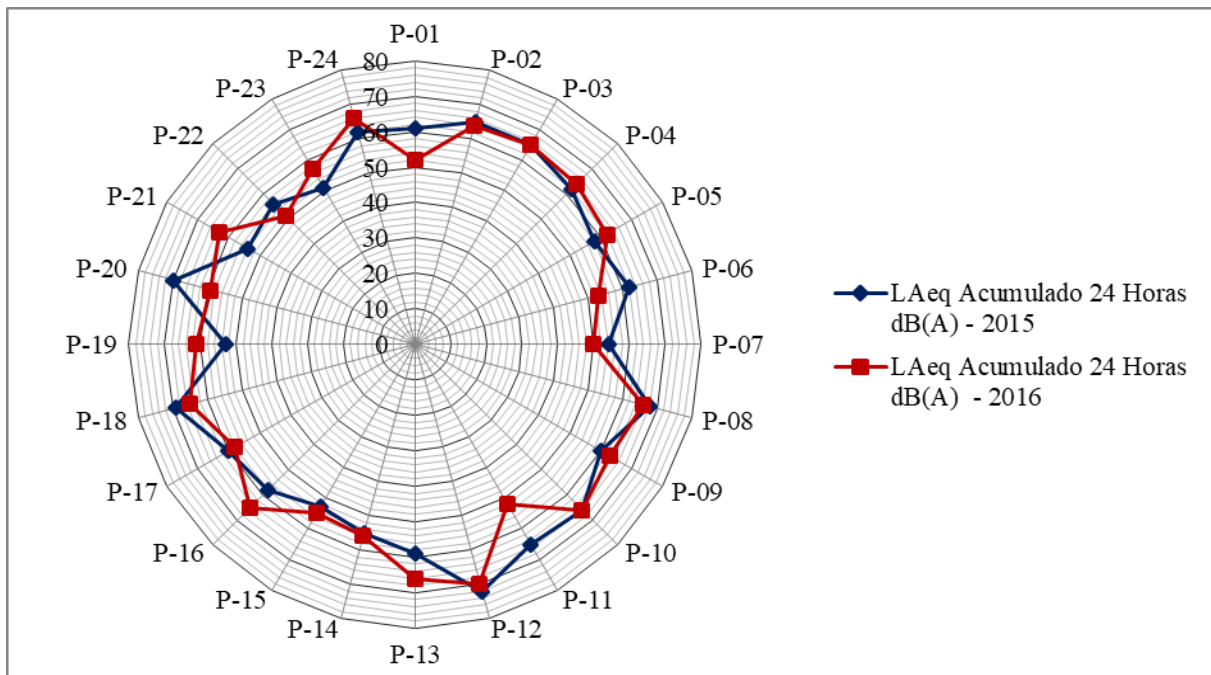
Fonte: Própria dos autores

Através do Gráfico 5, percebe-se que 21% dos pontos analisados estão acima do limite estabelecido pela legislação, o que corresponde a 5 (cinco) pontos do total. Na análise do

Gráfico 6, correspondente a 2016, nota-se também que 21% dos pontos estão acima do limite legal. No que diz respeito às cidades que não atenderam aos limites da CETESB nos dois anos analisados, os relatórios apresentam 3 (três) cidades em comum, sendo essas Itaúna, Uberaba e Vespasiano.

Em seguida é apresentado no Gráfico 7 o comparativo entre os valores de LAeq entre os dois anos analisados:

**Gráfico 7 - Comparação entre o LAeq Acumulado 24 horas entre os anos 2015 e 2016**



Fonte: Própria dos autores

Através do Gráfico 7 nota-se que não houveram variações expressivas entre os valores de emissões dos anos de 2015 e 2016. Porém, uma medição anual não demonstra uma tendência estatística confiável para análise, uma vez que existem muitas variáveis que afetam diretamente o valor do ruído medido. É necessário que o intervalo de tempo entre as medições seja menor nos primeiros anos de análise e gestão de ruídos.

De acordo com a entrevista realizada com o analista ambiental da empresa foi afirmado: “Nos monitoramentos que fizemos no ano passado para todo o território brasileiro onde a empresa atua, nem 10% atingiram o limite máximo. Foram 148 pontos e 11 pontos foram acima do limite legal.” (Entrevistado I). Após a análise dos Gráficos, verifica-se que 46% dos 11 pontos críticos estão localizados no estado de Minas Gerais. Portanto este estado apresenta uma maior criticidade para ruídos em relação aos outros estados de atuação da

empresa. Tal fato pode ser justificado devido à atuação mais expressiva da empresa neste local, onde se encontra a maior extensão de sua malha ferroviária.

Conforme dados apresentados no Quadro 7, os limites acumulados encontrados no período analisado (2015 e 2016) apresentam efeitos negativos na saúde da população em contato. Segundo estes dados, o indivíduo fica em estado de alerta e não relaxa, diminuindo seu poder de concentração e prejudicando o serviço intelectual.

Segundo os padrões estabelecidos pela OMS, em que o nível sonoro médio é de 55 dB(A) para atividades diárias e 45 dB(A) durante o período de sono, os dados médios analisados ultrapassam esses valores, qualificando-o como emissão prejudicial. Como as operações ferroviárias funcionam 24 horas por dia, é necessário que se compare também aos padrões noturnos, apresentando um excedente de 34% no nível de decibéis legais.

É necessário o estabelecimento de um plano de ação para os pontos críticos de emissões de ruídos da passagem das composições ferroviárias. Os pontos definidos como críticos foram aqueles que apresentaram valores acima ou muito próximos do valor limite da legislação nos anos de 2015 e 2016 (cidades de Sabará, Betim, Itaúna, Uberaba, Vespasiano, Carmo Cajuru, Perdões, São João del-Rei e Belo Horizonte). Portanto, sugere-se medidas de redução de emissões como a manutenção preventiva e corretiva da via permanente, a utilização de frotas de locomotivas mais novas e mais modernas, a adoção de barreiras acústicas e o treinamento dos funcionários para que a buzina seja utilizada conforme os procedimentos da empresa.

Durante as entrevistas, foram apontadas considerações sobre os ruídos emitidos e sugestões de como controlar os níveis desse parâmetro:

“Monitoramos com vários tipos de locomotivas. Onde passa uma Dash 9, que é aquela mais potente, passa uma locomotiva antiga, que às vezes é até pior, pois essa locomotiva gera mais ruído; não tem tanto isolamento quanto tem uma locomotiva mais moderna. (..)

Para medidas preventivas de ruído temos a manutenção da linha, porque às vezes há muitas soldas quebradas, alguma coisa que vai prejudicar e o trem vai passar com mais dificuldade; garantir que os maquinistas sigam os procedimentos para buzinar no tempo certo, no tempo previsto nos procedimentos; barreiras acústicas, que é algo que é possível. Temos ali na unidade de apoio do Eldorado, mas é muito caro e não prevemos isso muito como uma medida em função que podemos abrir um precedente para qualquer reclamação e termos que instalar uma barreira acústica. Há oito anos, o muro de Eldorado custou mais de um milhão de reais, é muito caro. Tem outras medidas como a garantia de infraestrutura, ondulação, falta de modernização dos trechos. Temos ruído que é gerado em função do rolamento do rodeiro no trilho, então se for garantido o engraxamento, um trilho está sem ondulações, é possível minimizar o ruído. Se colocarmos um pad de neoprene entre



o dormente e o trilho talvez consigamos minimizar essa geração de ruído, porque funciona como amortecedores. “ (Entrevistado I)

Em relação à periodicidade de medições sugere-se que sejam realizadas em um intervalo de tempo de 6 meses. Apesar de ser afirmado pelo Entrevistado II que não há mudanças nos níveis de ruído durante um ano, percebe-se uma contradição entre os argumentos utilizados, pois o Entrevistado I afirma que as mudanças ocorrem de acordo com os diferentes tipos de locomotivas e do estado da via permanente, que variam constantemente durante o período:

“São feitas (as medições de ruído) onde está passando o trem, onde tem uma passagem de nível. Só é feita quando o trem está passando. Não se faz quando não tem o trem passando, então não tem outra característica. Hoje é a mesma coisa que semana que vem, é o mesmo trem, então temos uma amostragem. As características dos trens são a mesma, então o ruído que foi medido no local se modificar ocorre por uma falta de manutenção, mas é difícil. Você faz todo ano, então você veria a diferença. Não ocorre em apenas uma locomotiva. Você veria se tivesse alguma distorção da medição, você saberia qual era o problema. Acho que atende sim. O monitoramento atmosférico é 24 horas por dia e o de vibração ocorre anualmente também. “ (Entrevistado II)

Em relação aos valores investidos pela empresa, o analista ambiental afirmou que os custos médios para a análise de ruídos são de 500 mil reais: “Com relação a ruídos e vibrações na faixa de 500 mil reais por ano. São realizadas medições em 130 pontos em média, com um custo para cada ponto de 3 mil reais” (Entrevistado I). Dessa forma, recomenda-se que a empresa realize investimentos de longo prazo para aquisição de equipamentos de medição de ruídos, de forma a diminuir o gasto da empresa com este tipo de monitoramento, uma vez que a terceirização acarreta em maiores impactos financeiros.

A atual legislação federal não incorpora a real situação do transporte ferroviário prejudicando às atuais concessionárias e a empresa analisada no atendimento as suas condicionantes de operação, pois a atual legislação refere-se a fontes fixas de emissão de ruído. Como a passagem ferroviária é uma fonte móvel não intermitente, o ruído não afetará as comunidades existentes na região durante todo o dia. Dessa forma é necessária a adequação da legislação para fontes móveis de emissão. O estado de Minas Gerais também não possui uma legislação própria para atendimento a condicionante.

Em relação à legislação, encontra-se em análise a criação de uma nova norma NBR para adaptação da realidade de fontes móveis, como o transporte ferroviário, conforme dados fornecidos durante as entrevistas realizadas:

“Estamos em um grupo de trabalho, a empresa participa com outras empresas ferroviárias para criação de uma norma. Vai ser a 16.425 da NBR para sistemas de



transporte; vai considerar a passagem de composição e tem uma parte da legislação específica para ferrovia. Já houve uma consulta nacional; tem três anos que estamos discutindo.” (Entrevistado I)

“(…) O ruído de nossos equipamentos não é um ruído que fica ali 24 horas. Inclusive, essa legislação da ABNT que estão verificando justamente é para adequação ao nosso ramo de atividade, porque o padrão utilizado hoje não é específico para ferrovia.” (Entrevistado II)

Segundo os analistas ambientais, a criação da nova legislação beneficiará a empresa uma vez que a mesma atenderá aos padrões que estão sendo definidos:

“Para ruído, o que estamos preparando agora ficou bem benéfico para a gente. Assim, teve discussão com todo mundo durante três anos, mas foi chegando a um consenso. Não é muito acima do que hoje é previsto, continuamos em um limite bem pequeno, mas é melhor do que existe atualmente” (Entrevistado I).

Faz-se necessário uma análise crítica dos limites que virão a ser adotados, uma vez que atualmente com uma legislação mais restritiva há muitas reclamações pertinentes ou não da população quanto ao incômodo e impactos negativos do transporte ferroviário:

“Acho que estamos conseguindo controlar bem com os monitoramentos já existentes. Temos que manter esses monitoramentos e cada dia aumentamos mais. Existem algumas reclamações, pois as pessoas baixam um aplicativo no celular que mede nível de decibéis e direcionam para a locomotiva. Lógico que vai dar muito acima, o equipamento não é calibrado, não é a forma correta de medição, não tem a distância correta. A pessoa monitora dessa forma e faz a reclamação. Apresentamos então o relatório com toda a calibração, o certificado do INMETRO, a ART do responsável, toda a metodologia (Entrevistado I)”

É fundamental que os novos limites sejam discutidos não apenas entre as concessionárias e órgãos fiscalizadores, mas conjuntamente com a população, de forma a tornar o monitoramento mais eficiente e condizente com a realidade e proporcionar um maior progresso no sistema logístico do Brasil.

## **6.2 - Vibrações**

O monitoramento de vibrações também foi realizado com o objetivo de avaliar os níveis de vibrações provenientes da passagem de composições ferroviárias a fim de diagnosticar a qualidade sonora das áreas sobre a influência das atividades operacionais.

Os pontos onde as medições foram realizadas correspondem aos mesmos pontos onde ocorreram as medições dos ruídos. Dessa forma, a identificação dos pontos foi realizada conforme o Quadro 19 demonstrado para ruídos.

As estatísticas descritivas dos anos de 2015 e 2016 foram computados conforme a Tabela 11 abaixo para análise.

**Tabela 11 - Tabela de estatística descritiva de vibrações 2015 e 2016**

Variável	Desvio						
	Média	Padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
<b>Vibrações (mm/s) - 2015</b>	0,6786	0,4606	0,206	0,274	0,659	0,9725	1.714
<b>Vibrações (mm/s) - 2016</b>	0,721	0,535	0,175	0,333	0,555	0,956	2.254

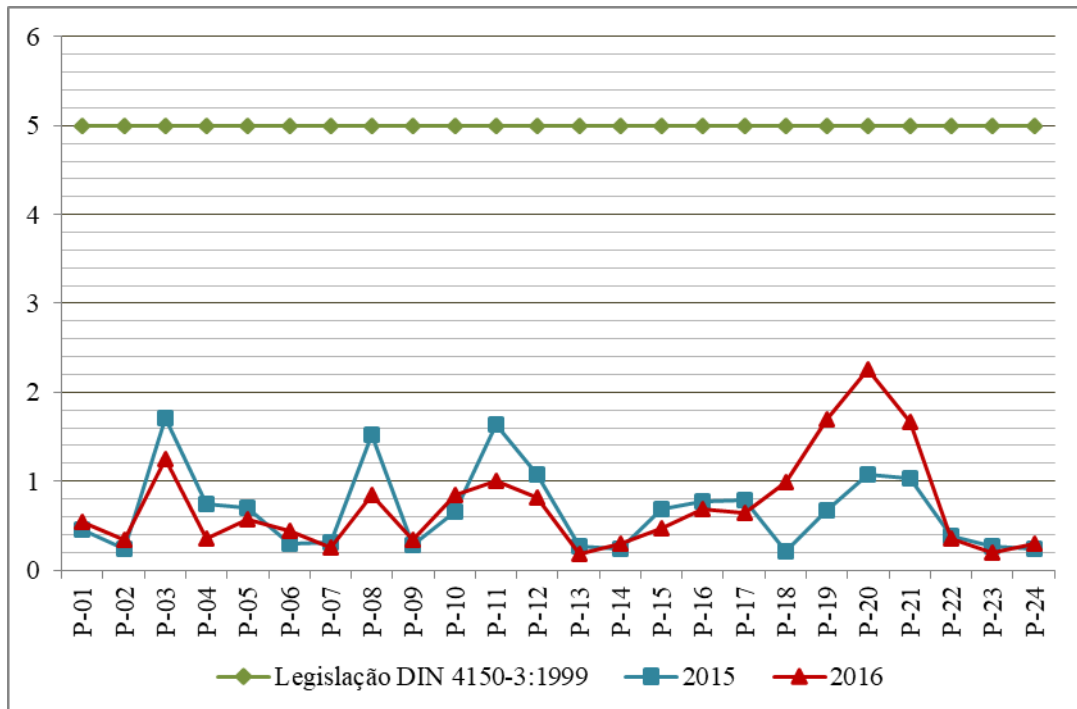
Fonte: Própria dos autores

Conforme análise da Tabela 11, os valores médios de vibração de 2016 aumentaram cerca de 6% em relação aos mesmos pontos em 2015. O desvio padrão das amostras variam cerca de 0,5 mm/s, demonstrando grande variação em relação aos valores médios que são próximos de 0,7 mm/s. Assim como na análise realizada em ruídos, a variação dos valores durante o período analisado pode ser justificada pelas alterações nas cargas transportadas, rigidez do solo, condições dos trilhos, a velocidade e o peso da composição.

A legislação DIN 4150-3 utilizada para avaliação das vibrações utiliza como critério a avaliação da velocidade da partícula apenas no eixo vertical. Porém, como a empresa realizou medições nos eixos horizontal, vertical e transversal, utilizou-se os critérios do LNEC, que consideram o valor final como o valor do eixo que possuir maior velocidade eficaz. Portanto, os dados observados refletem as direções dos eixos que propagaram maiores vibrações.

Os dados obtidos são provenientes das medições realizadas pela empresa de monitoramento nos anos de 2015 e 2016 e podem ser encontrados no Anexo IIB. O Gráfico 9 a seguir representa uma comparação entre os valores de 2015 e 2016 em relação à legislação adotada:

**Gráfico 8 - Comparativo entre valores de vibração de 2015 e 2016 em relação a legislação DIN 4150**



Fonte: Própria dos autores

A partir da análise gráfica, percebe-se que algumas localidades apresentam maiores valores de vibrações durante o período de análise em relação aos outros pontos. Tal fato deve-se principalmente ao tipo de solo no qual a medição é executada. Os pontos que apresentam uma vibração maior que 1 mm/s são em sua maioria comuns aos dois anos de monitoramento, que correspondem as cidades de Betim, Uberlândia, São João Del Rei e Araguari. Quanto mais rígido é o solo, menor é a percepção da vibração pelos corpos ao redor do ponto emissor. Dessa forma, conclui-se que os pontos apresentados correspondem a cidades com solos menos rígidos.

Atualmente, ainda não foi estabelecida uma norma nacional ou estadual em Minas Gerais para monitoramento de vibrações em relação aos danos causados em estruturas. De acordo com o padrão adotado pela DIN 4150-3 todos os pontos monitorados estão abaixo da legislação para integridade de estruturas. Em comparação aos padrões estabelecidos pela LNEC para edificações, todos os pontos permanecem com efeitos praticamente nulos em estruturas. Devido à ausência de uma norma estabelecida para o caso, faz-se necessário a utilização de legislações de outros países para a avaliação de possíveis danos às estruturas ocasionadas pelo transporte ferroviário.

A LNEC estabelece alguns padrões de vibração para conforto humano. De acordo com os pontos medidos, criou-se a Tabela 12 para comparar os dados obtidos com as sensações no

corpo humano decorrentes das vibrações, baseando-se no percentual de pontos que ultrapassavam os limites de cada categoria:

**Tabela 12 - Percentuais de pontos que se enquadram nas faixas de variação da percepção da vibração no corpo humano**

<b>Vef [mm/s]</b>	<b>Sensação</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Vef < 0,11	Nula	0%	0%
0,11 < Vef < 0,28	Perceptível, suportável para pequena duração.	26%	13%
0,28 < Vef < 1,10	Nítida, incômoda, podendo afetar as condições de trabalho.	61%	70%
Vef > 1,10	Muito nítida, muito incômoda, reduzindo as condições de trabalho.	13%	17%

Fonte: Própria dos autores

Em relação aos limites de vibração estabelecidos pela ISO 2631-1 para o conforto humano, no período analisado obteve-se, respectivamente, 17% e 25% dos pontos com vibrações consideradas desconfortáveis para humanos, 13% e 17% considerados muito desconfortáveis. Apenas um ponto encontra-se em situação de extremo desconforto, com um valor de 2,254 mm/s.

Realizou-se também medições de vibrações sem a passagem das composições ferroviárias, porém a empresa responsável pelo monitoramento adotou o valor de 0,127 mm/s como o valor de Limite de Quantificação do Método, portanto todas as amostras com valor inferior a 0,127 mm/s foram consideradas desprezíveis. Sem a passagem de composições, obtivemos apenas uma amostra com valores não desprezíveis em 2015, na cidade de Contagem e cinco amostras para o ano de 2016.

No Brasil, existem duas legislações que estabelecem os padrões de vibrações, a ABNT NBR 9653:2005 – Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas e a Decisão de Diretoria Nº 215/2007/E, estabelecida pela CETESB. A norma da ABNT não se aplica ao transporte ferroviário, pois estabelece que as vibrações ocorram em períodos de tempo menor que 1 segundo, enquanto a passagem de uma composição ferroviária ocorre normalmente no intervalo de 30 minutos. Já a DD Nº 215/2007/E da CETESB não define o período de ocorrências da vibração, apenas a informação que a norma é utilizada para vibração proveniente de atividades poluidoras.

Como medidas de controle nos pontos mais críticos (cidades de Betim, Itaúna, Uberlândia, Candeias, São João del-Rei e Araguari), sendo esses considerados os pontos que apresentaram um valor superior a 1,1 mm/s, valores limites estabelecidos pela LNEC para seres humanos, sugere-se o reforço da plataforma e aterro através da adição de cal nos solos, a fim de melhorar substancialmente os solos com piores características alterando os parâmetros que influenciam o seu comportamento pelo aumento da resistência e diminuição da deformabilidade; realizar a manutenção e troca periódica de peças de acordo com a vida útil nas locomotivas e realizar a manutenção preventiva e corretiva da via permanente.

O monitoramento de vibrações deve ser realizado em uma periodicidade menor do que o estabelecido atualmente, para um acompanhamento mais frequente e estabelecimento de curvas de tendência. Recomenda-se medição semestral para vibrações, simultaneamente com o monitoramento de ruídos.

Conclui-se que a legislação brasileira é deficitária no que diz respeito à avaliação dos impactos e padrões para vibrações, sendo necessário a utilização de padrões estrangeiros para análise de vibrações conforme constatado nas entrevistas realizadas: “Utilizamos uma norma alemã, pois não tem uma norma específica no Brasil. Ela é utilizada para danos estruturais em uma residência, por exemplo” (Entrevistado I). É necessário que se estabeleça padrões de condicionantes de forma a garantir o bem-estar da população e que os monitoramentos das empresas e atividades econômicas sejam realizados de forma eficiente e visando a qualidade ambiental e social. Nota-se que apesar do monitoramento de vibrações não ser um parâmetro obrigatório de atendimento, a empresa analisada já realiza monitoramentos de forma a atender a legislações internacionais e preservar as comunidades afetadas.

### 6.3 - Emissões Atmosféricas

As emissões atmosféricas decorrentes da combustão do diesel estão diretamente relacionadas ao consumo de combustível, que por sua vez é associado à eficiência energética das locomotivas. Nas oficinas de manutenção existentes ao longo da malha ferroviária, são realizados testes de carga e auto carga, com o objetivo de ajustar a potência da locomotiva e manter uma eficiência energética adequada. Os parâmetros monitorados correspondem a emissões de CO, NOx e Opacidade.

As medições de efluentes atmosféricos oriundos do escapamento de locomotivas ocorreram em locais determinados onde há significativa influência das operações ferroviárias. De forma a facilitar a identificação, a nomenclatura dos 11 (onze) pontos de medição foi definida com numeração sequencial da malha ferroviária da qual o ponto pertence, no qual as respectivas localidades constam no Quadro 20:

**Quadro 20 - Nomenclatura dos pontos em relação às cidades onde ocorreu a medição**

Nomenclatura	Cidade
P01A	Betim - MG
P02A	Contagem - MG
P03A	Divinópolis - MG
P04A	Wilson Lobato - Pedro Leopoldo - MG
P05A	Horto - Belo Horizonte - MG
P06A	Lavras - MG
P07A	São João Del Rei - MG
P08A	Tiradentes - MG
P09A	Uberaba - MG
P10A	Uberlândia - MG
P11A	Araguari - MG
P12A	Brejo Alegre - MG
P13A	Montes Claros - MG

Fonte: Própria dos autores

#### 6.3.1 Opacidade

Uma vez que os motores a Diesel utilizam combustível composto por óleos minerais e vegetais à base de hidrocarbonetos, geram através da queima ineficiente de hidrocarbonetos, a

fumaça negra ou material particulado, que são extremamente nocivos à saúde. Com o objetivo rápido do controle das emissões atmosféricas, desenvolveram-se processos que avaliam as propriedades óticas da fumaça. Tecnicamente, a opacidade é conhecida como o índice de enegrecimento de fumaça da combustão.

Apresenta-se as estatísticas descritivas referentes às emissões de opacidade durante os anos de 2015 e 2016 são demonstrados na Tabela 13.

**Tabela 13 - Estatística descritiva emissão de Opacidade**

Variável	Desvio						
	Média	Padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
<b>Opacidade (m<sup>-1</sup>) - 2015</b>	0,0309	0,0676	0	0	0	0,03	0,23
<b>Opacidade (m<sup>-1</sup>) - 2016</b>	0,0300	0,0249	0	0,01	0,03	0,05	0,08

Fonte: Própria dos autores

Conforme análise da Tabela 13, os valores médios das emissões de opacidade de 2016 diminuíram cerca de 3% em relação ao ano de 2015. O desvio padrão das amostras possuem grande variação em relação aos valores médios em ambos os anos, tal fato pode ser explicado devido ao ponto P09A, referente à cidade de Uberaba-MG, possuir valores expressivamente maiores em comparação com os demais pontos. Nota-se também que a variação dos valores máximos e mínimos é sutil, variando de 0,23 m<sup>-1</sup> e 0,05 m<sup>-1</sup>, para os anos de 2015 e 2016, respectivamente.

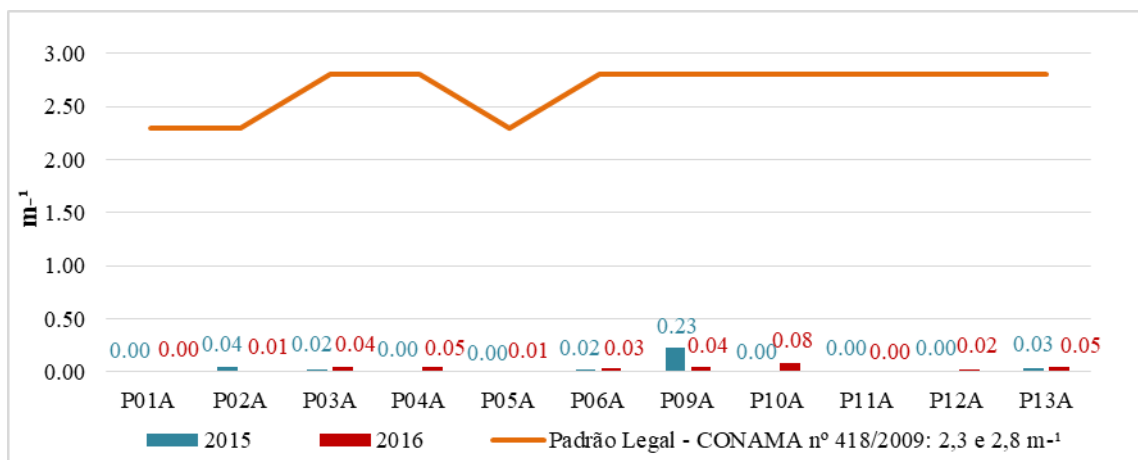
A Resolução CONAMA nº 418/2009 define os limites de emissões de Opacidade em aceleração livre para os gases de escapamento, sendo que os limites variam de acordo com o ano, modelo e altitude das locomotivas. Nos dados analisados, o limite legal varia entre 2,3 m<sup>-1</sup> e 2,8 m<sup>-1</sup>, sendo estes para locomotivas acima de 350 (trezentos e cinquenta) metros e modelos entre 1996 a 1999 e 2000 e posteriores, respectivamente. Verifica-se que os valores máximos obtidos em ambos os anos se encontram abaixo dos limites legais previstos.

Cumprе ressaltar que os limites definidos para opacidade em aceleração livre pela referida legislação aplicam-se para veículos automotores do ciclo Diesel, naturalmente aspirados ou turbo-alimentados com LDA (dispositivo de controle da bomba injetora de combustível para adequação do seu débito à pressão do turbo-alimentador) ou apenas turbo-alimentados para veículos fabricados antes de 1996 e demais todos os tipos de veículos fabricados após essa data. Como a locomotiva a vapor que opera entre o trecho de Tiradentes

a São João Del utiliza como combustível o Óleo BPF 01A, seus resultados de Opacidade não são passíveis de comparação com os limites definidos pela Resolução CONAMA 418/2009, portanto não foram utilizados na análise de dados.

Em cada ponto, a opacidade foi medida 9 (nove) vezes em diferentes níveis de aceleração durante uma média de 15 minutos seguidos. Os valores médios pontuais para os anos de 2015 e 2016 são comparados com a legislação vigente no Gráfico 9:

**Gráfico 9 - Valores médios pontuais de opacidade para os anos de 2015 e 2016**



Fonte: Própria dos autores

Como os pontos referentes às cidades Betim, Contagem e Belo Horizonte (P01A, P02A e P05A, respectivamente), possuem locomotivas posteriores ao ano 2000, os limites de opacidade são menores que os demais ( $2,3 \text{ m}^{-1}$ ). Nota-se que, aproximadamente 64% dos pontos analisados obtiveram aumento na emissão de opacidade (cidades Divinópolis, Pedro Leopoldo, Belo Horizonte, Lavras, Uberlândia, Brejo Alegre e Montes Claros), enquanto 18% houve diminuição dos índices (Cidades de Contagem e Uberaba) e os outros 18% permaneceram com os valores igualmente irrelevantes (Cidades Betim e Araguari). Dos pontos que obtiveram aumento, verifica-se que as locomotivas são mais antigas o que explica a crescente emissão. Apesar das emissões de opacidade terem aumentado durante o período analisado, ainda se encontram bem abaixo do limite previsto pela legislação.

O monitoramento da opacidade é fundamental para análise da condição de manutenção das locomotivas. Quando os níveis de opacidade aumentam significa que a manutenção está sendo realizada de forma ineficiente ou a periodicidade está incorreta.



### 6.3.2 Óxidos de Nitrogênio

Os pontos de medições dos Óxidos de Nitrogênio correspondem aos mesmos pontos da medição das emissões de Opacidade. Dessa forma, a identificação ocorreu de maneira idêntica, com 9 (nove) medições correspondentes a crescentes níveis de aceleração por uma média de 15 minutos seguidos. A estatística descritiva dos anos 2015 e 2016 foram computados conforme a Tabela 14:

**Tabela 14 - Estatística descritiva emissões de Óxido de Nitrogênio**

Variável	Desvio						
	Média	Padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
<b>Óxidos de nitrogênio (g/Kwh)</b>							
- 2015	1,014	0,660	0,1	0,66	0,85	1,39	2,22
<b>Óxidos de nitrogênio (g/Kwh)</b>							
- 2016	1,355	0,711	0,47	1,02	1,24	1,82	3,03

Fonte: Própria dos autores

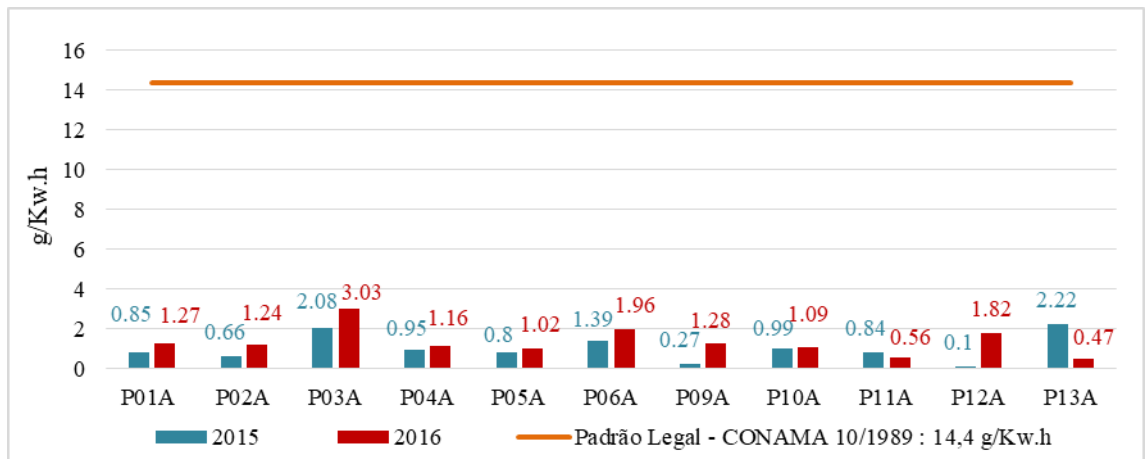
Ao analisar a Tabela 14, verifica-se que a média das emissões de Óxidos de Nitrogênio aumentou cerca 34% no ano de 2016 em comparação com o de 2015. Nota-se também que o desvio padrão possui uma variação um pouco menor que 50% do valor médio. Além de que, há uma expressiva variação entre os valores máximos e mínimos, devido aos diferentes pontos analisados.

Uma vez que os veículos com motor do ciclo Diesel constituem-se como uma das principais fontes de emissão de óxidos de nitrogênio para a atmosfera, a Resolução CONAMA nº 10 de 14 de setembro de 1989 define que a emissão de NO<sub>x</sub> de gases de escapamento por veículos automotores com motor do ciclo diesel não poderão exceder o limite de 14,4 g/kWh. De acordo com os dados descritivos, observa-se que os valores máximos obtidos em ambos os anos se encontram bem abaixo da legislação em vigor.

De forma semelhante ao exposto no item 6.3.1, para as emissões gasosas da locomotiva a vapor, alimentada por uma caldeira a Óleo BPF 01A de Tiradentes e São João Del Rei, os resultados de CO e NO<sub>x</sub> não serão comparados com os limites definidos pela Resolução CONAMA nº 10/1989, pois os resultados obtidos não são passíveis de comparação. Os limites são definidos apenas para de gases de escapamento de motor de ciclo diesel, não havendo legislação aplicável a tal caso.

Os valores médios pontuais das emissões de Óxidos de Nitrogênio para os anos de 2015 e 2016 são comparados com a legislação vigente no Gráfico 10.

**Gráfico 10 - Emissões de Óxidos de Nitrogênio (g/Kwh)**



Fonte: Própria dos autores

A partir do Gráfico 10, verifica-se que 82% dos pontos apresentaram aumento de emissões de óxidos de nitrogênio durante o período comparado. Os únicos dois pontos que apresentaram queda nas emissões foram os referentes às cidades de Araguari e Montes Claros (P11A e P13A).

De modo geral, apesar do aumento das emissões de  $\text{NO}_x$ , os pontos analisados encontram-se dentro do limite legal de 14,4 grama por quilowatt-hora. Porém, assim como para o parâmetro de opacidade, é necessário que o monitoramento de  $\text{NO}_x$  seja feito periodicamente de forma a analisar o estado de manutenção das locomotivas.

### 6.3.3 Monóxido de Carbono

As emissões de monóxido de carbono (CO) resultam da combustão incompleta do carbono (C) contido no combustível. De maneira análoga aos itens analisados anteriormente, as emissões de monóxido de carbono seguiram o mesmo padrão de análise. A estatística descritiva dos anos de 2015 e 2016 foram computados conforme a Tabela 15:

Tabela 15 - Estatística descritiva emissão de Monóxido de Carbono

Variável	Desvio						
	Média	Padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Monóxido de Carbono (g/Kw.h) - 2015	0,752	0,603	0,04	0,37	0,65	1	2,18
Monóxido de Carbono (g/Kw.h) - 2016	1,325	1,764	0,35	0,41	0,63	1,62	6,4

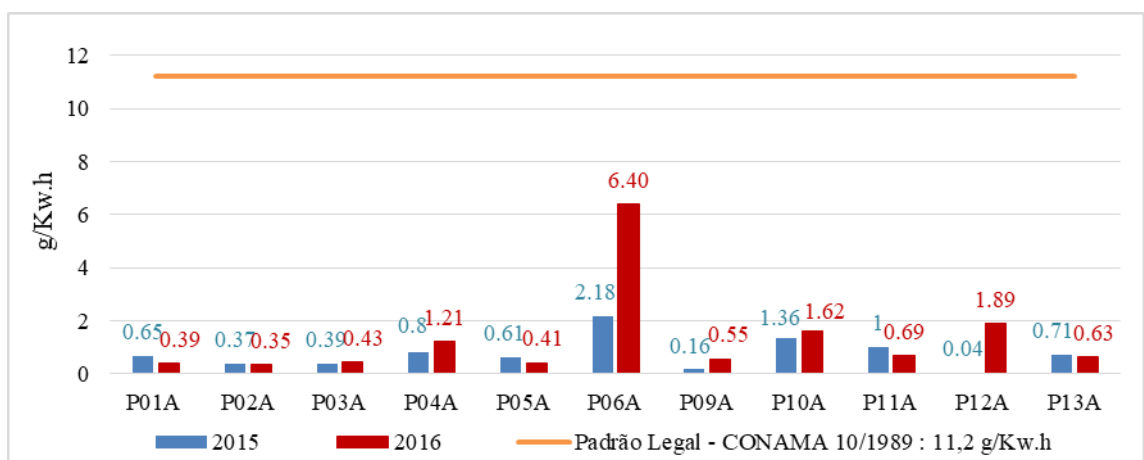
Fonte: Própria dos autores

A partir da Tabela 15, observa-se um aumento considerável nos valores médios de emissões de Monóxido de Carbono, cerca de 76%, entre os anos de 2015 e 2016. Como há grande variação entre as emissões dos pontos analisados, o desvio padrão obtido é expressivamente alto, sendo que no ano de 2016 foi maior que o valor médio. Da mesma forma, a variação dos valores máximos e mínimos é significativa.

Assim como as emissões de óxidos de nitrogênio, as emissões de monóxido de carbono utilizam o limite legal previsto pela Resolução CONAMA n° 10/1989, que prevê a emissão máxima de 11,20 grama por quilowatt-hora. A partir da Tabela 15 verifica-se que as emissões máximas entre os anos de 2015 e 2016, foram de 2,18 g/Kw.h e 6,4 g/Kw.h, respectivamente, estando abaixo do limite legal vigente. Percebe-se também o aumento da média e desvio padrão para o ano de 2016.

Os valores médios pontuais das emissões de Monóxido de Carbono para os anos de 2015 e 2016 são comparados com a legislação vigente no Gráfico 11.

Gráfico 11 - Emissões de Monóxido de Carbono (g/Kw.h)



Fonte: Própria dos autores

A partir do Gráfico 11, percebe-se que as emissões de monóxido de carbono diminuíram em mais da metade (54,5%) dos pontos analisados. Durante o período analisado, o ponto da cidade de Lavras (P06A) teve um aumento de quase 200% de emissões de CO, impactando nos valores médios da estatística descritiva. As emissões de CO encontram-se abaixo do limite legal previsto pela legislação vigente, sendo que o valor máximo obtido durante o período analisado está aproximadamente 43% abaixo do limite legal.

Analisando comparativamente as emissões atmosféricas, percebe-se que a empresa atende a legislação nos parâmetros obrigatórios conforme explicitado durante as entrevistas: “Em relação às emissões atmosféricas está bem tranquilo. Atendemos com muita folga” (Entrevistado I). Apesar de não ser possível medir os valores de CO<sub>2</sub> emitidos, a empresa está buscando inventariar os gases para analisar a possibilidade de vender créditos de carbono, porém ainda é um projeto em fase de planejamento: “Faremos um inventário para virar créditos de carbono para depois estudarmos alguma oportunidade de melhoria, de venda de crédito. O contrato está em assinatura em Suprimentos. Vamos fazer um inventário (...) para encontrar essas oportunidades” (Entrevistado I).

#### 6.3.4 Qualidade do Ar

As estações de qualidade do ar são denominadas RAMQAr e estão localizadas nas seguintes cidades: Araguari, Arcos, Azurita, Belo Horizonte, Divinópolis, Ibiá, Imbiruçu e Lavras. Foram obtidos dados de média aritmética durante todo o ano de 2016 e os parâmetros descritivos foram estabelecidos para auxílio na interpretação de resultados e confecção de Gráficos, conforme Tabela 16 a seguir:

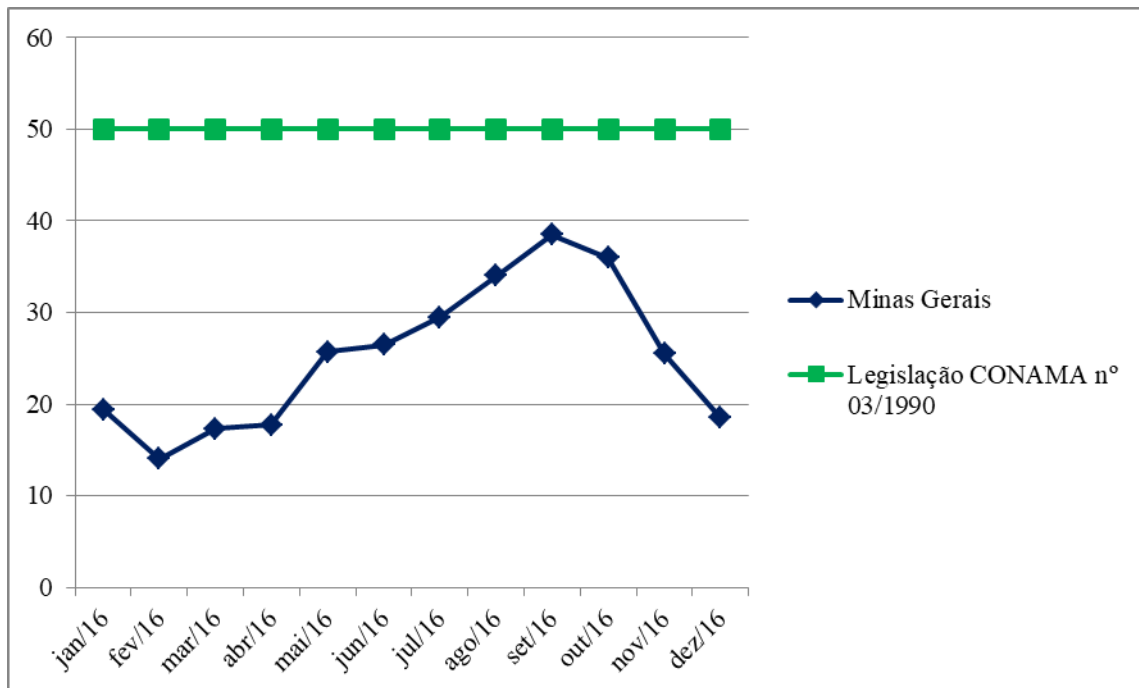
**Tabela 16 - Tabela de estatística descritiva da média aritmética anual de concentração de poluentes – janeiro/2016 a dezembro/16**

Variável	Desvio						
	Média	Padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Partículas inaláveis (<10µm) [µg/m <sup>3</sup> ]	26,25	3,54	21	23,25	26	29,75	31

Fonte: Própria dos autores

O valor médio de qualidade do ar foi determinado pela média aritmética entre os valores encontrados para cada mês em todas as estações monitoradas. Apesar dos valores variarem em quantificação e os poluentes se dispersarem de forma diferente entre as cidades, a presente análise tem por objetivo a obtenção de uma média dos valores de partículas inaláveis em cidades consideradas mais críticas de acordo com o mapeamento do inventário de emissões atmosféricas da companhia. O Gráfico 12 a seguir apresenta a evolução da concentração média mensal entre as cidades durante os meses analisados:

**Gráfico 12 - Variação Média Mensal das medições de PI (<math><10\mu\text{m}</math>) [**



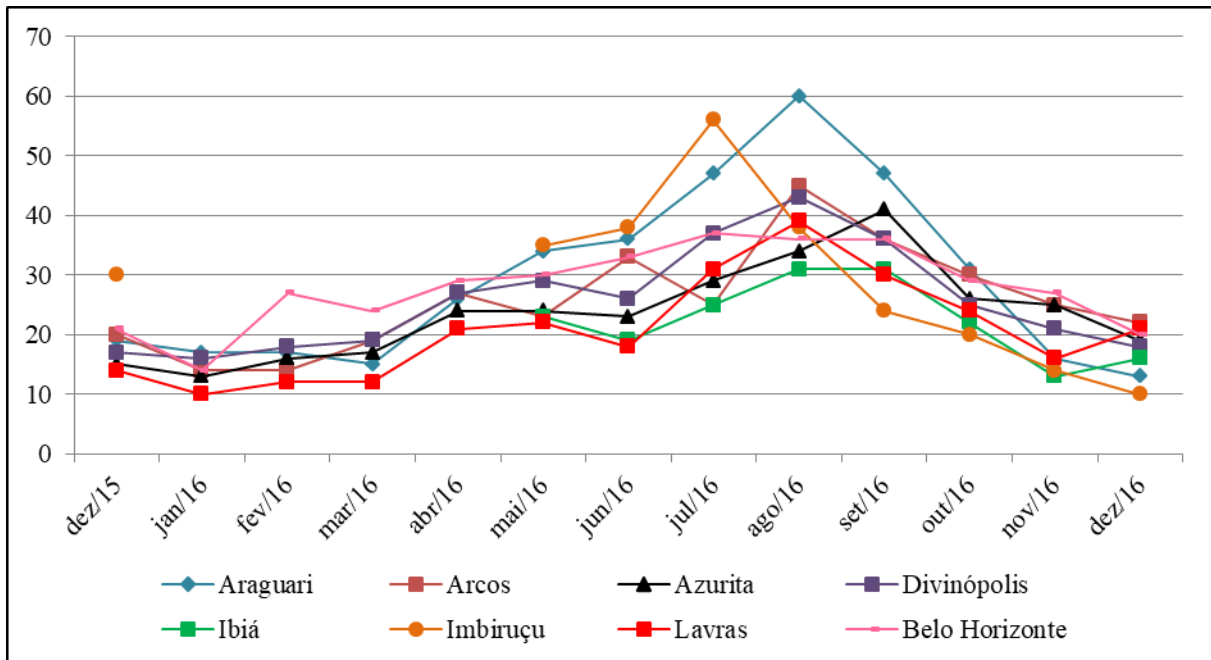
Fonte: Própria dos autores

A obtenção dos dados utilizados foi realizada pela empresa de monitoramento nas estações de qualidade do ar. Para análise e informações sobre os dados, consultar o Anexo IIIB.

Como a legislação CONAMA n° 03/1990 não estabelece valores de referência mensais, utilizou-se os valores de referência anuais. Se a legislação contemplasse um valor de referência para médias mensais, o valor seria mais alto do que o anual. Os resultados possibilitam a conclusão de que a empresa não ultrapassou o limite estabelecido pela legislação vigente de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

O Gráfico 13 representa a média aritmética mensal por cidade analisada. Em algumas cidades, o monitoramento não ocorreu em todos os meses do ano, o que é representado por uma descontinuidade no Gráfico apresentado.

**Gráfico 13 - Médias aritméticas mensais de concentração de PI por cidade - Concentração ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

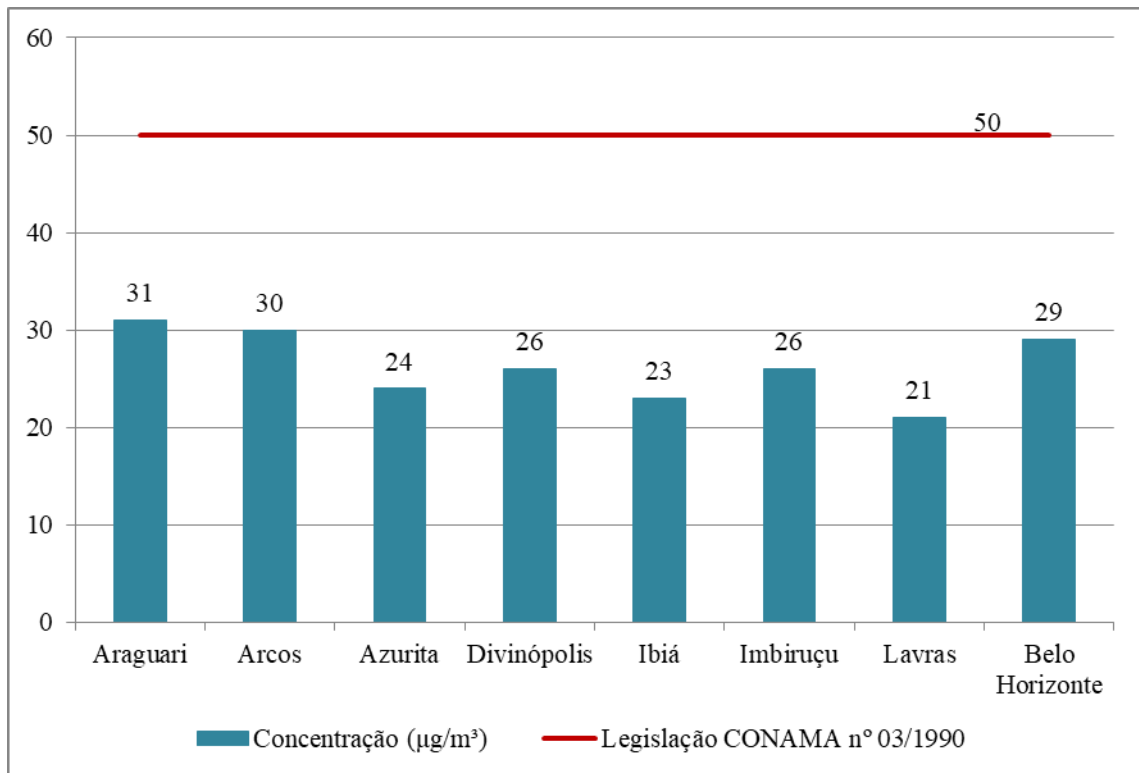


Fonte: Própria dos autores

Após a análise dos Gráficos 12 e 13 nota-se um aumento considerável nos valores das médias entre os meses de inverno (julho, agosto e setembro) em comparação com os meses de verão (janeiro, fevereiro e março). A porcentagem de aumento é de mais de 100% dos valores para os meses de verão. Tal fato justifica-se devido a maior dificuldade de dispersão dos poluentes em temperaturas mais frias, no qual ocorre o fenômeno de inversão térmica. Neste fenômeno, o solo se resfria mais rápido, o ar quente sobe e o ar frio fica retido mais próximo ao solo. Com isso, a camada de poluentes fica mais próxima da superfície e encontra maiores dificuldades de dissipação, causando maiores riscos à saúde da população.

Após a análise da concentração de Partículas Inaláveis (PIs) ao longo dos meses, realizou-se a análise da concentração de PIs ao longo de um ano em comparação com a legislação vigente estabelecida pela CONAMA nº 03/1990. O Gráfico 14 abaixo apresenta os resultados encontrados:

**Gráfico 14 - Média Aritmética da concentração de PI anual 2016 – Concentração PI ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

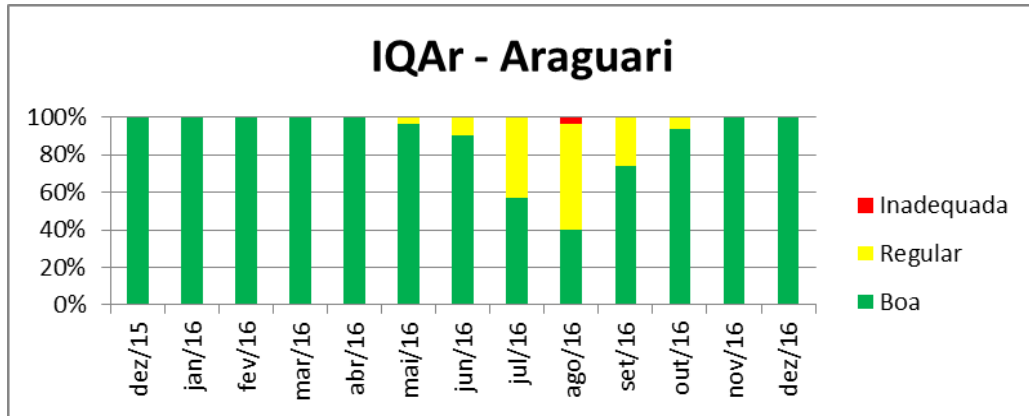


Fonte: Própria dos autores

A partir da análise da Tabela 17 e do Gráfico 15, percebe-se que a empresa analisada atende os padrões estabelecidos para concentração de Partículas Inaláveis em todas as localidades onde o monitoramento ocorre. As maiores concentrações são encontradas nas cidades de Araguari, Arcos e Belo Horizonte e as menores concentrações são das cidades de Lavras, Azurita e Ibiá. A cidade de Ibiá não teve monitoramento durante todo o período, porém o inverno, que é considerado um período mais crítico devido à dificuldade de dispersão dos poluentes foi monitorado. A maior concentração, sendo essa a cidade de Araguari, encontra-se com uma concentração de  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no período, o que representa 62% do valor estabelecido pela legislação CONAMA nº 03/1990 ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

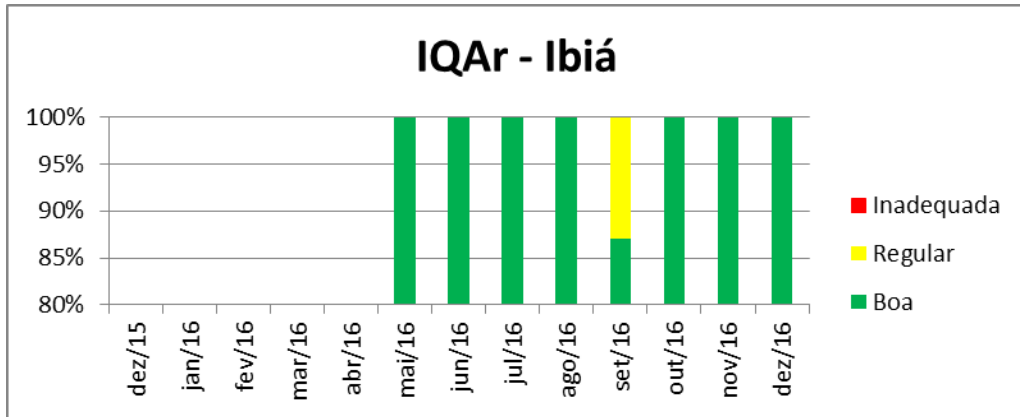
Em relação à análise do Índice de Qualidade do Ar (IQA), foram estabelecidos os percentuais de ocorrências para faixas de classificação obtidas na RAMQAr para cada localidade. Para análise dos dados, consultar Anexo IIIB. Os Gráficos 16 a 23 para cada localidade podem ser observados a seguir:

**Gráfico 15 - Distribuição do IQA para Partículas Inaláveis da Estação Araguari**



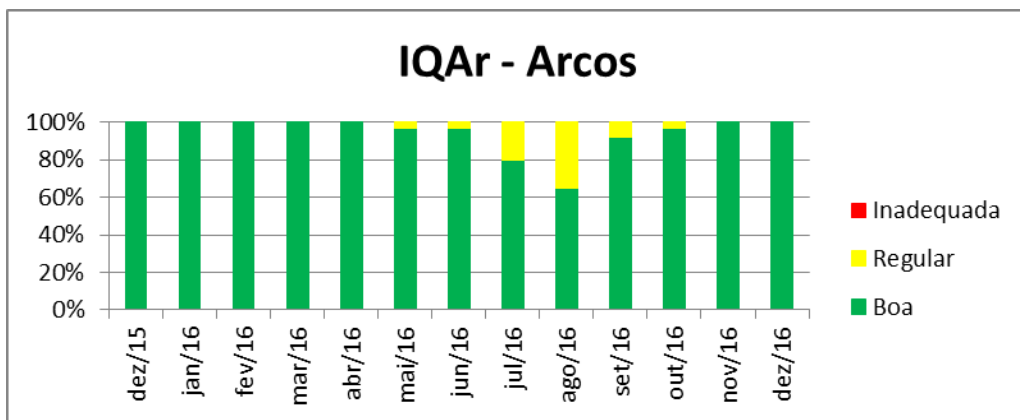
Fonte: Própria dos autores

**Gráfico 16 - Distribuição do IQA para Partículas Inaláveis da Estação Ibiá**



Fonte: Própria dos autores

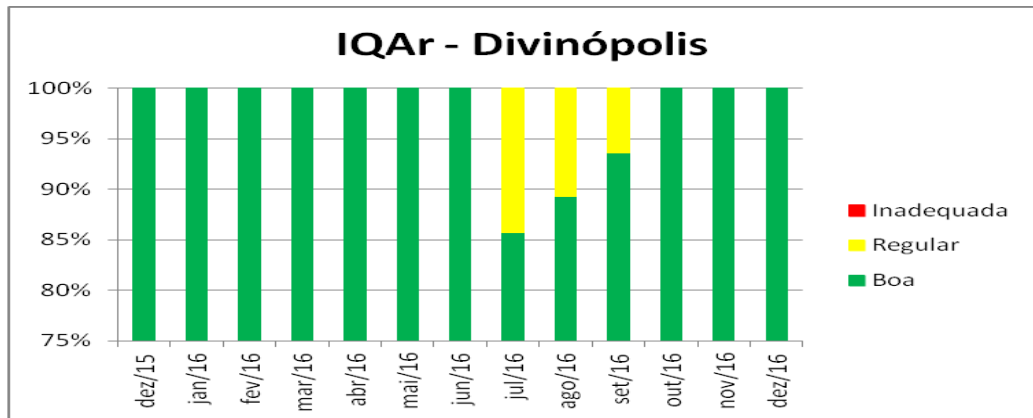
**Gráfico 17 - Distribuição do IQA para Partículas Inaláveis da Estação Arcos**



Fonte: Própria dos autores

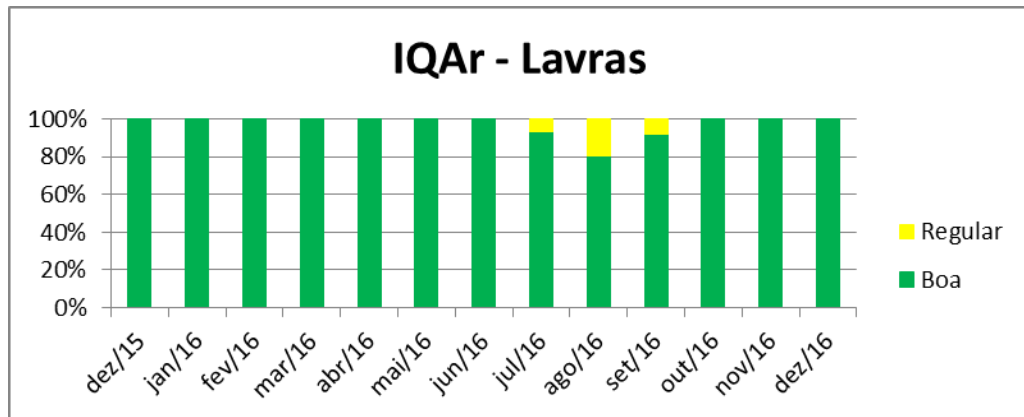


**Gráfico 18 - Distribuição do IQA para Partículas Inaláveis da Estação Divinópolis**



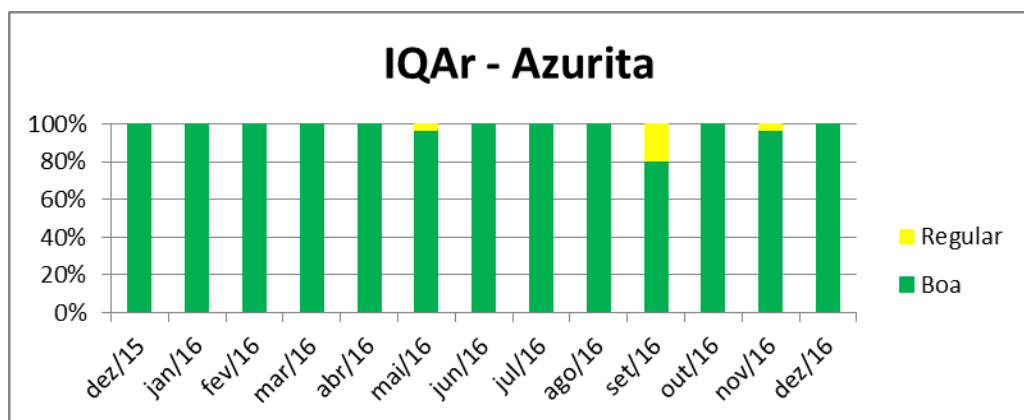
Fonte: Própria dos autores

**Gráfico 19 - Distribuição do IQA para Partículas Inaláveis da Estação Lavras**



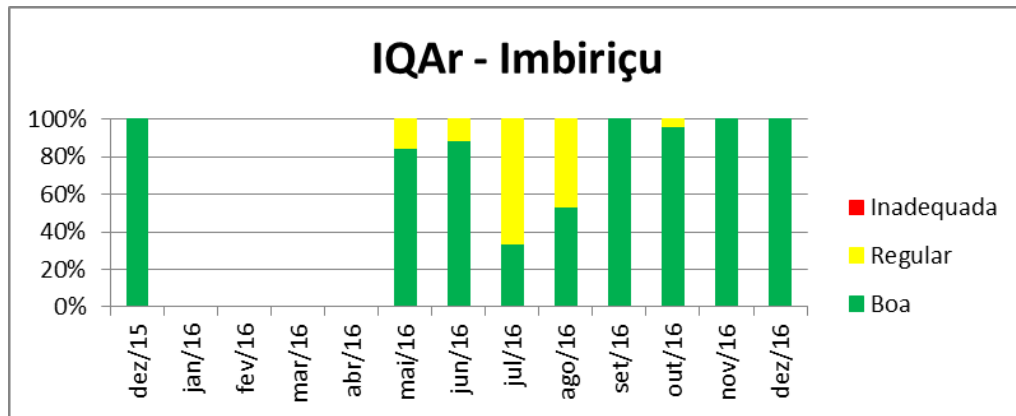
Fonte: Própria dos autores

**Gráfico 20 - Distribuição do IQA para Partículas Inaláveis da Estação Azurita**



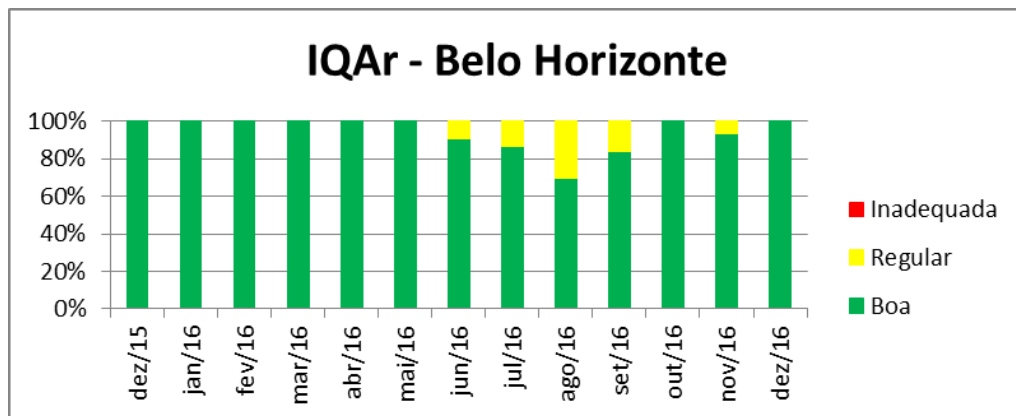
Fonte: Própria dos autores

Gráfico 21 - Distribuição do IQA para Partículas Inaláveis da Estação Imbiriçu



Fonte: Própria dos autores

Gráfico 22 - Distribuição do IQA para Partículas Inaláveis da Estação Belo Horizonte



Fonte: Própria dos autores

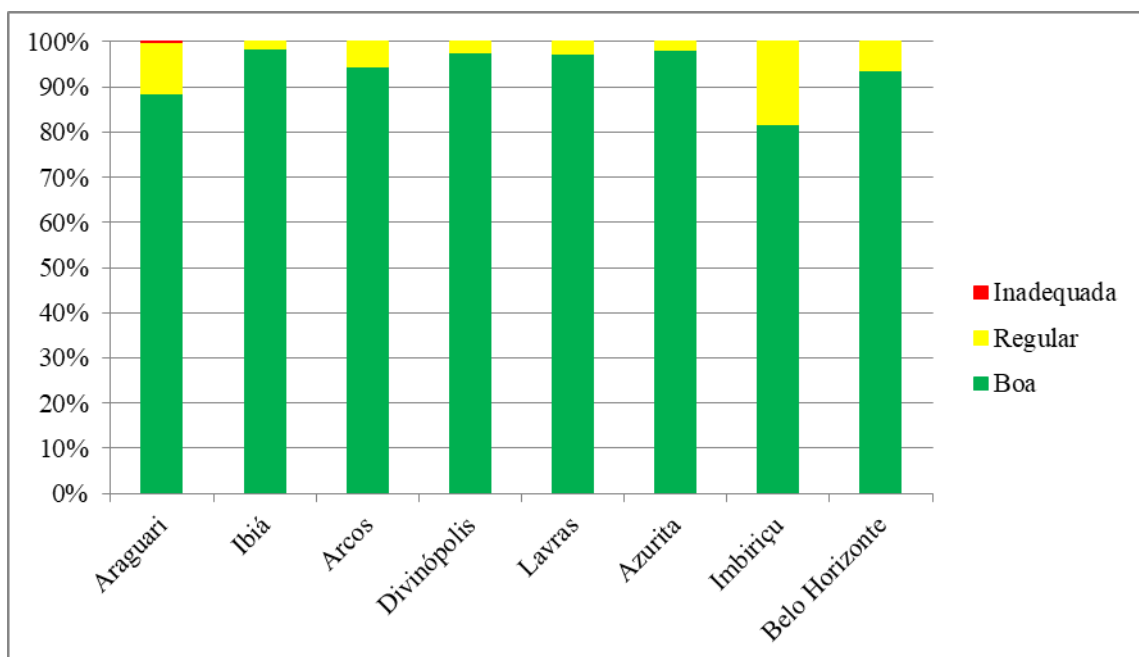
A partir da análise dos Gráficos, pode-se confirmar que os poluentes se concentram em maiores quantidades nos meses do inverno, tornando a qualidade do ar na maioria das cidades analisadas no nível regular do IQAr. De acordo com a resolução CONAMA nº 03/1990, os índices de qualidade do ar enquadrados até a faixa regular atendem ao limite estabelecido. A dificuldade de dispersão de poluentes no inverno é justificativa também pela baixa umidade, que facilita o fenômeno de inversão térmica e pela baixa velocidade dos ventos. Assim, a dispersão vertical (gradiente térmico) e a dispersão horizontal (falta de vento) dos poluentes ocorrem com maior dificuldade.

As cidades que apresentaram os piores percentuais são Araguari e Imbiriçu, sendo a primeira a única que apresentou percentuais de IQAr Inadequada. Imbiriçu e Ibiá não apresentaram valores para todos os meses, devido a problemas técnicos nas bombas. Portanto, alguns dados ficaram deficitários em relação aos outros apresentados. Belo Horizonte

apresentou também grandes faixas de qualidade do ar regular, ainda que menos que as cidades citadas acima. As cidades de Azurita e Lavras por outro lado, foram as que apresentaram os melhores percentuais de IQAr e maiores níveis de qualidade boa, dentre as cidades monitoradas.

A fim de comparação entre as cidades, realizou-se também uma análise gráfica para as médias de faixas percentuais de IQAr. Os resultados podem ser encontrados no Gráfico 23 a seguir.

**Gráfico 23 - Média da porcentagem mensal do IQAr**



Fonte: Própria dos autores

O Gráfico 23 confirma a afirmação de que as cidades de Imbiricu e Araguari possuem os piores índices de IQAr, enquanto que os melhores índices são encontrados em Lavras e Azurita. Não é possível comparar a situação de Ibiá, por apresentar dados ausentes para os primeiros meses do ano.

Durante a entrevista realizada com os analistas ambientais da empresa, afirmou-se os valores que a empresa investe nesse monitoramento e a definição dos pontos de seu monitoramento:

“Fizemos um inventário de emissões atmosféricas da companhia e esses pontos foram considerados os mais críticos, que tem o maior fluxo de composição. O monitoramento ocorre 24 horas, online, o tempo todo. (...) O monitoramento de qualidade do ar custa mais ou menos 50 mil reais por mês” (Entrevistado I).

De forma a minimizar a quantidade de poluentes emitidos, afirmou-se na entrevista: “Para emissões, temos, por exemplo, durante a movimentação, troca de dormente, lastro e outros componentes, existe a geração de partículas de poeira. É possível minimizar se houver um aspersor molhando e umidificando aquela área” (Entrevistado I).

Recomenda-se que o monitoramento de qualidade do ar seja realizado em mais cidades por onde a malha ferroviária da empresa atua. Apesar dos padrões estarem dentro dos limites exigidos, em relação ao tamanho da malha ferroviária no estado de Minas Gerais, o atual monitoramento que ocorre em oito cidades pode ser considerado como insuficiente para um que se estabeleça padrões e uma visão crítica da situação do estado.

Através dos monitoramentos feitos pela empresa, em consonância com a legislação vigente, percebe-se a importância de se definir e cumprir os padrões estabelecidos pelo SGA da empresa.

“Eu acho que ele (SGA) nos ajuda a tomar algumas decisões, ajuda na organização dos nossos procedimentos, facilita nos controles e monitoramentos da empresa, nos dando diretrizes. Normalmente, junto com um sistema de gestão ambiental, tem uma política ambiental. É importante porque nos conseguimos direcionar o que realizamos dentro da empresa” (Entrevistado II).

Conforme afirmado na entrevista, o bom relacionamento com os *stakeholders* traz uma grande vantagem competitiva, uma vez que os impedimentos e reclamações diminuí, trazendo benefícios para ambas as partes.

“Onde tem um rio, onde tem uma logística, onde tem algo que possa facilitar a vida das pessoas elas vão se aproximando. Antigamente o pessoal se deslocava nos trens e aproximava a comunidade. Os rios também: normalmente as cidades estão próximas dos rios. É importante que a medição ocorra para evitar o incômodo com a comunidade. São importantes e essenciais para a nossa atividade” (Entrevistado II).

É fundamental que as empresas busquem constantemente novos procedimentos e metodologias objetivando não apenas cumprir os padrões previstos na legislação, mas também cumprir com sua responsabilidade socioambiental. Percebe-se que a empresa analisada cumpriu sua responsabilidade e realizou alguns monitoramentos além dos exigidos pela condicionante de operação (monitoramento de vibração).

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir dos resultados analisados no presente trabalho conclui-se que, de modo geral, a empresa analisada encontra-se dentro dos limites legais de emissões de ruídos, vibrações e

poluentes atmosféricos. Os monitoramentos destes indicadores, além de atenderem às condicionantes da empresa, mostram o comprometimento da mesma com as comunidades próximas às operações ferroviárias, e oferecem um respaldo no atendimento de possíveis notificações e autuações que porventura possam existir.

De toda forma, é necessário fazer uma análise crítica se o atendimento aos níveis estabelecidos pela legislação é suficiente para garantir um meio ambiente ecologicamente equilibrado. Para que o SGA da empresa seja coerente com o proposto na norma ISO 14001 é necessário que a empresa tenha uma responsabilidade socioambiental com os *stakeholders* e com o meio em que está inserida, que vai além do proposto por condicionantes de operação.

Uma vez que a operação ferroviária apresenta algumas particularidades importantes no que se refere a ruídos e vibrações, nota-se a deficiência na legislação brasileira atual. Quanto aos ruídos, a legislação nacional não incorpora a emissão de fontes móveis. Apenas o estado de São Paulo possui regulamentação dos níveis de ruído em sistemas lineares de transportes, fazendo-se necessário que a empresa utilize a mesma para comparação de seus dados.

Já para vibrações ferroviárias, não há nenhuma regulamentação brasileira referente aos padrões de emissões, fazendo com que a empresa utilize critérios de outros países. Portanto, faz-se necessário a criação de legislações nacionais referentes a emissões de ruídos e vibrações ferroviárias, visto que são grandes causadores de desconforto ambiental.

Alguns pontos dos resultados de ruídos apresentaram excedentes no nível de decibéis legais. Tendo em vista que a empresa possui atuação expressiva no estado de Minas Gerais, onde estão inseridas grande parte desses pontos, sugere-se a adoção de medidas mitigadoras corretivas como a manutenção preventiva e corretiva da via permanente e a utilização de frotas de locomotivas mais novas e mais modernas, a fim de que as localidades se enquadrem no limite legal em vigor.

Como o monitoramento de ruídos e vibrações ainda é recente na empresa, recomenda-se que ocorram com maior periodicidade, de no mínimo seis meses. Visto que, o monitoramento anual de cada ponto não pode ser considerado suficiente para uma análise estatística concreta. Além de que, uma vez que os investimentos da empresa são crescentes e alterações na operação são possíveis, o monitoramento mais frequente trará resultados mais confiáveis quanto às emissões. E também, em relação às possíveis reclamações de

desconforto ambiental, o aumento da frequência de monitoramento servirá como amparo da empresa perante à sociedade.

Em relação às emissões atmosféricas dos corredores ferroviários analisados no presente trabalho, conclui-se que, apesar de os parâmetros opacidade, óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono encontrarem-se abaixo da legislação vigente, no geral houve um aumento na emissão dos mesmos no período analisado. Portanto, recomenda-se que sejam realizadas manutenções dos equipamentos de operação para que essa tendência de crescimento não seja contínua nos próximos anos de medições.

As análises demonstram que a qualidade do ar nas operações da empresa encontra-se dentro dos limites legais em vigor. Porém, tendo em vista a extensão da malha ferroviária de atuação da empresa no estado de Minas Gerais, sugere-se que o monitoramento seja realizado em todos os pontos da operação ferroviária, para que se obtenha uma análise estatística efetiva e uma visão crítica do cenário total da operação.

Este trabalho pode ser utilizado como ferramenta de auxílio na tomada de decisões no que tange o Sistema de Gestão Ambiental de uma empresa de logística ferroviária e suas condicionantes de operação mais críticas. Percebe-se uma deficiência nas legislações estabelecidas por órgãos federais e estaduais aplicados ao modal ferroviário. Tendo em vista os crescentes investimentos nesse modal, faz-se necessário a revisão e criação de legislações aplicadas de forma a manter o conforto ambiental.

## 8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT).** Disponível em <<http://www.antt.gov.br/>>. Acesso em: 20 mai. 2017.

ALARCÃO, D., COELHO J. L. (2008) **Modelação de ruído de tráfego ferroviário:** Universidade de Coimbra, Portugal. Disponível em:< <http://www.sea-acustica.es/fileadmin/Coimbra08/id276.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2017.

**Associação Brasileira de Movimentação e logística (ABML).** Disponível em <http://www.abml.org.br/website/>. Acesso em: 20 jul. 2017.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT),** Projeto de Revisão NBR 10.151, Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade, ABNT, outubro de 2012.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).** NBR 10.151, Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade”, ABNT, 2000.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas.** ABNT NBR ISO 14001. [S.l.: s.n.], 2004. 27 p. Disponível em: <[http://www.labogef.iesa.ufg.br/labogef/arquivos/downloads/nbr-iso-14001-2004\\_70357.pdf](http://www.labogef.iesa.ufg.br/labogef/arquivos/downloads/nbr-iso-14001-2004_70357.pdf)>. Acesso em: 02 jun. 2017.

**Associação Nacional do Transporte de Cargas e logística.** Disponível em <<http://www.portalntc.org.br/> Acesso em: 20 jul. 2017.

**Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF).** Disponível em:<<http://www.antf.org.br/releases/mais-eficiencia-mais-tku/>>. Acesso em: 09 jul. 2017.

**Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF).** Disponível em:<<http://www.antf.org.br/mapa-ferroviario/>>. Acesso em: 09 jul. 2017.

**Association of American Railroads (AAR).** Disponível em <<https://www.aar.org/>> Acesso em: 20 jul. 2017.

BACCI, Denise de La Corte; LANDIM, Paulo Milton Barbosa; ESTON, Sérgio Médici de. **Principais normas e recomendações existentes para o controle de vibrações provocadas pelo uso de explosivos em áreas urbanas – Parte II.** 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rem/v56n2/v56n2a12.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2017.

BALLOU, R. H. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física.** São Paulo: Atlas, 1993.

BARROS, A. J. P.; LEHFELD N. A. S. **Fundamentos em Metodologia: Um guia para Iniciação Científica.** São Paulo: McGraw-Hill, 1986.

BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi. **Quantificação dos impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras.** 2006. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. doi:10.11606/T.11.2006.tde-08052008-172034. Acesso em: 09 jul. 2017.

BETARELLI JUNIOR, Admir Antonio; DOMINGUES, Edson Paulo. **Infraestrutura de transporte e mobilidade urbana em Minas Gerais**. Texto para discussão nº 02-2016. Laboratório de Análises Territoriais e Setoriais (LATES), Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016. Disponível em: <http://www.ufjf.br/lates/files/2016/01/TD-LATES-02-2016.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2017

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído**. São Paulo: Editora Blucher, 2006. 380 p.

BONI, Valdete; QUARESMA, Sílvia Jurema. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais. **Revista Eletrônica dos Pós-graduandos em Sociologia Política da Ufsc**, [s. L.], v. 2, p.68-80, jan-jul 2005. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/emtese/article/view/18027/16976>>. Acesso em: 14 out. 2017.

BOSCHETTI, Fabiana Alves; BACARJI, Alencar Garcia. **Instrumentos de Gestão Ambiental: Uma Ferramenta para Competitividade**. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 6., 2009, Resende. **Artigo**. Resende: -, 2009. p. 1 - 8. Disponível em: <[http://www.cpge.aedb.br/seget/artigos09/306\\_306\\_Instrumentos\\_de\\_Gestao\\_Ambiental\\_um\\_a\\_ferramenta\\_para\\_competitividade.pdf](http://www.cpge.aedb.br/seget/artigos09/306_306_Instrumentos_de_Gestao_Ambiental_um_a_ferramenta_para_competitividade.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2017.

BRASIL. Ministério das Cidades. Conselho Nacional de Trânsito. Departamento Nacional de Trânsito. Código de Trânsito Brasileiro e Legislação Complementar em vigor. Brasília: DENATRAN, 2008.

BRAUN, Silvana; APPEL, Lucia Gorenstin; SCHMAL, Martin. **A poluição gerada por máquinas de combustão interna movidas à diesel – A questão dos particulados. Estratégias atuais para redução e controle das emissões e tendências futuras. Química Nova**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 3, p.472-482, set. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n3/20176.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2017.

BRITO, Luiz Antonio Perrone Ferreira de; KAMIMURA, Quésia. SANTOS, Ademir Pereira dos. **Influência da vibração gerada pelo tráfego ferroviário no meio urbano**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, v. 5, n. 2, p. 31-39, jul./dez. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/download/8634536/2457>>. Acesso em: 25 ago. 2017

BRITO, Luiz Antonio; SOARES, Álvaro Monoel de Souza and NAZARI, Bianca. **Vibração: fonte de incômodo à população e de danos às edificações no meio urbano**. Ambient. constr. [online]. 2013, vol.13, n.1, pp.129-141. ISSN 1678-8621

BRONZATTI, Giovanni David. **Avaliação do Ruído Causado pelo Transporte Ferroviário na cidade de Ijuí/RS**. 2009. 94 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2009.

BRUZZI, Jucélio (ECOAR) . **Relatório Técnico de Monitoramento de Ruído Ambiental e Vibração**. 2017. 97 p. Documento ,[S.l.], 2017.

CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de. **Emissões Relativas de Poluentes do Transporte Urbano**. Boletim regional, urbano e ambiental. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2011. Disponível em: <



[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5574/1/BRU\\_n05\\_emiss%C3%B5es.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5574/1/BRU_n05_emiss%C3%B5es.pdf). Acesso em: 10 set. 2017.

CASTRO, N. (2013) **Mensuração de externalidades do transporte de carga brasileiro**. Journal of Transport Literature, vol. 7, n. 1, pp. 163-181.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo -. **Qualidade do ar no estado de São Paulo 2016**. São Paulo: 2016. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2013/12/relatorio-ar-2016.pdf> . Acesso em: 30 de setembro de 2017.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Decisão de Diretoria Nº 389/2010**, de 24 de dezembro de 2012. Diário Oficial Estado de São Paulo.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Decisão de Diretoria Nº 215/2007/E**, de 07 de novembro de 2007. Diário Oficial Estado de São Paulo.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/>> Acesso em: 15 jul. 2017.

CHIN, A.; TONGZON, J. **Maintaining Singapore as a major shipping and air transport hub**. In: **Toh, T. (Ed.), Competitiveness of the Singapore Economy**. Singapore: Singapore University Press, p. 83-114, 1998

COIMBRA, J. A. **O outro lado do meio ambiente**. Campinas: Millenium, 2002.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). Pesquisa Ferroviária CNT 2006. Brasília: CNT, 2007. 132 p

**Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA)**; Resolução nº 16, de 13 dezembro de 1995. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res95/res1695.html>. Acesso em 13 abr. 2017.

DE CASTRO, Newton. **Os Desafios da Regulação do Setor de Transporte no Brasil**. 2000. 40 p. - (-)- UFRJ, Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <[http://www.sinagencias.org.br/conteudo\\_arquivo/130307\\_4CE6F9.pdf](http://www.sinagencias.org.br/conteudo_arquivo/130307_4CE6F9.pdf)>. Acesso em: 09 jul. 2017.

**Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNI|T)**. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/ferrovias>. Acesso em: 1 jul. 2017.

DERISIO, J.C. **Introdução ao Controle da Poluição Ambiental**. São Paulo: Signus Editora 2ª Ed. 2000.

DIN – DEUTSCHE NORM. DIN 4150, **Structural vibration in buildings - effects on structures**, 1986.

**Elo Ambiente**. Disponível em: <<http://eloambiente.com.br/ruido-de-ferrovias/>>. Acesso em 14 set. 2017

FERNANDES, J. C. **O ruído ambiental**: Seus efeitos e seu controle. Faculdade de Engenharia Mecânica da UNESP. Campus de Bauru, São Paulo, 2002.

**FLEURY, P.F., FIGUEIREDO, K., WANKE, P. (org.). Logística Empresarial: A Perspectiva Brasileira**. Coleção COPPEAD de Administração. São Paulo: Atlas, 2000.

GAVRONSKI, I., FERRER, G., PAIVA, E. L. **ISO 14001 Certification in Brazil: motivations and benefits.** *Journal of Cleaner Production*, v. 16, p. 87-94, 2008

GIANNINI, Camila Fernanda et al. **Avaliação do ruído ambiental: monitoramento e caracterização do ruído de fundo em Maringá.** In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA CESUMAR, 7., 2011, Maringá. **Anais Eletrônico.** Maringá: Cesumar, 2011. p. 1 - 6. Disponível em: <[http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2011/anais/camila\\_fernanda\\_giannini.pdf](http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2011/anais/camila_fernanda_giannini.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2017.

GODOY, Arllda Schmidt. **Introdução a pesquisa qualitativa e suas possibilidades: Uma revisão histórica dos principais autores e obras que refletem esta metodologia de pesquisa em Ciências Sociais.** *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 35, p.57-63, mar/abr. 1995. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rae/v35n2/a08v35n2.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2017.

HANSON, Carl E.; TOWERS, David A.; MEISTER, Lance D.. **Transit Noise and Vibration Impact Assessment.** 2006. Disponível em: <[https://www.transit.dot.gov/sites/fta.dot.gov/files/docs/FTA\\_Noise\\_and\\_Vibration\\_Manual.pdf](https://www.transit.dot.gov/sites/fta.dot.gov/files/docs/FTA_Noise_and_Vibration_Manual.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2017.

HORTA, Frederico Silva. **ESTUDOS SOBRE MEDIÇÃO, PREDIÇÃO E AVALIAÇÃO DE VIBRAÇÃO E RUÍDO AMBIENTAL FERROVIÁRIO NO BRASIL.** 2014. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/BUBD-ABDFLK>>. Acesso em: 10 set. 2017.

Instituto de Energia e Meio Ambiente – **1º Diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil.** Abril de 2014.

*International Organization for Standardization (ISO).* Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration, ISO 2631 - Part 1 (1997): General requirements.

LIMA, Paulo Daniel Barreto. *Excelência em Gestão Pública.* Recife: Fórum Nacional de Qualidade, 2006

LISOT, A. SAPATA, Ana Maria; SOARES, P.F. **Aspectos da modelagem computacional para análise dos impactos do ruído de tráfego na avenida Horácio Racanello da cidade de Maringá PR Brasil.** 2010. Disponível em: [https://www.usp.br/nutau/sem\\_nutau\\_2010/metodologias/lisot\\_a.pdf](https://www.usp.br/nutau/sem_nutau_2010/metodologias/lisot_a.pdf). Acesso em 25 ago. 2017.

LUZZI, Felipe Cipriani; CERVO, Tatiana Cureau; SPECHT, Luciano Pivoto. Comportamento e análise do ruído ferroviário na cidade de Santa Maria. **The Journal Of Transport Literature.** Santa Maria, p. 1-5. dez. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jtl/v9n4/2238-1031-jtl-09-04-0010.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2017.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos da Metodologia Científica.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 297 p.

MARGARIDO, Diogo dos Remédios. **Metodologias para a Avaliação dos Níveis de Vibração em Estruturas do Ponto de Vista do Conforto Humano**. 2013. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2013. Disponível em: < [https://sigarra.up.pt/feup/pt/pub\\_geral.show\\_file?pi\\_gdoc\\_id=374878](https://sigarra.up.pt/feup/pt/pub_geral.show_file?pi_gdoc_id=374878)>. Acesso em: 13 set. 2017.

MARQUES, Dinamar Maria Ferreira; SOUZA, Rafael Oliveira de; SOUZA, Eliane Moreira Sá de. Sistema de gestão ambiental – ISO 14001: um estudo de caso para o setor sucroalcooleiro goiano. **Conjuntura Econômica Goiana**, Goiânia, v. 19, p.1-11, dez. 2011. Trimestral. Disponível em: <<http://www.imb.go.gov.br/pub/conj/conj19/artigo03.pdf>>. Acesso em: 26 maio 2017.

MATTHEWS, D. H. **Environmental management systems for internal corporate environmental benchmarking**. *Benchmarking: An International Journal*, v. 10, n. 2, p. 95-106, 2003.

MEDEIROS, Luana Bernardines: **Efeitos Extra-Auditivos no Corpo Humano**. 1999. 36 p. Monografia de Conclusão de Curso de Especialização em Audiologia Clínica - CEFAC, Porto Alegre, 1999.

**Meio ambiente: (como se preparar para as normas ISO 14000)**. São Paulo:

MELLO, Angela de. **Alerta ao Ruído Ocupacional**. 1999. 74 f. Monografia (Especialização) - Curso de Fonoaudiologia, Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica Audiologia Clínica, Porto Alegre, 1999.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas. Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão. Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas – FIPE. **Plano Estratégico de Logística de Transportes – PELT Minas**. 2006. Disponível em < <http://www.transportes.mg.gov.br/index.php/component/gmg/program/1462-planoestrategico-de-logistica-e-transporte> >. Acesso em: 30 set 2017.

**Ministério do Meio Ambiente (MMA)**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em 5 mai. 2017.

**Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil**. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/>>. Acesso em 4 mai. 2017.

MMA, 2011. **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários**. Brasília, DF, 111p.

MORETTIN, P.A. e TOLOI, C.M.C. **Análise de séries temporais**. São Paulo: Blucher, 2006.

NHAN, Adriano Nguyen Ngoc Phuoc; SOUZA, Cristina Gomes; AGUIAR, Ricardo Alexandre Amar. **Logística Reversa no Brasil: A Visão dos Especialistas**. 2003. 8 p. XXIII Encontro Nacional de Eng. de Produção (Engenharia de Produção)- CEFET-RJ, Ouro Preto, 2003. Disponível em: <<http://files.logistica2011-2a.webnode.com.br/200000121-04ec005e5f/LOG%20C3%8DSTICA%20REVERSA%20NO%20BRASIL%20-%20A%20VIS%20C3%83O%20DOS%20ESPECIALISTAS.pdf>>. Acesso em: 09 jul. 2017.

OECD. **More rail = Less CO2 – UNIFE contribution to the discussion on the future of transport**. Bruxelas, sep. 2009, 51p.

OLIVEIRA, Otávio José de; PINHEIRO, Camila Roberta Muniz Serra. **Implantação de sistemas de gestão ambiental ISO 14001: uma contribuição da área de gestão de pessoas**. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v17n1/v17n1a05>>. Acesso em: 28 maio 2017.

**Organização Mundial da Saúde (OMS)**. Disponível em: <http://www.who.int/eportuguese/countries/bra/pt/>. Acesso em: 1 out. 2017

PADOIN, Andréa Inês Vogt e Lizandra D.; GOLDSCHMIDT JÚNIOR, José Luiz; ROSA, Leoni P. Godoy e Leandro C.. **IMPORTÂNCIA DO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL NA EMPRESA – ESTUDO DE CASO**. 1997. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/238082081\\_IMPORTANCIA\\_DO\\_SISTEMA\\_DE\\_GESTAO\\_AMBIENTAL\\_NA\\_EMPRESA\\_-\\_ESTUDO\\_DE\\_CASO](https://www.researchgate.net/publication/238082081_IMPORTANCIA_DO_SISTEMA_DE_GESTAO_AMBIENTAL_NA_EMPRESA_-_ESTUDO_DE_CASO)>. Acesso em: 5 set. 2017.

PINHEIRO, Maria de Andrade. **Estimativa da redução das emissões de gases do efeito estufa através da intermodalidade no setor sucroenergético: uma aplicação de programação linear**. 2012. 201 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Econômicas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012. Disponível em: <[http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-31052012-085545/publico/Maria\\_Andrade\\_Pinheiro\\_versao\\_revisada.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-31052012-085545/publico/Maria_Andrade_Pinheiro_versao_revisada.pdf)>. Acesso em 10 set. 2017. Pioneira, 1995.

QUESADO, Alexandra Maria da Silva. **Análise e Mitigação de Vibrações Induzidas por Tráfego Ferroviário na Vizinhança de Vias de Alta Velocidade**. 2009. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.

RAMOS, Bruno Eugênio. **Avaliação do Ruído Ambiental e Ocupacional em uma Fábrica de Papel Kraft Extensível**. 2013. 96 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

**Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima (RFFSA)**. Disponível em <http://www.rffsa.gov.br/>

REIS, Manoel de Andrade e Silva; MIGUEL, Priscila Laczynski de Souza. **Panorama do Transporte Ferroviário no Brasil – Desafios e Oportunidades**. 2015. Disponível em: <[http://fgvprojetos.fgv.br/sites/fgvprojetos.fgv.br/files/artigo\\_panorama\\_do\\_transporte\\_ferrov\\_iario\\_no\\_brasil\\_-\\_desafios\\_e\\_oportunidades5.pdf](http://fgvprojetos.fgv.br/sites/fgvprojetos.fgv.br/files/artigo_panorama_do_transporte_ferrov_iario_no_brasil_-_desafios_e_oportunidades5.pdf)>. Acesso em: 17 abr. 2017.

REIS, Silvia Araujo dos. **Demanda por transporte ferroviário: O caso do transporte de açúcar na malha ferroviária da região Centro-Sul**. 2007. 128 f. Tese (Mestrado) - Curso de Demanda Por Transporte Ferroviário: O Caso do Transporte de Açúcar na Malha Ferroviária da Região Centro-sul, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Cap. 2. Disponível em: <[https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca\\_etds.php?strSecao=ocorrencia&nrSeq=11490@1&nrseqoco=37139](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca_etds.php?strSecao=ocorrencia&nrSeq=11490@1&nrseqoco=37139)>. Acesso em: 20 ago. 2017.

REYES, D. E. S.; WRIGHT, T. L. **A design for the environment methodology to support an environmental management system**. *Integrated Manufacturing Systems*, v. 12, n. 5, p. 323-332, 2001.

SANZ, J. M. - **La Contaminación Atmosférica**. Madri: Ed. Min. de Obras Públicas y Transporte (1991).

SAPATA, A.M.A.; **Monitoramento, Modelagem e Simulações dos Impactos e Efeitos do Ruído de Tráfego em Trecho de Cânion Urbano da Avenida Horácio Racanello da Cidade de Maringá: Paraná**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá. Paraná: 2010.

SCHIPPER, L; SCHOLL, L; PRICE, L. - **Energy Use and Carbon Emissions from Freight in 10 Industrialized Countries: An Analysis of Trends from 1973 to 1992**. Califórnia, Estados Unidos, 1997.

SILVA, G. C. S.; MEDEIROS, D. D. **Environmental management in Brazilian companies**. Management of Environmental Quality:

SILVA, Roberto Fray da; BARTHOLOMEU, Daniela; CAIXETA-FILHO, José Vicente. **Impactos ambientais de açúcar para exportação no Brasil: quantificação das emissões de GEE evitadas pelo uso do modal ferroviário**. In: XII ENGEMA - ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, São Paulo, 2010. p. 1 - 17. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/281176300\\_Impactos\\_ambientais\\_de\\_acucar\\_para\\_exportacao\\_no\\_Brasil\\_quantificacao\\_das\\_emissoes\\_de\\_GEE\\_evitadas\\_pelo\\_uso\\_do\\_modal\\_ferrovuario](https://www.researchgate.net/publication/281176300_Impactos_ambientais_de_acucar_para_exportacao_no_Brasil_quantificacao_das_emissoes_de_GEE_evitadas_pelo_uso_do_modal_ferrovuario)>. Acesso em: 20 set. 2017.

SOUZA, L. C. L. de; ALMEIDA, M. G. de; BRAGANÇA, L. **Bê-á-bá da acústica arquitetônica**. Bauru: Edufscar, 2006.

TONGZON, J. **The impact of wharfage costs on Victoria's export-oriented industries**. *Economic Papers*, v. 8, p. 58-64, 1989.

VALLE, Cyro Eyer do. **Qualidade ambiental: o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente**. São Paulo: Pioneira, 1995.

Vendramini, C.E e Paul, S. **Ruído Ferroviário** (2009). *Revista da Sociedade Brasileira de Acústica*, n. 40, p.55-63.

XAVIER FILHO, Márcio. **A importância do modal ferroviário no transporte de carga no Brasil utilizando a intermodalidade**. 2006. 79 f. Monografia (Especialização) - Curso de Tecnologia em Logística Com ênfase em Transporte, Centro Paula Souza, São Paulo, 2006.

## ANEXO A – Transcrição das entrevistas

### Analista Ambiental I

C.A: Em sua opinião, qual é a importância de um sistema de gestão ambiental bem estruturado e aplicado?

R.C.: É importante para termos controle de todos os nossos riscos ambientais e o atendimento as nossas condicionantes. Facilita muito ter um SGA bem aplicado, assim conseguimos atender as condicionantes com maior facilidade e tomar decisões.

C.A: A empresa possui um SGA bem definido?

R.C.: Sim, a empresa possui um Sistema de Gestão Ambiental.

C.A: Tem uma política ambiental?

R.C.: Tem

C.A: É divulgada?

R.C.: É divulgada na Intranet<sup>6</sup>, mas não sei se todo mundo tem conhecimento da política ambiental. Acho que podia ser mais divulgado.

C.A: A empresa possui ISO 14001? Tem alguma previsão de implantar? Tem interesse?

R.C.: Não, não possui. Claro que tem interesse em implantar, mas creio que seja algum projeto piloto, em alguma unidade, algo assim.

C.A: Você considera ruídos e vibrações provenientes do transporte ferroviário causadores de desconforto ambiental?

R.C.: Sim, considero. Na verdade acho que muito mais em função da incomodidade. Por exemplo: Uma locomotiva parada durante 20 minutos próxima de uma residência causa mais transtorno do que o nível de decibéis que essa locomotiva está gerando.

C.A: Tem reclamação?

R.C.: Tem, tem bastante reclamação, mas com os monitoramentos estamos conseguindo defender todas as reclamações. Nos monitoramentos que fizemos no ano passado para todo o território brasileiro onde a empresa atua, nem 10% atingiram o limite máximo. Foram 148 pontos e 11 pontos foram acima do limite legal.

C.A: Vocês conseguem se defender provando que está dentro do limite, correto?

R.C.: Antes era mais complicado, porque antes de 2015 não tínhamos uma contratada. Ficávamos muito naquele “achismo”. Em seguida mandávamos uma empresa no local. Hoje é diferente, temos os monitoramentos durante o ano inteiro e conseguimos nos defender melhor, mas claro que toda reclamação procuramos resolver. Se o local não tiver monitoramento, colocamos esse ponto como mais um ponto para o próximo ano.

---

<sup>6</sup> Intranet é uma rede privada dentro de uma organização que está de acordo com os mesmos padrões da Internet, acessível apenas por membros da organização, empregados ou terceiros com autorização de acesso.

C.A: Você considera que as emissões atmosféricas provenientes do transporte ferroviário podem potencializar o efeito estufa e o aquecimento global?

R.C.: Sim, porque contribuímos com a emissão do CO<sub>2</sub>, mas estamos dentro dos limites nos monitoramentos que estamos realizando desde 2015. Atendemos os limites para CO<sub>2</sub>, NOX, CO e Opacidade, nessas amostragens que fazemos. Em breve começaremos a fazer um inventário de gases do efeito estufa. Faremos um inventário para virar créditos de carbono para depois estudarmos alguma oportunidade de melhoria, de venda de crédito. O contrato está em assinatura em Suprimentos.

C.A: Isso é muito interessante. Se vocês estão dentro dos limites, podem vender crédito e ganhar em cima.

R.C.: Vamos fazer um inventário justamente para isso, para encontrar essas oportunidades.

C.A: Continuando no quesito de emissões de gases, a empresa realiza medições periódicas de emissões atmosféricas? Qual a periodicidade?

R.C.: Sim, a gente segue o nosso programa de monitoramento de emissões atmosféricas, condicionante da nossa licença ambiental. O monitoramento acontece anualmente.

C.A: Desde quando ocorrem essas medições?

R.C.: Desde 2015. Estamos com um contrato que monitora chaminé de locomotiva e temos as estações de qualidade do ar que monitoram 24 horas por dia.

C.A: A medição ocorre em todos os pontos de operação?

R.C.: As amostragens das chaminés ocorrem nas unidades onde tem realização de teste de carga. Agora, de qualidade do ar para partículas inaláveis, monitoramos em oito localidades aqui em Minas Gerais: Arcos, Azurita, Imbiricu. Horto, Divinópolis, Lavras, Imbiá e Araguari.

C.A: E o resto dos corredores?

R.C.: Fizemos um inventário de emissões atmosféricas da companhia e esses pontos foram considerados os mais críticos, que tem o maior fluxo de composição. O monitoramento ocorre 24 horas, online, o tempo todo.

C.A: A empresa realiza medições periódicas de vibrações? Se sim, qual a periodicidade?

R.C.: Sim, conforme o nosso programa de controle de ruídos da licença ambiental. É uma condicionante para a licença e monitoramos anualmente na faixa de 130 pontos mais ou menos por ano.

C.A: Uma vez por ano então, cada ponto, certo?

R.C.: Sim, diurno e noturno.

C.A: Desde quando ocorrem as medições?

R.C.: Desde 2015. Esse monitoramento começou em 2014 em alguns pontos que tinha mais reclamações e a partir de 2015 em todos os pontos que a gente definiu.

C.A: A empresa realiza medições periódicas de vibrações? Se sim, qual a periodicidade?

R.C.: Realizamos nos mesmos pontos nos quais a gente realiza o monitoramento de ruídos.

C.A: A medição da vibração é realizada juntamente com a medição de ruído?

R.C.: Sim, junto. O equipamento sismógrafo fica no chão debaixo do tripé onde monitoramos o ruído.

C.A: Em sua opinião, quão importante é a análise desses três indicadores?

R.C.: Primeiro, para atender a condicionante ambiental da nossa licença. Assim ficamos em conformidade. Segundo, temos que ter a defesa se houver alguma reclamação e estamos garantindo a imagem da empresa. Por último, para identificarmos onde estamos extrapolando e o quanto estamos incomodando naquela comunidade.

C.A: Você acha suficiente a análise atual da empresa?

R.C.: Em relação às medições, sim. Estamos criando um histórico desde 2015. Foi realizado nos anos de 2015, 2016 e 2017 nos mesmos pontos e naqueles que temos reclamação. Eu não vejo que temos a necessidade de monitorar mais de duas vezes no ano. Por exemplo: não terei atividades diferentes em uma oficina. Em um ano, geralmente, não vai mudar tanto assim. Pode até ser que criou um novo galpão, tem alguma nova atividade, mas então será contemplado no próximo ano. Com relação à passagem de trens, não vai mudar muito a emissão do ruído naquela localidade ali.

C.A: Mesmo sendo uma locomotiva diferente, um vagão diferente, não impacta?

R.C.: Não, não impacta assim, é mais em função do ruído da locomotiva. A gente monitora com vários tipos de locomotivas. Esses pontos que falamos de passagens de trem estão distribuídos. Onde passa uma Dash 9<sup>7</sup>, que é aquela mais potente, passa uma locomotiva antiga, que às vezes é até pior, pois essa locomotiva gera mais ruído; não tem tanto isolamento quanto tem uma locomotiva mais moderna.

C.A: Quanto à empresa investe anualmente nessa análise?

R.C.: Com relação a ruídos e vibrações na faixa de 500 mil reais por ano. Com relações a emissões, em torno de 625 mil reais. O monitoramento de qualidade do ar custa mais ou menos 50 mil reais por mês. O ruído, vibrações e emissões atmosféricas de locomotivas custa na faixa de uns 500 mil reais por ano.

C.A: Quais legislações são adotadas para emissões de ruídos e vibrações?

R.C.: Para ruído e vibração a gente usa a metodologia da norma brasileira 10.151 (NBR 10.151) e utilizamos a legislação que é mais favorável em relação à passagem. A NBR 10.151 é para fonte fixa e, no nosso caso, não somos fontes fixas. O trem está passando, dentro de um pátio, estamos movimentando, então utilizamos a metodologia da 10.151, mas usamos a decisão da CETESB 389. Ela tem os limites para emissão de ruído, é menos restritiva que a NBR 10.151, mas até o IBAMA considera que possamos usar essa decisão da CETESB em função de não existir uma legislação específica para fonte móvel. Estamos em um grupo de trabalho, a empresa participa com outras empresas ferroviárias para criação de uma norma. Vai ser a 16.425 da NBR para sistemas de transporte; vai considerar a passagem de composição e tem uma parte da legislação específica para ferrovia. Já houve uma consulta nacional; tem 3 anos que estamos discutindo. Na consulta nacional, o prazo era até 27 de

---

<sup>7</sup> Modelo de locomotiva da General Electric



setembro para a sociedade civil, as concessionárias, os órgãos fiscalizadores votarem. Ela foi aprovada, mas tiveram algumas restrições. Agora dia 31 de outubro e 1 de novembro deve ocorrer uma reunião em São Paulo para que possamos discutir essas restrições que foram levantadas pela CETESB, pela Pro-Acústica, que é uma sociedade em São Paulo, e pelo INMETRO. São sempre os que criam mais dificuldades. É legal que a nossa empresa participa e tem a contribuição de todas as concessionárias.

C.A: E sobre as legislações de vibração? Vocês usam uma norma alemã?

R.C.: A gente usa uma norma alemã, pois não tem uma norma específica no Brasil. Ela é utilizada para danos estruturais em uma residência, por exemplo.

C.A: E a legislação para emissões atmosféricas?

R.C.: Utilizamos a CONAMA, mas estamos atendendo a todos os limites em todos os monitoramentos.

C.A: Você concorda com os níveis previstos pelas legislações acima?

R.C.: Para ruído, o que estamos preparando agora ficou bem benéfico para a gente. Assim, teve discussão com todo mundo durante três anos, mas foi chegando a um consenso. Não é muito acima do que hoje é previsto, continuamos em um limite bem pequeno, mas é melhor do que existe atualmente. Em relação às emissões atmosféricas está bem tranquilo. Atendemos com muita folga.

C.A: Quais medidas preventivas e corretivas podem ser aplicadas às emissões dos indicadores citados?

R.C.: Para medidas preventivas de ruído temos a manutenção da linha, porque às vezes há muitas soldas quebradas, alguma coisa que vai prejudicar e o trem vai passar com mais dificuldade; garantir que os maquinistas sigam os procedimentos para buzinar no tempo certo, no tempo previsto nos procedimentos; barreiras acústicas, que é algo que é possível: temos ali na unidade de apoio do Eldorado, mas é muito caro e não prevemos isso muito como uma medida em função que podemos abrir um precedente para qualquer reclamação e termos que instalar uma barreira acústica. Há oito anos, o muro de Eldorado custou mais de um milhão de reais, é muito caro. Tem outras medidas como a garantia de infraestrutura, ondulação, falta de modernização dos trechos. Temos ruído que é gerado em função do rolamento do rodeiro no trilho, então se for garantido o engraxamento, um trilho está sem ondulações, é possível minimizar o ruído. Se colocarmos um pad de neoprene entre o dormente e o trilho talvez consigamos minimizar essa geração de ruído, porque funciona como amortecedores.

C.A: Essas medidas servem para vibração também?

R.C.: Sim, servem para ruído e vibrações.

C.A: Para emissões, tem alguma medida preventiva?

R.C.: Para emissões, temos, por exemplo, durante a movimentação, troca de dormente, lastro e outros componentes, existe a geração de partículas de poeira. É possível minimizar se houver um aspersor molhando e umidificando aquela área.

C.A: O que você mudaria em relação ao controle dos indicadores de ruídos, vibrações e emissões atmosféricas da empresa?

R.C.: Acho que estamos conseguindo controlar bem com os monitoramentos já existentes. Temos que manter esses monitoramentos e cada dia aumentamos mais. Existem algumas reclamações, pois as pessoas baixam um aplicativo no celular que mede nível de decibéis e direcionam para a locomotiva. Lógico que vai dar muito acima, o equipamento não é calibrado, não é a forma correta de medição, não tem a distância correta. A pessoa monitora dessa forma e faz a reclamação. Apresentamos então o relatório com toda a calibração, o certificado do INMETRO, a ART do responsável, toda a metodologia. Acontece muito.

## **Analista Ambiental II**

C.A: Qual é o seu cargo?

P.M: Sou analista de meio ambiente

C.A: Na sua opinião, qual é a importância de um sistema de gestão ambiental bem estruturado e aplicado?

P.M: Eu acho que ele nos ajuda a tomar algumas decisões, ajuda na organização dos nossos procedimentos, facilita nos controles e monitoramentos da empresa, nos dando diretrizes. Normalmente, junto com um sistema de gestão ambiental, tem uma política ambiental. É importante porque nos conseguimos direcionar o que realizamos dentro da empresa.

C.A: Você acha que a empresa possui um SGA bem definido?

P.M: Sim, porque hoje temos uma base que veio da antiga empresa dona da nossa e temos um programa interno, que é considerado um sistema de gestão ambiental. Ele não é uma ISO 14001, mas as premissas dele são baseadas na ISO 14001.

C.A: A empresa não tem certificação de ISO 14001?

P.M: Não

C.A: Tem meta ou previsão de ter?

P.M: Não sei. Por exemplo, esse programa interno é um pouco tipo uma ISO 14001 da empresa. A certificação da ISO não é exigida por nenhum órgão. Porém a certificação é importante e seria legal se tivesse.

C.A: Voltando um pouco na parte que você falou sobre a política ambiental. A empresa tem uma política ambiental?

P.M: Tem

C.A: É divulgada?

P.M: Sim, é divulgada. Eu não sei qual é o canal. Se eu não me engano, eles estão reestruturando ou é integrada com a segurança. Quem deve ter a atualização é a outra analista de meio ambiente da área.

C.A: Você considera os ruídos e vibrações provenientes do transporte ferroviário causadores de desconforto ambiental?

P.M: Não os nossos, porque eles estão dentro dos padrões.

C.A: Todos?

P.M: Onde não está, já é tomado algum procedimento de imediato. É feito o monitoramento em alguns pontos que foram mapeados, de acordo com um mapa de criticidade, de onde poderia ser os pontos mais complicadores: perto de comunidades, perto de cidades. Alguns pontos ficaram fora do parâmetro, mas já foi feita alguma ação, como manutenção de trilho. Não sei se seria o caso implantar barreiras acústicas, mas creio que pra a empresa não vai ter essa adoção.

C.A: E quanto às emissões atmosféricas? Você acha que elas podem potencializar o efeito estufa e o aquecimento global?

P.M: Eu não acredito muito não. Agora, creio que para a nossa atividade em si nos estamos com tudo dentro dos padrões. Nós temos oito estações com monitoramento da qualidade do ar. São três níveis de qualidade: bom, regular, Inadequada. Os nossos esta tudo no regular, não sei se passa do regular, mas está bem abaixo dos parâmetros.

C.A: Em relação à legislação, quanto de ruído quanto de emissão? Você acha que é uma legislação boa ou ainda tem muitas falhas por trás?

P.M: Não acho que tenha falhas, são boas. Temos uma legislação de ruído que tá em votação na ABNT. Recentemente estávamos participando do fórum para ver sobre os parâmetros adotados na legislação. Mas acreditamos que seja ideal. Até porque o ruído de nossos equipamentos não é um ruído que fica ali 24 horas. Inclusive, essa legislação da ABNT que estão verificando justamente é para adequação ao nosso ramo de atividade, porque o padrão utilizado hoje não é específico para ferrovia. É específico para medição de ruído ambiental. Estamos dentro da lei, mas estão aprovando uma lei específica para ferrovia.

C.A: A empresa ela realiza medições periódicas de ruídos?

P.M: Sim

C.A: Qual a periodicidade?

P.M: Não sei, mas podemos olhar. É periódica e vai de acordo com o nosso programa monitoramento de ruídos.

C.A: Desde quando as medições são realizadas?

P.M: Não sei a data certa. Preciso averiguar.

C.A: Ela ocorre em todos os pontos de operação?

P.M: Hoje elas ocorrem em todas as nossas fontes mapeadas e são de condicionantes, se não me engano. São pontos estratégicos, mas pode dizer que pega todos os pontos importantes e passagens de nível.

C.A: E em relação às medições de vibrações? Ocorrem periodicamente?

P.M: Sim, ocorre junto com o monitoramento de ruído.

C.A: Em relação às medições de emissões atmosféricas? São realizadas? Qual a periodicidade?

P.M: São realizadas, porém não sei a periodicidade. Tem uma periodicidade certa e são protocoladas no órgão ambiental, todo ano eles são entregues. Porém a periodicidade pode ser menos do que anual.

C.A: Em sua opinião, qual é a importância da análise desses três indicadores? Ruído, vibrações e emissões atmosféricas?

P.M: Para nossa atividade é muito importante. Creio eu que o mais importante seja o ruído porque a gente influencia na comunidade, pessoal está mais próximo da operação, apesar termos chegado e a comunidade ter abraçado assim a ferrovia.

C.A: Já sabia que tinha ferrovia ali?

P.M: Sim, isso acontece naturalmente.. Onde tem um rio, onde tem uma logística, onde tem algo que possa facilitar a vida das pessoas elas vão se aproximando. Antigamente o pessoal se deslocava nos trens e aproximava a comunidade. Os rios também: normalmente as cidades estão próximas dos rios. É importante que a medição ocorra para evitar o incômodo com a comunidade. São importantes e essenciais para a nossa atividade.

C.A: Vocês recebem muitas reclamações?

P.M: São pontuais, não são tantas. Esse ano não sei se passou de 5 ou 10 reclamações.

C.A: Você acha suficiente a análise atual da empresa?

P.M: Sim, a gente não faz só destes parâmetros. Existe o monitoramento de água e outros. Mas em relação a esses três parâmetros, acho suficiente.

C.A: As medições de ruído ocorrem uma vez por ano.

P.M: Mas elas são um retrato. São feitas onde está passando o trem, onde tem uma passagem de nível. Só é feita quando o trem está passando. Não se faz quando não tem o trem passando, então não tem outra característica. Hoje é a mesma coisa que semana que vem, é o mesmo trem, então temos uma amostragem. As características dos trens são a mesma, então o ruído que foi medido no local se modificar ocorre por uma falta de manutenção, mas é difícil. Você faz todo ano, então você veria a diferença. Não ocorre em apenas uma locomotiva. Você veria se tivesse alguma distorção da medição, você saberia qual era o problema. Acho que atende sim. O monitoramento atmosférico é 24 horas por dia e o de vibração ocorre anualmente também.

C.A: Quais legislações são adotadas para ruídos e vibrações?

P.M: Não sei de cor, mas vou averiguar e te informo.

C.A: Você concorda com os níveis previstos pelas legislações?

P.M: Sim. A legislação do ruído provavelmente vai ter uma modificação, porque não concordamos. Ela é muito restrita e não é específica para a ferrovia. É do IBAMA

C.A: Não tem legislação de ruído específico para ferrovia?

P.M: Ruído, se não me engano, não.

C.A: Vibração é adotado uma legislação alemã.

P.M: Sim, é mais restrito. Se me enviarem as questões, posso averiguar as informações e envia-las.

## ANEXO IB – Dados de Monitoramento – Ruídos

Passagem de composições ferroviárias								
Pontos	Cidades	2015			2016			Limite DD n° 389/2010/P CETESB dB(A)
		Ruído Ambiente dB(A)	Ruído Total dB(A)	LAeq Acumulado 24 Horas dB(A)	Ruído Ambiente dB(A)	Ruído Total dB(A)	LAeq Acumulado 24 Horas dB(A)	
P-01	Santa Luzia	49	76	61	50	61	52	65
P-02	Sabará	64	73	65	60	76	64	65
P-03	Betim	61	78	65	62	77	65	65
P-04	Contagem	62	64	62	64	61	64	65
P-05	Belo Horizonte	55	71	58	59	75	62	65
P-06	Juatuba	62	64	62	58	67	53	65
P-07	Azurita	52	66	54	48	61	50	65
P-08	Itaúna	66	79	68	64	78	66	65
P-09	Divinópolis	60	63	60	58	77	63	65
P-10	Uberaba	66	73	66	64	77	66	65
P-11	Uberlândia	45	81	65	48	65	52	65
P-12	Vespasiano	60	88	72	60	86	70	65
P-13	Carmo Cajuru	57	70	59	49	82	66	65
P-14	Sto Ant Monte	51	69	55	49	71	56	65
P-15	Iguatama	51	64	53	53	66	55	65
P-16	Bambuí	55	72	58	54	81	65	65
P-17	Formiga	59	72	60	58	65	58	65
P-18	Perdões	58	86	69	59	81	65	65
P-19	Candeias	50	68	53	50	78	61	65
P-20	S. J Del Rey	60	93	70	56	76	59	65
P-21	Araguari	53	65	54	50	80	63	65
P-22	Ibiá	51	71	56	48	65	51	65
P-23	Tapiraí	47	65	51	54	70	57	65
P-24	Horto - BH	62	66	62	66	71	66	65

### ANEXO IIB – Dados de Monitoramento – Vibrações

Pontos	Cidades	Resultados com a passagem (mm/s) - 2015	Limite	Resultados com a passagem (mm/s) - 2016
		Vp	DIN 4150-3	Vp
P-01	Santa Luzia	0,460	5	0,540
P-02	Sabará	0,238	5	0,333
P-03	Betim	1,714	5	1,254
P-04	Contagem	0,746	5	0,349
P-05	Belo Horizonte	0,698	5	0,571
P-06	Juatuba	0,302	5	0,444
P-07	Azurita	0,317	5	0,254
P-08	Itaúna	1,524	5	0,841
P-09	Divinópolis	0,286	5	0,333
P-10	Uberaba	0,651	5	0,843
P-11	Uberlândia	1,635	5	1,001
P-12	Vespasiano	1,079	5	0,810
P-13	Carmo Cajuru	0,270	5	0,175
P-14	Sto Ant Monte	0,238	5	0,302
P-15	Iguatama	0,683	5	0,476
P-16	Bambuí	0,778	5	0,683
P-17	Formiga	0,794	5	0,638
P-18	Perdões	0,206	5	0,993
P-19	Candeias	0,667	5	1,695
P-20	S. J Del Rey	1,079	5	2,254
P-21	Araguari	1,032	5	1,663
P-22	Ibiá	0,381	5	0,355
P-23	Tapiraí	0,270	5	0,190
P-24	Horto - BH	0,238	5	0,302

### ANEXO IIIB – Dados de Monitoramento – Qualidade do Ar (Partículas Inaláveis (<10µm) [µg/m<sup>3</sup>])

Estação	Média Aritmética Período Atual	Média Aritmética Período Atual	Média Aritmética Período Atual	Média Aritmética Período Atual	Média Aritmética Período Atual	Média Aritmética Período Atual	Média Aritmética Período Atual	Média Aritmética Período Atual	Média Aritmética Período Atual	Média Aritmética Período Atual	Média Aritmética Período Atual	Média Aritmética Período Atual	Média Aritmética Período Atual
	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16	dez/16
Araguari	19	17	17	15	26	34	36	47	60	47	31	16	13
Arcos	20	14	14	19	27	23	33	25	45	36	30	25	22
Azurita	15	13	16	17	24	24	23	29	34	41	26	25	19
Divinópolis	17	16	18	19	27	29	26	37	43	36	25	21	18
Ibiá	SD	SD	SD	SD	SD	23	19	25	31	31	22	13	16
Imbiruçu	30	SD	SD	SD	SD	35	38	56	38	24	20	14	10
Lavras	14	10	12	12	21	22	18	31	39	30	24	16	21
Belo Horizonte	21	14	27	24	29	30	33	37	36	36	29	27	20
<b>Média</b>	19,4	14,0	17,3	17,7	25,7	26,5	29,5	34	38,5	36	25,5	18,5	18,5







### ANEXO IVB – Dados de Monitoramento – Emissões Atmosféricas

Pontos	2015			2016		
	CO g/kwh	NOx g/kwh	Opacidade	CO g/kwh	NOx g/kwh	Opacidade
<b>P01A - Betim - MG</b>	0,65	0,85	0,00	0,39	1,27	0,00
<b>P02A - Contagem - MG</b>	0,37	0,66	0,04	0,35	1,24	0,01
<b>P03A - Divinópolis - MG</b>	0,39	2,08	0,02	0,43	3,03	0,04
<b>P04A - Wilson Lobato - Pedro Leopoldo - MG</b>	0,8	0,95	0,00	1,21	1,16	0,05
<b>P05A - Horto - Belo Horizonte - MG</b>	0,61	0,8	0,00	0,41	1,02	0,01
<b>P06A - Lavras - MG</b>	2,18	1,39	0,02	6,4	1,96	0,03
<b>P09A - Uberaba - MG</b>	0,16	0,27	0,23	0,55	1,28	0,04
<b>P10A - Uberlândia - MG</b>	1,36	0,99	0,00	1,62	1,09	0,08
<b>P11A - Araguari - MG</b>	1	0,84	0,00	0,69	0,56	0,00
<b>P12A - Brejo Alegre - MG</b>	0,04	0,1	0,00	1,89	1,82	0,02
<b>P13A - Montes Claros - MG</b>	0,71	2,22	0,03	0,63	0,47	0,05