

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA  
NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA –PPGG

**ROBISON COSTA DE SOUZA**

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA QUALIDADE DO AR NA ÁREA URBANA DE  
PORTO VELHO UTILIZANDO AMOSTRADORES PASSIVOS DE NO<sub>2</sub> E ESCALA  
DE RINGELMANN

Porto Velho, 2016

ROBISON COSTA DE SOUZA

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA QUALIDADE DO AR NA ÁREA URBANA DE  
PORTO VELHO UTILIZANDO AMOSTRADORES PASSIVOS DE NO<sub>2</sub> E ESCALA  
DE RINGELMANN

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Geografia – PPGG da Universidade Federal de Rondônia – UNIR, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Amazônia e Políticas de Gestão Territorial.

Linha de Pesquisa: Paisagem Natureza e Sustentabilidade – PNS.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Eloíza Elena Della Justina

Porto Velho, 2016

**FICHA CATALOGRÁFICA**  
**BIBLIOTECA PROF. ROBERTO DUARTE PIRES**

S729d

Souza, Robison Costa de

Diagnóstico ambiental da qualidade do ar na área urbana de Porto Velho utilizando amostradores passivos de NO<sub>2</sub> e Escala de Ringelmann./Robison Costa de Souza. Porto Velho, Rondônia, 2016.

107 f.

Dissertação (Mestrado em Geografia) Fundação Universidade Federal de Rondônia / UNIR.

Orientadora: Prof. Dr.<sup>a</sup> Eloíza Elena Della Justina

1.Escala de Ringelmann. 2. Material Particulado. 3. Amostrador Passivo. 4. Dióxido de Nitrogênio. I. Justina, Eloíza Elena Della. II. Título.

CDU: 910:543.26

Bibliotecária Responsável: Cristiane Marina T. Girard CRB11/897

ROBISON COSTA DE SOUZA

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA QUALIDADE DO AR NA ÁREA URBANA DE  
PORTO VELHO UTILIZANDO AMOSTRADORES PASSIVOS DE NO<sub>2</sub> E ESCALA  
DE RINGELMANN

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Geografia – PPGG da Universidade Federal de Rondônia – UNIR, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Amazônia e Políticas de Gestão Territorial.

Linha de Pesquisa: Paisagem Natureza e Sustentabilidade – PNS.

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eloíza Elena Della Justina - Orientadora

---

Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho  
Avaliador interno PPGG

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mariangela Soares de Azevedo  
Avaliadora externa PPDR

Porto Velho, 14 de Novembro de 2016

## ATA DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

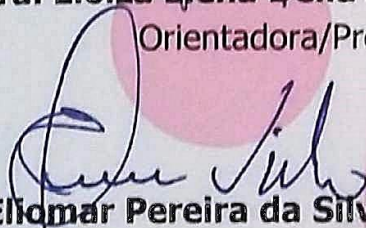
### Robison Costa de Souza

A Banca de Defesa de Mestrado presidida pela orientadora **Profa. Dra. Eloíza Elena Della Justina** e constituída pelos examinadores: **Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho** e **Profa. Dra. Mariângela Soares de Azevedo** reuniram-se no dia 14 de novembro de 2016, às 9 horas no auditório Milton Santos/CEGEA/UNIR/Bloco 1T, para avaliar a dissertação de mestrado intitulada: "**Diagnóstico da Qualidade do ar na área urbana de Porto Velho**", do mestrando **Robison Costa de Souza**, matrícula 201510029. Após a explanação do mestrando e arguição pela Banca Examinadora, a referida DISSERTAÇÃO foi avaliada e de acordo com as normas estabelecidas pelo Regimento do Programa de Pós-Graduação em Geografia foi considerada Aprovada. O candidato terá o prazo de até 90 dias para fazer as correções sugeridas pela banca e entregar as cópias definitivas de sua dissertação, sob pena de invalidação, pelo colegiado, do processo de defesa, conforme preceitua o § 3º do artigo 52 do Regimento Interno do PPGG, uma vez que o curso só finaliza com a entrega da Dissertação revisada.

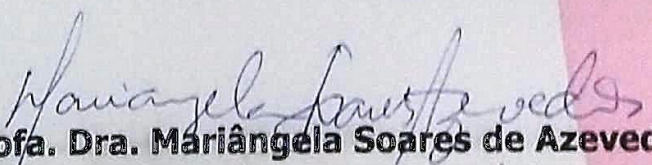
Porto Velho-RO, 14 de novembro de 2016.



**Profa. Dra. Eloíza Elena Della Justina**  
Orientadora/Presidente



**Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho**  
Examinador Interno/PPGG/UNIR



**Profa. Dra. Mariângela Soares de Azevedo**  
Examinadora Externa/DEP.QUÍMICA/UNIR

Dedico este trabalho as pessoas que sempre estiveram comigo e me incentivaram nesta jornada acadêmica. São elas: meu Pai Benigno Ramos de Souza; minha Mãe Maria do Rosário Costa de Souza; a minha esposa Rosana Alves Feitosa e a minha filha e princesa Rafaela Feitosa de Souza.

“Respeite a natureza, mas não há garantias de que ela o respeitará de volta”.

66° North. Reykjavík, Islândia.

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a Deus nosso Pai por me guiar neste caminho;

Agradeço aos meus Pais pelos esforços empenhados em minha educação;

Agradeço aos meus irmãos e irmãs e todos meus familiares;

Agradeço a minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Eloíza Elena Della Justina por acreditar neste projeto e por toda sua dedicação;

Agradeço aos professores do mestrado em Geografia;

Agradeço ao Prof. Dr. Arnaldo Alves Cardoso e ao Instituto de Química da UNESP de Araraquara pelo excelente acolhimento e transmissão da metodologia deste trabalho;

Agradeço aos amigos Karen Cristina Almeida Francisco, Gabriela Saraiva e Pedro Augusto na dedicação em transmitir a metodologia dos amostradores passivos e pelas consultorias à distância;

Agradeço a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Daniela Montanari Migliavacca Osorio, da Universidade Feevale, pelo ensino sobre amostradores passivos;

Agradeço ao amigo Marcio Felisberto da Silva por toda a ajuda prestada nos trabalhos que desenvolvemos;

Agradeço ao Prof. Dr. Wanderley Rodrigues Bastos pela utilização das instalações do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental – Wolfgang C. Pfeiffer; Agradeço a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maribel E. Funes Huacca pela cedência do espectrofotômetro do Laboratório Central Analítica;

Agradeço ao Técnico em Laboratório Walkimar Aleixo da Costa Júnior por toda a dedicação e ajuda durante minha estadia no laboratório de Biogeoquímica e Central Analítica;

Agradeço ao Francisco Martho Nogueira Militão Junior pela ajuda na aquisição das substâncias utilizadas neste trabalho;

Agradeço aos amigos de trabalho da SEMA;

Agradeço a Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SEMA;

Agradeço ao IPEM, Ferroviário Atlético Clube, Mar Veículos, Escola de Música Som na Leste e a Casa da Fotografia, pela permissão para fixação dos amostradores passivos em seu espaço físico.



**COSTA DE SOUZA, R.** Diagnóstico ambiental da qualidade do ar na área urbana de Porto Velho utilizando amostradores passivos de NO<sub>2</sub> e escala de Ringelmann (Programa de Pós Graduação Mestrado em Geografia) – Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR. Porto Velho, 2016.

### **Resumo**

Estudos tendo como viés o diagnóstico de qualidade do ar em Rondônia ainda são poucos, devido aos altos custos dos equipamentos utilizados para realizar a mensuração dos diversos poluentes que trazem danos à saúde humana. Em Porto Velho essa estatística negativa se mantém, dificultando o acesso aos que estejam interessados em conhecer os índices de gases nocivos que possam recobrir a área urbana da cidade. A presente pesquisa teve como objetivo realizar diagnóstico ambiental da qualidade do ar na área urbana de Porto Velho, onde foram utilizadas duas metodologias: a Escala de Ringelmann, método eficiente e amplamente utilizado para avaliar o grau colorimétrico da fumaça dos ônibus urbanos, onde o poluente avaliado foi o material particulado; na segunda metodologia utilizou-se Amostradores Passivos para mensurar os níveis de dióxido de nitrogênio da área urbana. Este trabalho procurou realizar as medições comparando seus resultados de acordo com os padrões estabelecidos nas legislações brasileiras. Nos resultados com a escala de Ringelmann verificou-se que 28,81% dos veículos monitorados estão fora dos padrões de acordo com as legislações e 71,19% dos veículos estão dentro dos padrões. Os resultados utilizando Amostradores Passivos tiveram como picos 4,42 e 16,60 µg/m<sup>3</sup>, demonstrando que os níveis daquele gás durante a pesquisa estiveram dentro dos padrões ambientais legais, que são de 100µg/m<sup>3</sup>. As metodologias utilizadas nesta pesquisa se mostraram eficientes, de baixo custo e fácil utilização. A pesquisa foi finalizada com o concatenamento dos resultados, plotagem dos dados e espacialização dos poluentes analisados em mapas.

Palavras-chave: Escala de Ringelmann; Material Particulado; Amostrador Passivo; Dióxido de Nitrogênio.

## Abstract

Studies having as a bias the diagnosis of air quality in Rondônia are still few, due to the high costs of the equipment used to carry out the measurement of the various pollutants that bring damages to human health. In Porto Velho this negative statistic is maintained, making it difficult for those who are interested in knowing the indexes of harmful gases that can cover the urban area of the city. The present research had as objective to perform environmental diagnosis of the air quality in the urban area of Porto Velho, where two methodologies were used: the Ringelmann Scale, an efficient and widely used method to evaluate the colorimetric degree of the smoke of the urban buses, where the pollutant Evaluated was the particulate material; In the second methodology was used Passive Samplers to measure the levels of nitrogen dioxide of the urban area. This work sought to carry out the measurements comparing their results according to the standards established in the Brazilian legislations. In the results with the Ringelmann scale it was verified that 28.81% of the monitored vehicles are out of the standards according to the legislations and 71.19% of the vehicles are within the standards. The results using Passive Samplers had peaks 4.42 and 16.60  $\mu\text{g} / \text{m}^3$ , demonstrating that the levels of that gas during the survey were within the legal environmental standards, which are 100  $\mu\text{g} / \text{m}^3$ . The methodologies used in this research were efficient, low cost and easy to use. The research was finalized with the concatenation of the results, plotting the data and spatialization of the analyzed pollutants in maps.

Keywords: Ringelmann scale; Particulate Material; Passive Sampler; Nitrogen dioxide.

## **Lista de Siglas**

AGV – Amostrador de Grandes Volumes

APP – Área de Preservação Permanente

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CO – Monóxido de Carbono

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

Eco 92 – Conferencia das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e o Desenvolvimento

GEE – Gases de Efeito Estufa

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPAM – Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia

IPEM – Instituto de Pesos e Medidas

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

LABCART – Laboratório de Cartografia – UNIR

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NO<sub>2</sub> – Dióxido de Nitrogênio

OMS – Organização Mundial de Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

PROCONVE – Programa de Controle de Poluição do ar por Veículos Automotores

PRONAR – Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar

PLANAFLORO – Plano Agroflorestral do Estado de Rondônia

SEMA – Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Porto Velho

SEDAM – Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental de Rondônia

SEDAR – Sistema Estadual de Desenvolvimento Ambiental de Rondônia

SEMPLA – Secretaria Municipal de Planejamento de Porto Velho

SIPAM – Sistema de Proteção da Amazonia

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

SIG – Sistema de Informação Geografica

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

## Lista de Figuras

Figura 1 - Mapa da Área Urbana de Porto Velho .....	21
Figura 2 - Mapa dos Bairros de Porto Velho.....	23
Figura 3 - Ilustração das Camadas da Atmosfera da Terrestre.....	26
Figura 4 - Trajetória de origem dos ventos que chegam a Porto Velho.....	29
Figura 5 - Trajetória de destino dos ventos após passarem por Porto Velho .....	30
Figura 6 - Bloco Diagrama da Altimetria de Porto Velho .....	32
Figura 7 - Mapa Geomorfológico da Área Urbana de Porto Velho e Pontos de Análise de NO <sub>2</sub> .....	33
Figura 8 - Mapa Hidrográfico da Área Urbana de Porto Velho .....	36
Figura 9 - Mapa de Vegetação da área urbana de Porto Velho .....	38
Figura 10 - Mapa de Focos de Incêndio na Amazônia Legal entre Janeiro e Agosto de 2015 .....	48
Figura 11 - Modelo Esquemático da Difusão Molecular .....	56
Figura 13 - Cartão da escala de Ringelmann .....	62
Figura 14 - Avaliação de Fumaça no Ponto Final do Bairro Nacional .....	63
Figura 12 - Fluxograma da Metodologia da Pesquisa dos amostradores passivos..	64
Figura 15 - Mapa de espacialização dos Pontos de Coletas do NO <sub>2</sub> .....	66
Figura 16 - Amostradores Passivos fixados nos pontos de amostragem da área urbana. ....	69
Figura 17 - Balões da Curva de Calibração.....	72
Figura 18 - Representação esquemática dos amostradores passivos utilizados em campo.....	73
Figura 19 - Amostradores Acondicionados em garrafa PET.....	75
Figura 20 - Reação química completa nos balões do Ponto 1 do mês de Julho .....	76
Figura 21 - Mapa de fluxo esquemático das linhas de ônibus do ponto final para região central da cidade de Porto Velho, Rondônia. ....	85
Figura 22 - Mapa com a Avaliação dos níveis de Densidade a partir dos Valores Obtidos na Avaliação da Fumaça Emitida pelos Ônibus Segundo a Escala de Ringelmann .....	86

Figura 23 - Material Particulado impregnado em caixa d'água, localizada na Rua Brasília com Sete de Setembro, Porto Velho, Rondônia .....	87
Figura 24 - Material particulado em folha de Mangueira ( <i>Mangifera indica</i> ), coletada do canteiro central da av. Jorge Teixeira (BR-319) com rua D. Pedro II, via com intenso tráfego de veículos.....	88
Figura 25 - Mapa de densidade das concentrações médias de NO <sub>2</sub> entre os meses de Abril e Agosto de 2016 .....	91
Figura 26 - Movimentos das camadas de ar entre Rio e Terra para formar a brisa fluvial .....	93
Figura 27 - Trajetória dos ventos no Ponto 2, Junho de 2016.....	94
Figura 28 - Origem e destino dos Ventos em Porto Velho entre os dias 07 e 14 .....	97

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1 - Acontecimentos Graves Gerados Pela Poluição do Ar no Mundo Fonte: (VIEIRA, 2009) e (DERISIO, 2012) .....	46
Tabela 2 - Principais Poluentes Atmosféricos e suas Características .....	50
Tabela 3 - Resoluções Conama que tratam sobre poluição do ar.....	53
Tabela 4 - Período de Exposição dos Amostradores Passivos .....	65
Tabela 5 - Tipos e Contagem de Denúncias Ambientais Recebidas Pela SEMA no ano de 2015. Fonte: Porto Velho, (2015a) .....	80
Tabela 6 - Níveis de densidade segundo a escala de Ringelmann, avaliados na emissão de fumaça dos ônibus urbanos da cidade de Porto Velho, Rondônia, no ano de 2015 .....	82
Tabela 7 - Evolução da Frota de veículos de Porto Velho no período 2005-2013....	83
Tabela 8 - Concentrações de NO <sub>2</sub> nos pontos amostrados, unidade de medida em µg/m <sup>3</sup> de acordo com a Resolução Conama nº 03 de 1990 .....	90
Tabela 9 - Classificação da velocidade do vento de acordo com a Escala de Beaufort .....	95
Tabela 10 - Dados Meteorológicos do Período de Exposição dos Amostradores Passivos e Classificação dos Ventos de Acordo com Escala de Beaufort .....	95

## Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Crescimento da População Mundial .....	42
Gráfico 2 - Desenvolvimento da População Rural e Urbana no Mundo, 1950 – 2015 .....	43
Gráfico 3 - Principais Problemas ambientais do Mundo .....	45
Gráfico 4 - Principais Problemas Ambientais do Brasil.....	45
Gráfico 5 - Curva de Calibração de NO <sub>2</sub> .....	73
Gráfico 6 - Porcentagem das Denúncias Recebidas Pela SEMA em 2015 .....	81
Gráfico 7 - Concentrações de NO <sub>2</sub> de Abril a Agosto e suas médias .....	92

## SUMÁRIO

Lista de Siglas .....	11
Lista de Figuras .....	12
Lista de Tabelas .....	13
Lista de Gráficos.....	14
INTRODUÇÃO .....	17
CAPÍTULO 1 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	20
1.1- LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	20
1.2- CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS E METEOROLÓGICAS .....	24
1.3 - GEOMORFOLOGIA .....	31
1.4 – HIDROGRAFIA – BACIAS URBANAS .....	34
1.5 - VEGETAÇÃO E USO DA TERRA EM PORTO VELHO.....	37
CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	41
2.1 - A PEGADA DO HOMEM SOBRE A TERRA .....	41
2.2 - O DESENVOLVIMENTO DAS CIDADES.....	42
2.3 - A POLUIÇÃO DO AR E A GESTÃO AMBIENTAL .....	44
2.4 - PROBLEMAS DE SAÚDE RELACIONADOS À POLUIÇÃO DO AR .....	49
2.5 – LEGISLAÇÕES BRASILEIRAS DA QUALIDADE DO AR .....	51
CAPÍTULO 3 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	55
3.1 - EQUIPAMENTOS DE AMOSTRAGEM DA QUALIDADE DO AR.....	55
3.1.1 - Escala de Ringelmann.....	57
3.1.2 - Amostradores Passivos.....	58
3.1.3 – MATERIAIS .....	60
3.2 - MÉTODO DA ESCALA DE RINGELMANN.....	61
3.2.1 Procedimento Realizados na Escala de Ringelmann .....	63
3.3 – MÉTODO DOS AMOSTRADORES PASSIVOS.....	64
3.3.1 Localização e caracterização dos pontos de coleta de NO <sub>2</sub> .....	65
3.3.2 – Preparação das soluções do amostrador passivo .....	70
3.3.3 – Curva de calibração (Melchert e Cardoso, 2006) .....	71
3.3.4 – Preparação dos Amostradores Passivos.....	73
3.3.5 – Extração dos amostradores de campo .....	75

3.3.6 – Equações utilizadas.....	76
3.3.7 – Cálculo das concentrações de NO <sub>2</sub> .....	78
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS .....	80
4.1 – RESULTADOS DO MONITORAMENTO REALIZADO NOS ÔNIBUS URBANOS DE PORTO VELHO PELA ESCALA DE RIEGELMANN .....	80
4.2 RESULTADOS DAS AMOSTRAGENS DAS CONCENTRAÇÕES DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO NA ÁREA URBANA DE PORTO VELHO.....	89
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES.....	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	101



## INTRODUÇÃO

Estudos sobre a questão ambiental da qualidade do ar atualmente têm ganhado maior importância diante do cenário contemporâneo de grande mobilização mundial visando à diminuição de emissões de gases que contribuem para agravar as péssimas condições do ar que consumimos, uma vez que estes incidem diretamente em problemas de saúde.

Para combater de forma eficiente tais problemas, devemos, primeiramente, conhecê-los desde sua gênese, os atores envolvidos, fontes emissoras, formas de minimizar os lançamentos e, a partir de então realizar uma discussão baseada nos conhecimentos geográficos e das mais diversas disciplinas que possam auxiliar na resolução desse tipo de poluição proveniente principalmente de veículos automotores e das queimadas.

Atualmente nas cidades habitam a grande maioria da população mundial, em torno de 54%. No Brasil, esse fato não é diferente, 64% das pessoas vivem nos centros urbanos, segundo dados da Agencia Brasil (EBC, 2015). Em Porto Velho 369.361 encontram-se residindo na sede administrativa do Município, ou seja, 86% da população da capital é urbana (IBGE, 2010). Uma grande parcela de pessoas que compartilham o mesmo ar. No período de seca paira sobre a cidade uma névoa de fumaça oriunda das queimadas da área rural. A população tem sua saúde alterada com problemas respiratórios, alergias e problemas oftálmicos.

Sendo assim, são impreteríveis ações que visem análises, diagnósticos, monitoramento e que deem publicidade sobre a qualidade do ar que o cidadão consome diariamente.

Existem métodos já estabelecidos, empregados em várias cidades do mundo, de fácil utilização, com resultados eficientes. Entre eles destacamos a Escala de Ringelmann que mede colorimetricamente a fumaça dos escapamentos de automóveis do ciclo diesel. A metodologia da escala de Ringelmann foi desenvolvida para analisar visualmente a cor da fumaça expelida pelas chaminés das residências na Europa a partir do final do século XIX, sendo registrado como a primeira ferramenta para fiscalizar e monitorar a poluição do ar (VIEIRA, 2009).

Outro método empregado são os amostradores passivos, que neste trabalho são utilizados para quantificar o dióxido de nitrogênio presente na atmosfera. A primeira patente para utilização de amostradores passivos data de 1927, tendo como objetivo o monitoramento de CO, em ambientes de trabalho. Mas foi a partir de 1973 que as bases teóricas para utilização de amostradores passivos para SO<sub>2</sub> promoveu o aumento do número de trabalhos científicos desenvolvidos com o auxílio desses equipamentos.

Nesse aspecto, o presente estudo tem os seguintes objetivos:

- Realizar um diagnóstico ambiental da qualidade do ar na área urbana de Porto Velho empregando duas metodologias: a primeira para analisar e quantificar a presença de dióxido de nitrogênio a partir de amostradores passivos e a segunda usando a escala de Ringelmann para mensurar a fumaça dos ônibus urbanos.

Como objetivos específicos buscam-se:

- Identificar as áreas mais problemáticas com relação ao NO<sub>2</sub> na cidade de Porto Velho utilizando o método de amostradores passivos;
- Identificar as linhas de ônibus urbanos mais problemáticas e quantificar o lançamento de fumaça negra expelida por estes veículos, utilizando o método da Escala de Ringelmann;
- Mapear as áreas de concentrações dos poluentes na área urbana de Porto Velho relacionando os resultados com os aspectos físicos e sócio-ambientais dos locais.

Espera-se que a presente pesquisa sirva de subsídio para a gestão pública e para o desenvolvimento de monitoramento contínuo da qualidade de ar na cidade de Porto Velho visando à melhoria da saúde da população.

O desenvolvimento deste estudo está fundamentado e dividido em cinco capítulos, a saber:

No primeiro capítulo encontra-se a caracterização da área de estudo onde são abordados os componentes geográficos da cidade e que possuem relação com a poluição do ar.

No segundo capítulo adentramos com a fundamentação teórica da pesquisa, onde se encontram toda a base epistemológica do estudo.

No terceiro capítulo estão descritas as metodologias utilizadas para o desenvolvimento desta pesquisa.

No quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos ao longo da pesquisa e do monitoramento da qualidade do ar em Porto Velho.

No quinto capítulo estão as conclusões, cujos resultados obtidos serão compartilhados junto aos órgãos ambientais de Porto Velho, para que seus gestores tenham conhecimento do presente estudo.

## **CAPÍTULO 1 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

### **1.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O Município está situado na Amazônia Ocidental e faz limites ao Norte e Noroeste e Leste com o Estado do Amazonas; a Leste com o Município de Candeias do Jamari; a Oeste com o Estado do Acre e a Bolívia, e ao Sudoeste e Sul com os Municípios de Nova Mamoré e Buritis.

O Município de Porto Velho possui uma extensão territorial de 34.096,394 km<sup>2</sup>. A cidade de Porto Velho está localizada a 08°45'42"S e 63°53'30"O, na margem direita do rio Madeira, principal afluente da margem direita do Rio Amazonas entre as altitudes entre 58 e 110m. A área urbana perfaz um perímetro de 116,89 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).

A capital do Estado se encontra num importante entroncamento entre as BR 319 que liga ao sul do Estado do Amazonas, e a BR 364 ligando ao Acre e ao Pacífico. Possui um importante porto para o escoamento das commodities de Rondônia e dos Estados vizinhos que fluem pela Hidrovia do Madeira rumo aos portos de Manaus e Itacoatiara - AM, e conseqüentemente para os diversos portos pelo mundo.

A população total do Município está na marca 428.527 habitantes, sendo que 369.361 vivem exclusivamente na área urbana de Porto Velho (IBGE, 2010).

Segundo a Prefeitura Municipal de Porto Velho (PORTO VELHO, 2015b), a cidade foi fundada em 04 de julho de 1907, pela empresa americana Madeira Mamoré Railway Company, tendo como objetivo ser um dos portos da Ferrovia Madeira-Mamoré que transportaria a borracha da região. Somente em 02 de Outubro de 1914 foi oficialmente transformada em município do então Estado do Amazonas. Torna-se capital do recém-criado Território Federal do Guaporé em 1943. Em 04 de Janeiro de 1982 Porto Velho é alçada à capital do Estado de Rondônia.

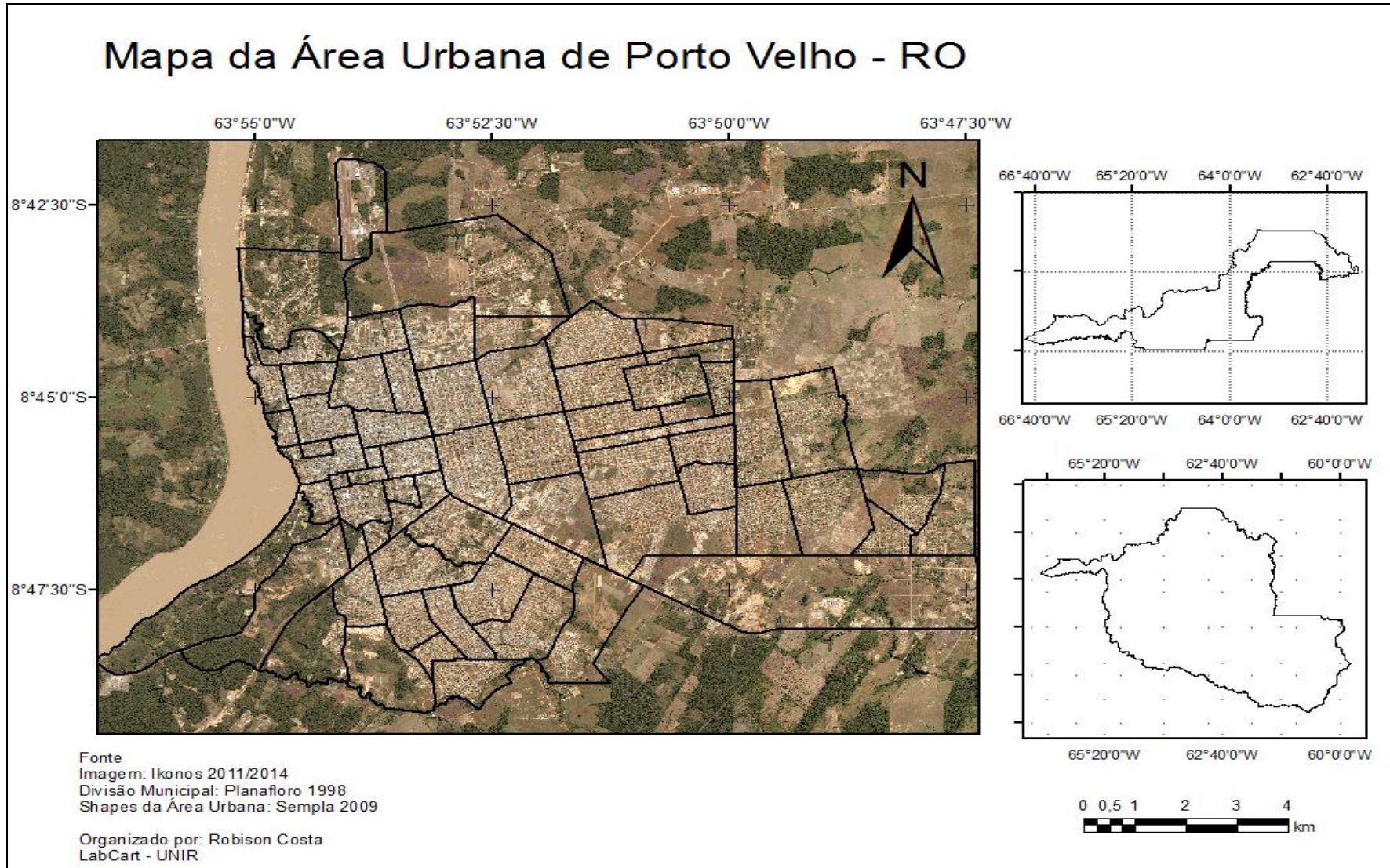


Figura 1 - Mapa da Área Urbana de Porto Velho

Porto Velho, assim como o Estado de Rondônia, foi profundamente influenciada pelos ciclos econômicos que aqui foram implantados e que transformaram seu espaço, foram eles: construção da Estrada de Ferro Madeira Mamoré, ciclo da cassiterita, ciclo do ouro, ciclo agrícola através de projetos que aconteceram nas décadas de 70 e 80 do século XX. Neste século XXI Porto Velho passa por um novo ciclo, o das grandes construções impulsionadas mais uma vez por programas governamentais com a construção das Usinas de Santo Antonio e Jirau no Rio Madeira, que trouxeram um enorme fluxo de pessoas e capital para a cidade (PORTO VELHO, 2008).

A expansão urbana portovelhense é caracterizada pela forma de ocupação desordenada, principalmente nos bairros periféricos que tiveram seu surgimento e crescimento impulsionados por invasões.

Neste espaço existem atualmente 67 bairros, distribuídos principalmente pelas zonas Norte, Central, Sul e Leste conforme pode ser visualizado na figura 2. Atualmente, o crescimento da cidade tem acontecido com maior intensidade na periferia, principalmente nas zonas Leste e Sul.

No que se refere à infraestrutura, a malha viária ainda apresenta grande percentual com estradas de terra, principalmente nas áreas de vazios urbanos com lotes sem usos.

Na periferia, a população tem o hábito de “limpar o terreno” com fogo, gerando fumaça e desconforto, além do prejuízo à saúde. Tais procedimentos se intensificam no período de seca na região.

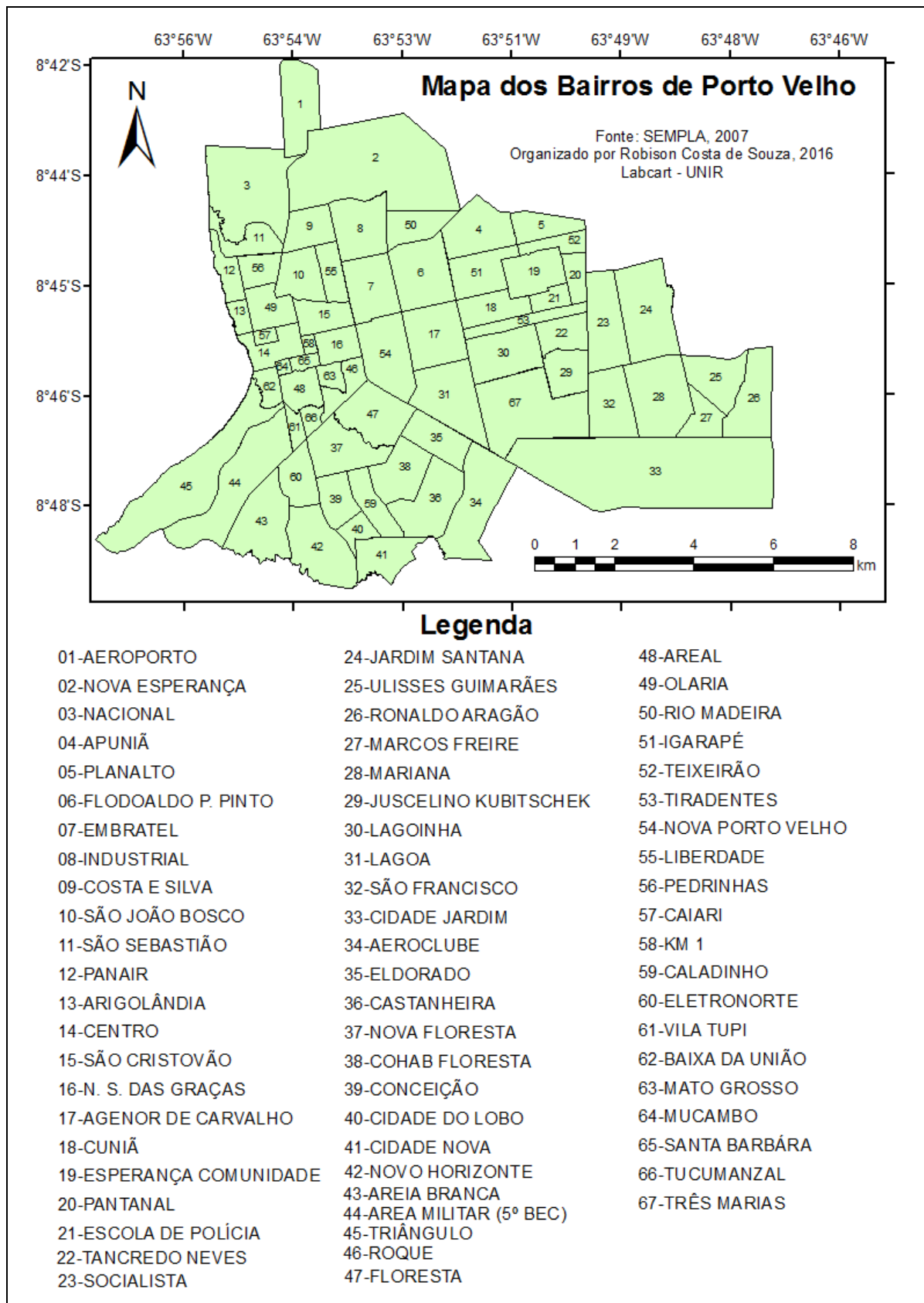


Figura 2 - Mapa dos Bairros de Porto Velho

## 1.2 – CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS E METEOROLÓGICAS

Os estudos sobre o clima local e regional tem importância para analisar a concentração e a dispersão de gases. Neste sentido, apresentamos as características climáticas e meteorológicas de Porto Velho e região.

Os estudos voltados para os fenômenos que acontecem na atmosfera nas zonas tropicais do planeta sempre foram poucos explorados comparados aos de estudos realizados nas zonas temperadas, isso se deve ao fato de os primeiros se localizarem em países pobres e os segundos em países ricos. Cabe então à sociedade científica das regiões tropicais tentarem mudar esse cenário, pois ter o conhecimento desses fenômenos atmosféricos sempre foi um anseio da humanidade e na atual conjuntura estudá-los pode auxiliar na tomada de decisões pelos administradores públicos (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007), atualmente existe mais de 200 tipos de classificações climáticas, que utilizam de mecanismos empíricos, quantitativo, analíticos, genéticos e dinâmicos.

Na classificação climática de Köppen<sup>1</sup>, criada em 1918, a primeira classificação climática a abranger todo o planeta e utilizando-se de uma base científica para tal feito, e ainda hoje é a mais empregada em diversos países do mundo e no Brasil. Seu modelo quantitativo se utiliza de letras (A, B, C, D, E) para classificar os tipos de climas de determinada zona, em seguida criou uma subdivisão de acordo com as características do local a ser analisado levando em consideração a distribuição de precipitação e temperatura, as letras que irão representar essa subdivisão são: *f, m, w, S, W, a, b, c, d, h, k* (TORRES e MACHADO, 2011).

De acordo com Torres e Machado (2011); Mendonça e Danni-Oliveira (2007); e Tejas *et al* (2012) o tipo de clima de Porto Velho na classificação de Köppen é **Am** correspondendo ao Clima Tropical de monção que tem como características uma breve estação seca entre os meses de junho a outubro

---

<sup>1</sup> Este climatologista criou sua classificação tendo como objetivo classificar as mudanças acontecidas na atmosfera de sua região (Europa) e do mundo



(nesses meses a precipitação é inferior a 20 mm/mês). Segundo Silva (2012), o período mais chuvoso acontece nos meses de novembro a maio, sendo o período de janeiro a março o de maior intensidade pluviométrica, cujas precipitações são superiores a 220 mm/mês. Ainda, as precipitações em Porto Velho estão na casa dos 2200 a 2300 mm/ano.

A meteorologia é outro fator preponderante para avaliar os fenômenos atmosféricos, segundo o INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, a meteorologia pode ser definida como:

A meteorologia é definida como a ciência que estuda os fenômenos que ocorrem na atmosfera, e está relacionada ao estado físico, dinâmico e químico da atmosfera, as interações entre elas e a superfície terrestre subjacente.

A Meteorologia básica, como o próprio nome sugere, nos fornece uma visão mais simples dos fenômenos atmosféricos que ocorrem em nosso dia a dia. Baseados em observações, os elementos meteorológicos mais importantes do ar, a velocidade e direção do vento, tipo e quantidade de nuvens, podemos ter uma boa noção de como o tempo está se comportando num determinado instante e lugar.

As leis físicas aplicadas à atmosfera podem explicar o "estado" dela. Mas o estado ou o tempo é o resultado, desses elementos e outros mais com a influência dos fatores astronômicos e fatores geográficos, podem estar distribuídos em um número infinito de padrões no espaço e no tempo e em constante modificação.

A meteorologia engloba tanto tempo como clima, enquanto os elementos da meteorologia devem necessariamente estar incorporados na climatologia para torná-la significativa e científica. O tempo e o clima podem, juntos, ser considerados como consequência e demonstração da ação dos processos complexos na atmosfera, nos oceanos e na Terra (INMET, 2003).

Quanto à atmosfera, esta compreende toda camada gasosa que envolve a terra e segundo Vieira (2009) sua composição e resultado de diversos fenômenos físico-químicos e biológicos que tiveram sua gênese a milhões de anos até chegar ao estágio atual (Figura 3). É na troposfera que compreende uma camada de aproximadamente 10 km, onde irão acontecer todos os fenômenos climáticos e que vão definir a vida dos seres vivos.



Figura 3 - Ilustração das Camadas da Atmosfera da Terrestre  
Fonte: Tudo Estudo (2015)

Em relação à difusão e o transporte dos poluentes na atmosfera Moreira (2004), discorrer sobre os processos afirmando que:

Os processos que governam o transporte e a difusão de poluentes são numerosos e de uma complexidade tal que não é possível descrevê-los sem a utilização de modelos matemáticos, que resultam, então, serem um instrumento técnico indispensável para a gestão ambiental. Os modelos matemáticos são capazes de: descrever e interpretar os dados experimentais; controlar em tempo real e/ou analisar a qualidade do ar; administrar as liberações acidentais e avaliar as áreas de risco; identificar as fontes poluidoras; avaliar a contribuição de uma única fonte à carga poluidora; administrar e planejar o território. Existem numerosos modelos matemáticos de difusão de poluentes na atmosfera, também notavelmente diferentes uns dos outros, que podem ser utilizados para descrever os propósitos descritos acima. (MOREIRA, 2004, p. 159).

A poluição do ar requer preocupação devido ao seu caráter peculiar, pois quando acontece um evento de grave crise do ar num determinado local nem sempre esse tipo de poluição ficará restrito a ele.

Podemos citar como exemplos dos transportes de poluentes o exposto por Frondizi (2008) que elencou em seu livro a preocupação de alguns países da Europa como Holanda que importava grandes quantidades de SO<sub>2</sub> da Alemanha e Bélgica, seus países vizinhos, mostrando a necessidade de se conter a poluição nos locais de origens. Outro exemplo foi o acontecido em Chernobyl 1986, onde quantidades enormes de poluentes se espalharam por toda a Europa, e que neste ano completou-se trinta anos desse grande desastre ambiental. Esse são alguns dos casos de interferência antropogênica na qualidade do ar. Mas existem casos de fontes de poluição atmosféricas naturais acontecidas num local e que afetou diversos lugares, como a erupção do vulcão Eyjafjallajökull no ano de 2010, localizado na Islândia e que afetou grande parte da Europa, neutralizando vários aeroportos desse continente, devido o transporte das cinzas vulcânicas que poderiam ocasionar acidentes aéreos. Na América do Sul esse fato também foi presenciado no ano de 2011, quando da erupção do vulcão Puyehue-Caulle localizado no Chile, afetou o tráfego aéreo no Chile e Argentina, atrasando voos desses países e também voos que tinham como destino o Brasil.

Em casos mais específicos e locais para citar exemplos acontecidos na Amazônia, verificamos que no período de estiagem amazônica, acontecem os maiores índices de queimadas nessa região, e verificamos que Estados onde há maior incidente de queimadas contribuem para a poluição nos Estados vizinhos.

Como exemplo podemos citar o caso crítico acontecido na cidade de Manaus em Dezembro de 2015, onde segundo dados do INPE - Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, as fumaças oriundas dos estados do Maranhão e Pará foram conduzidas pelos ventos Alísios até sobreporem a capital do Amazonas, gerando transtornos para a população local (PORTAL AMAZÔNIA, 2016).

Isso se deve aos ventos que podem transportar essas cargas poluentes para diversos locais além do seu ponto de origem. A poluição de um determinado local acontece quando os níveis da qualidade do ar são içados de tal forma a comprometer a qualidade de vida dos seres humanos, da fauna e

da flora. Outro fator que contribui para aumentar ou diminuir os níveis de poluição do local é a capacidade de diluição desse material na atmosfera.

O principal agente responsável por esse transporte é o vento, de acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007) são gerados a partir do deslocamento do ar existente em uma área de alta pressão para uma área de baixa pressão, para esse fenômeno dar-se o nome de advecção, que resultará nos ventos.

Torres e Machado (2011) afirma que o movimento realizado pelos ventos pode acontecer em dois sentidos vertical e horizontal, continuando esses autores nos falam sobre a importância da velocidade dos ventos no transporte de materiais, gases e poluentes.

Destaca-se que esses ventos que servem como fontes para transportar gases poluentes, também transportam a vida ao ajudar na polinização de plantas, modelagem do relevo, alterando a paisagem de um determinado local. Esses ventos são responsáveis pela dispersão e manutenção da vegetação e pelo transporte de nutrientes, pela variação do clima no mundo, sendo um dos principais agentes erosivos.

Em Porto Velho os eventos críticos de acumulação de gases e particulados acontecem principalmente entre os meses de estiagem (Junho a Setembro) onde as ocorrências de queimadas urbanas têm significativos aumentos, conforme dados computados pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SEMA (PORTO VELHO, 2015a).

Utilizando o modelo vertical de velocidade dos ventos do NOAA (NOAA HYSPLIT MODEL), verifica-se que os ventos que chegam a Porto Velho são em sua maioria originária do Sul do continente Sul Americano, entrando pelo Sul do Estado de Rondônia e tendo como destino a parte Setentrional do Brasil, especificamente na região Noroeste, como podemos observar nas Figuras 4 e 5, que nos mostram a trajetória de origem (figura 4) e destino (figura 5) dos ventos que chegam e passam por Porto Velho.

Como forma de ilustração dessa trajetória foi escolhido o ponto 3 de análise para demonstrar o fluxo feito pelos ventos utilizando modelo vertical de velocidade dos ventos do NOAA HYSPLIT MODEL, tendo como referência o dia 28 do mês de abril de 2016.

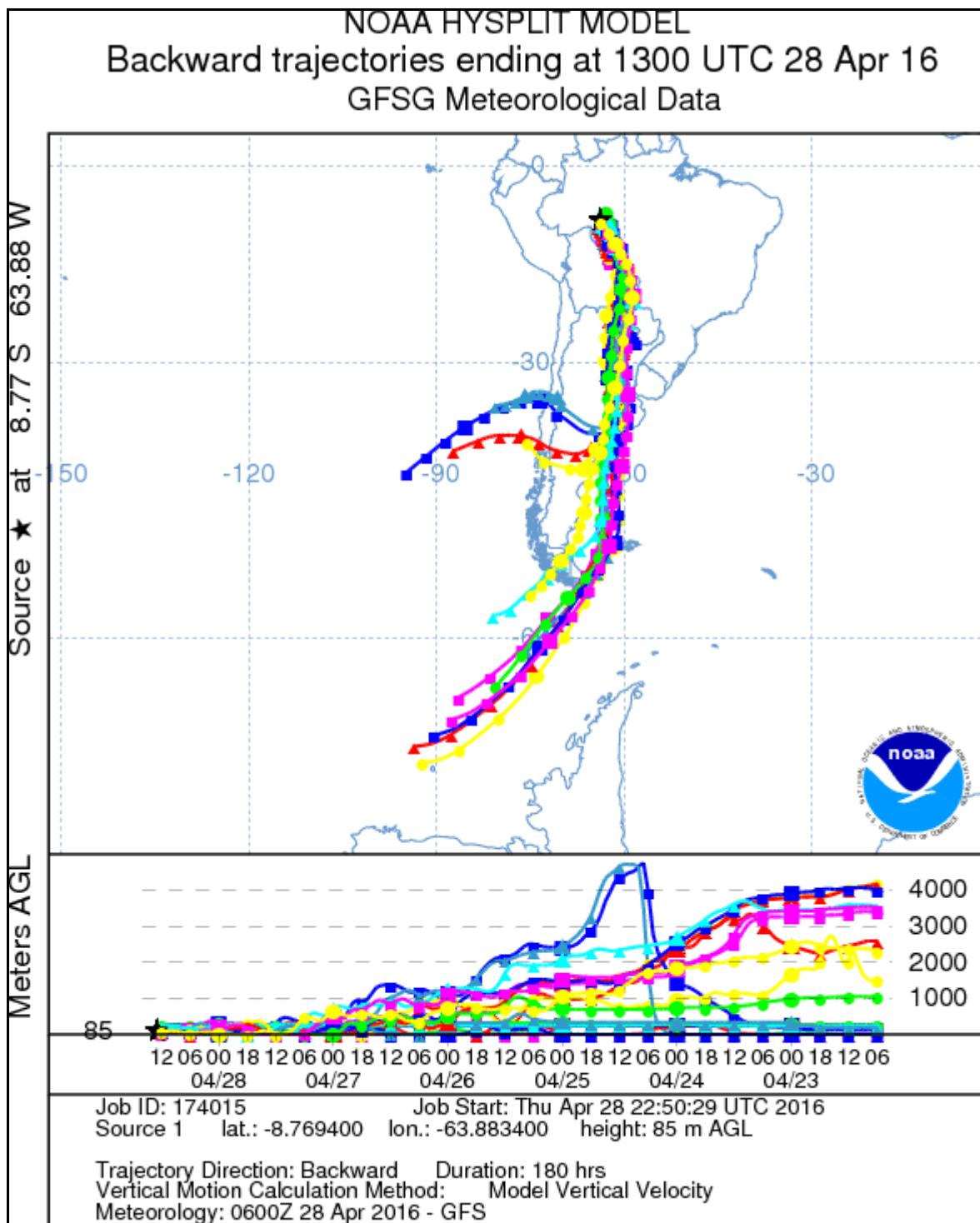


Figura 4 - Trajetória de origem dos ventos que chegam a Porto Velho  
 Fonte: [http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT\\_traj.php](http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php)

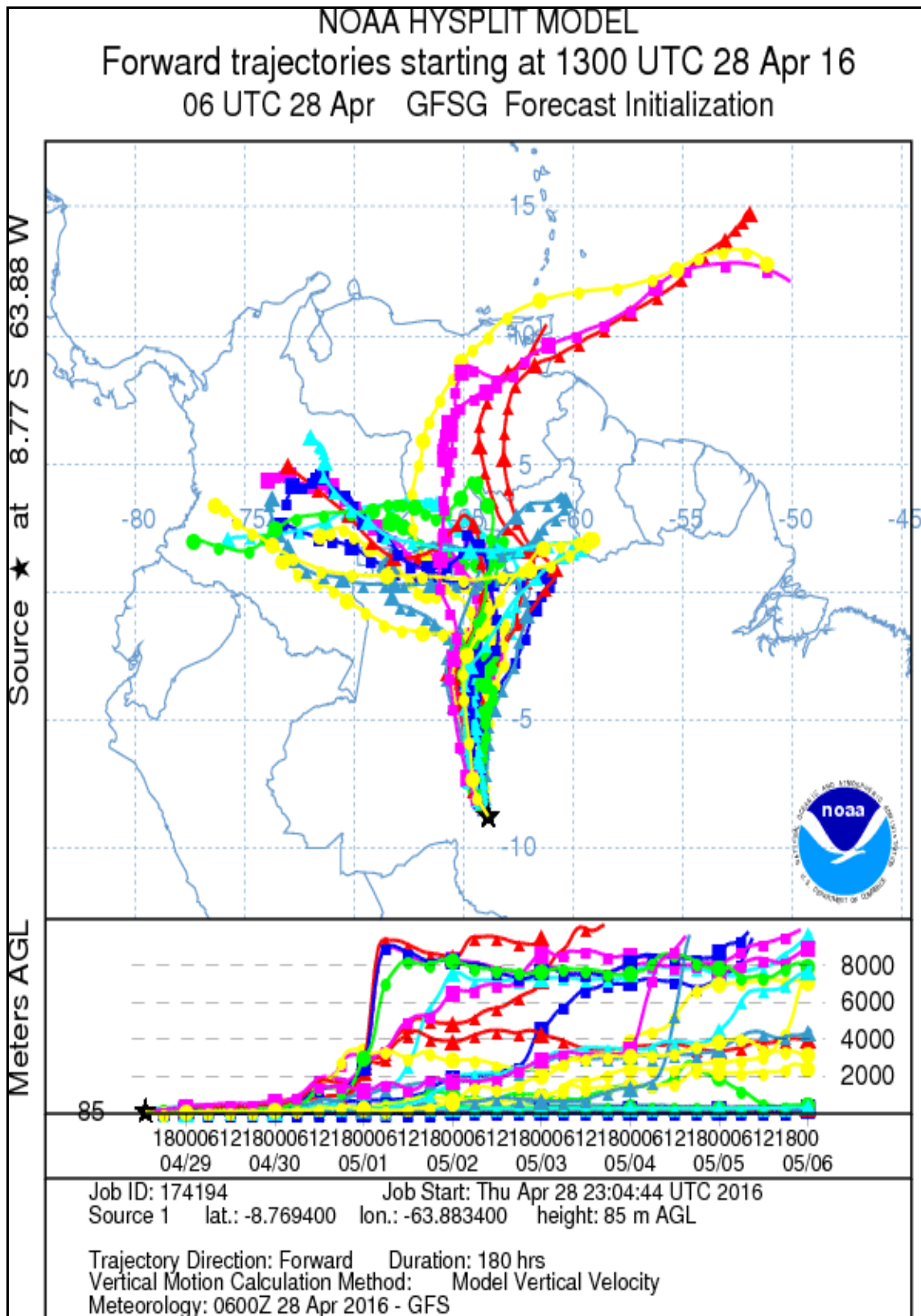


Figura 5 - Trajetória de destino dos ventos após passarem por Porto Velho  
 Fonte: [http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT\\_traj.php](http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php)

### 1.3 - GEOMORFOLOGIA

A cidade de Porto Velho está situada sobre platô (área aplainada de baixa altitude) com altitudes máximas de 110 m. A maior parte do sítio urbano está localizado na cota de 85 metros, sendo que as cotas passíveis de enchente e inundação se encontram abaixo dos 63 metros de altitude.

Segundo o RadamBrasil (BRASIL, 1978), a região de Porto Velho está inserida na unidade geomorfológica denominada Planalto Retrabalhado da Amazônia Ocidental, caracterizada por superfície plana constituída por uma sequência de sedimentos terció-quaternário de origem fluvial, colúvio-aluvial e flúvio lacustre, esta última atualmente denominada de formação Rio Madeira. O piso geológico regional é formado por um substrato granítico-gnáissico antigo.

O relevo do sítio urbano é representado por uma superfície de aplainamento conformando colinas suaves baixas de topo aplainado, controlados pela presença de laterítas maduras e imaturas.

Na figura 6 apresenta-se mapa hipsométrico de Porto Velho, elaborada a partir da imagem SRTM (NASA 2000). Nele vemos destacada a topografia plana do sítio urbano em torno de 85 metros de altitude, com relevo com amplitudes altimétricas mais elevadas no entorno dos igarapés que compõem bacias urbanas da cidade.

A respeito das Unidades Geomorfológicas encontradas na área urbana de Porto Velho são apresentadas na figura 7.

Com relação à dispersão de poluentes do ar, as características físicas de um determinado local tais como o seu clima, o tempo, a direção dos ventos presença de morros, montanhas e vegetação irão influenciar no transporte dos materiais particulados.

A influência que o relevo irá exercer sobre determinada região dependerá da disposição das rugosidades sobre a paisagem, pois dependendo da forma da rugosidade, ou da sua ausência, um local poderá receber mais ou menos a incidência de ventos, poluição carregada pelos ventos, raios solares (TORRES e MACHADO, 2011).

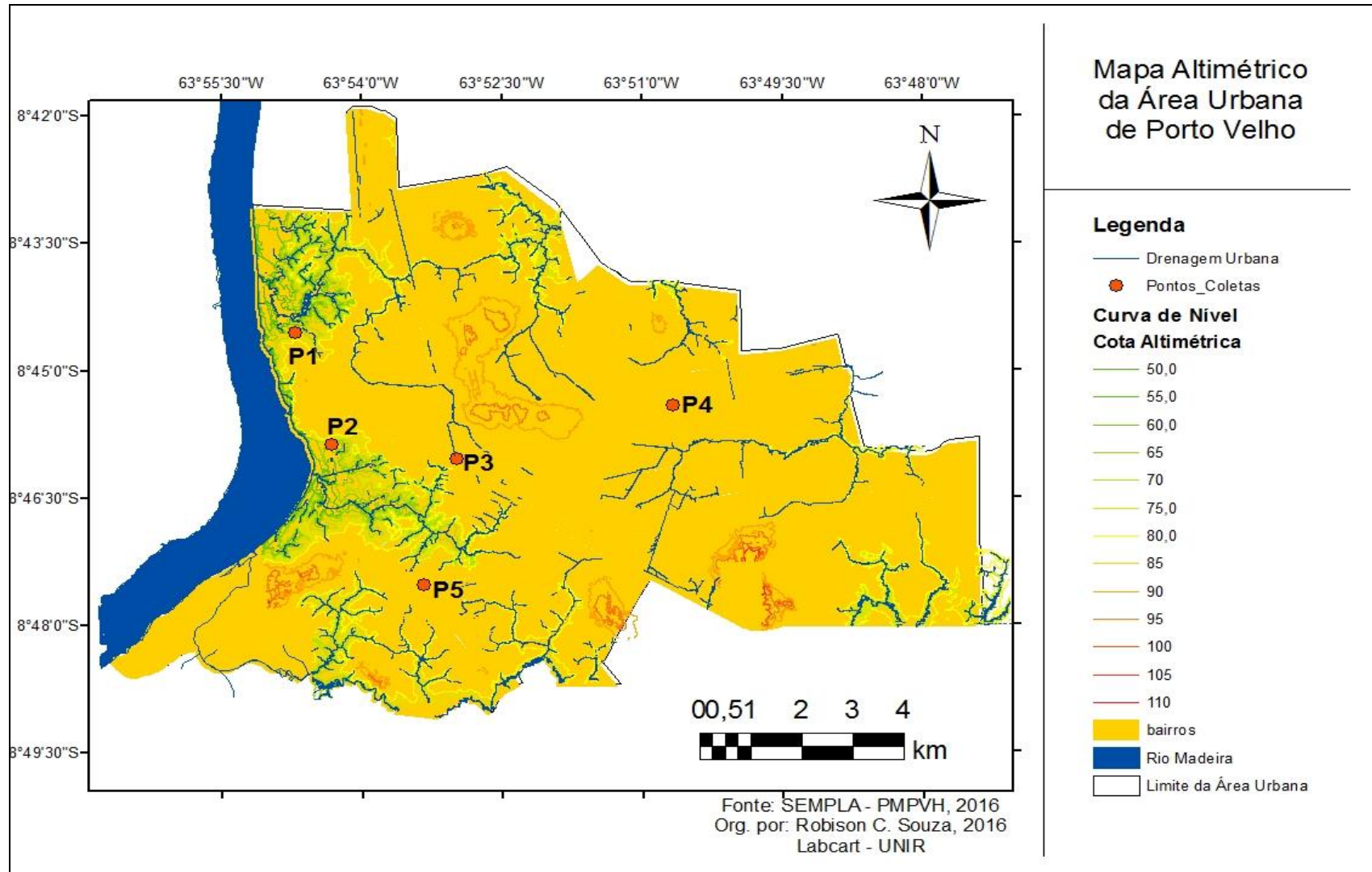


Figura 6 - Bloco Diagrama da Altimetria de Porto Velho



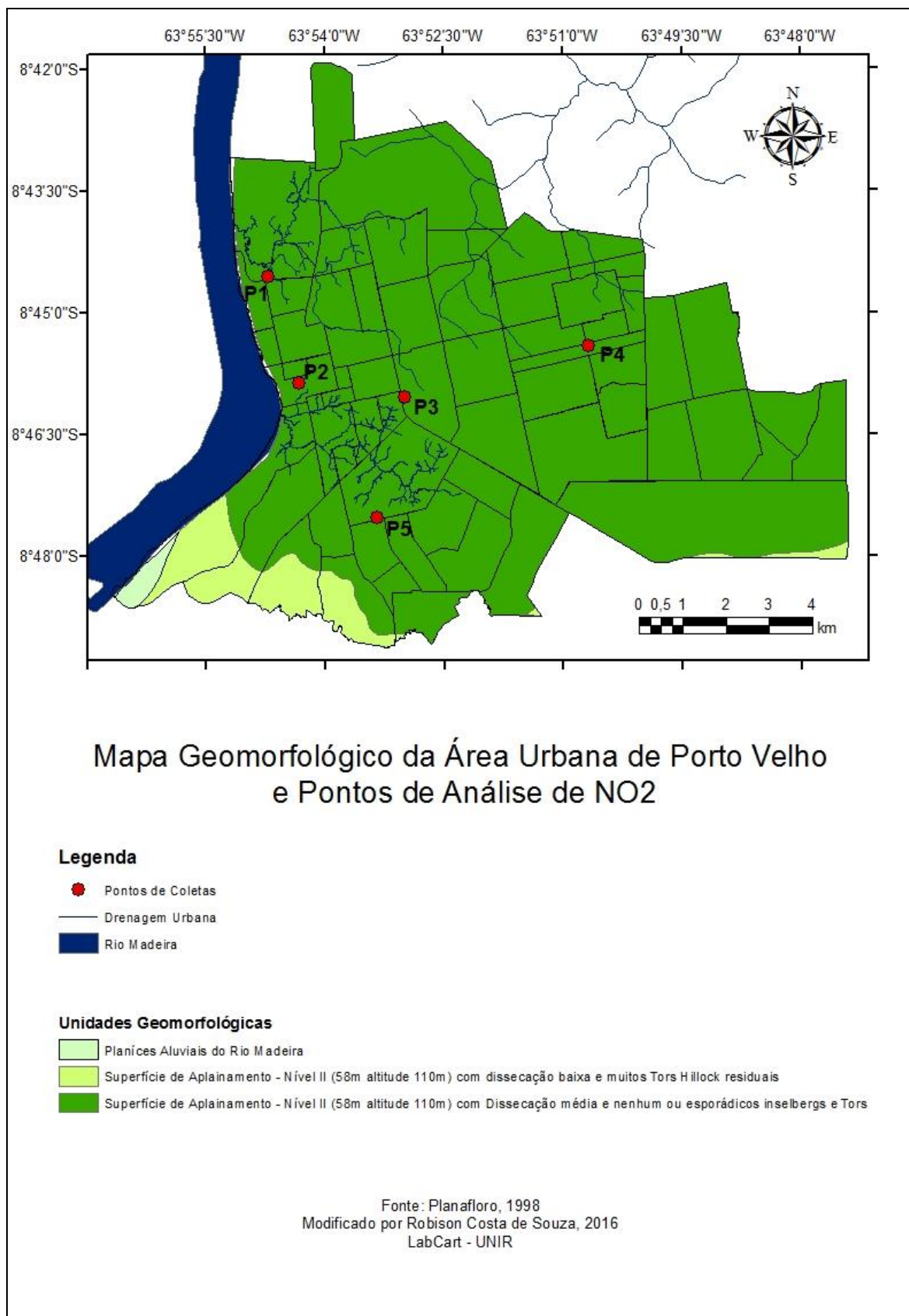


Figura 7 - Mapa Geomorfológico da Área Urbana de Porto Velho e Pontos de Análise de NO<sub>2</sub>

Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007) o relevo exibe três propriedades importantes que irão determinar o clima do local e nesse, são eles: posição, orientação de suas vertentes e declividade. A posição pode dificultar ou facilitar os fluxos de calor e umidade nas zonas. Como exemplo, podemos citar o caso das massas de ar polar e equatorial e o da umidade do Pacífico, onde, as massas de ar que atingem o Brasil por não encontrarem grandes obstáculos geográficos conseguem percorrer longas distâncias, como no caso das massas polares que atingem o Norte do Brasil vindo do Sul e das massas equatoriais originárias do Norte do Brasil e que chegam ao Sul do país. Diferentemente da umidade originária no Pacífico Oeste, que é contida pela Cordilheira dos Andes, impedindo sua entrada para o interior do Brasil.

Esse mesmo relevo que age diretamente no clima local irá interferir para a dispersão ou concentração de um determinado poluente atmosférico num determinado sítio, esta variável com auxílio das massas de ar poderá diminuir ou aumentar as concentrações dos poluentes em regiões de vale ou próximas a montanhas. Podendo facilitar a dispersão desses poluentes em locais com maior incidência de ventos e que não disponha de rugosidades significativas.

#### **1.4 - HIDROGRAFIA - BACIAS URBANAS**

Porto Velho está inserida na grande bacia hidrográfica amazônica, haja vista o seu principal rio, o Rio Madeira ser tributário do Rio Amazonas. A bacia hidrográfica do Rio Madeira abrange uma área total de 31.422,1525 km<sup>2</sup>, ocupando posição de principal afluente do Rio Amazonas da margem direita (RONDÔNIA, 2002).

Rio Madeira: trata-se do principal afluente do rio Amazonas, tanto em vazão líquida como em carga de sedimentos. Apresenta um traçado retilíneo face ao controle estrutural N-S e NE-SW até próximo a Porto Velho, com planícies aluviais assimétricas e variáveis em extensão; em seguida assume um caráter meandrante com planícies aluviais amplas e repletas de feições associadas, como canais abandonados, lagos, áreas alagadiças, diques marginais, barras e outras feições, com aluviões espessos. (RONDÔNIA, p. 52, 2002).

A área urbana de Porto Velho tem como principais bacias hidrográficas a do Igarapé Belmont, a do Igarapé dos Tanques, do Bate Estaca, do Tancredo Neves e a do Igarapé Grande. Todas essas bacias enfrentam impactos ambientais devido à ocupação irregular, ações estas que se desdobram em impactos ambientais e sociais.

Na figura 8, podemos observar toda essa drenagem dentro do espaço urbano portovelhense. As bacias das áreas mais centrais são as mais impactadas ambientalmente com formação de áreas de risco em face da ocupação ilegal das áreas de apps na cidade, conforme será discutido mais a frente.

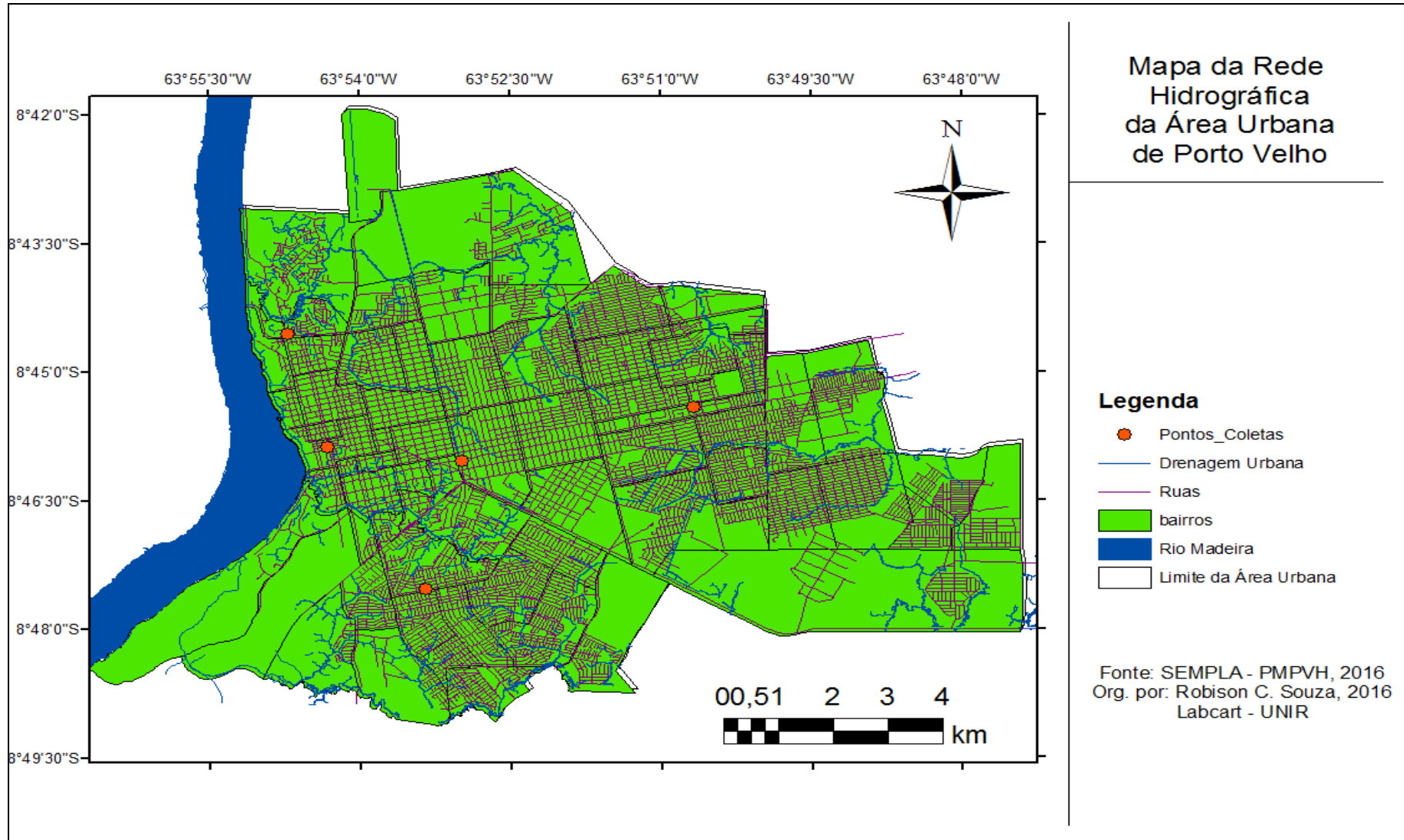


Figura 8 - Mapa Hidrográfico da Área Urbana de Porto Velho

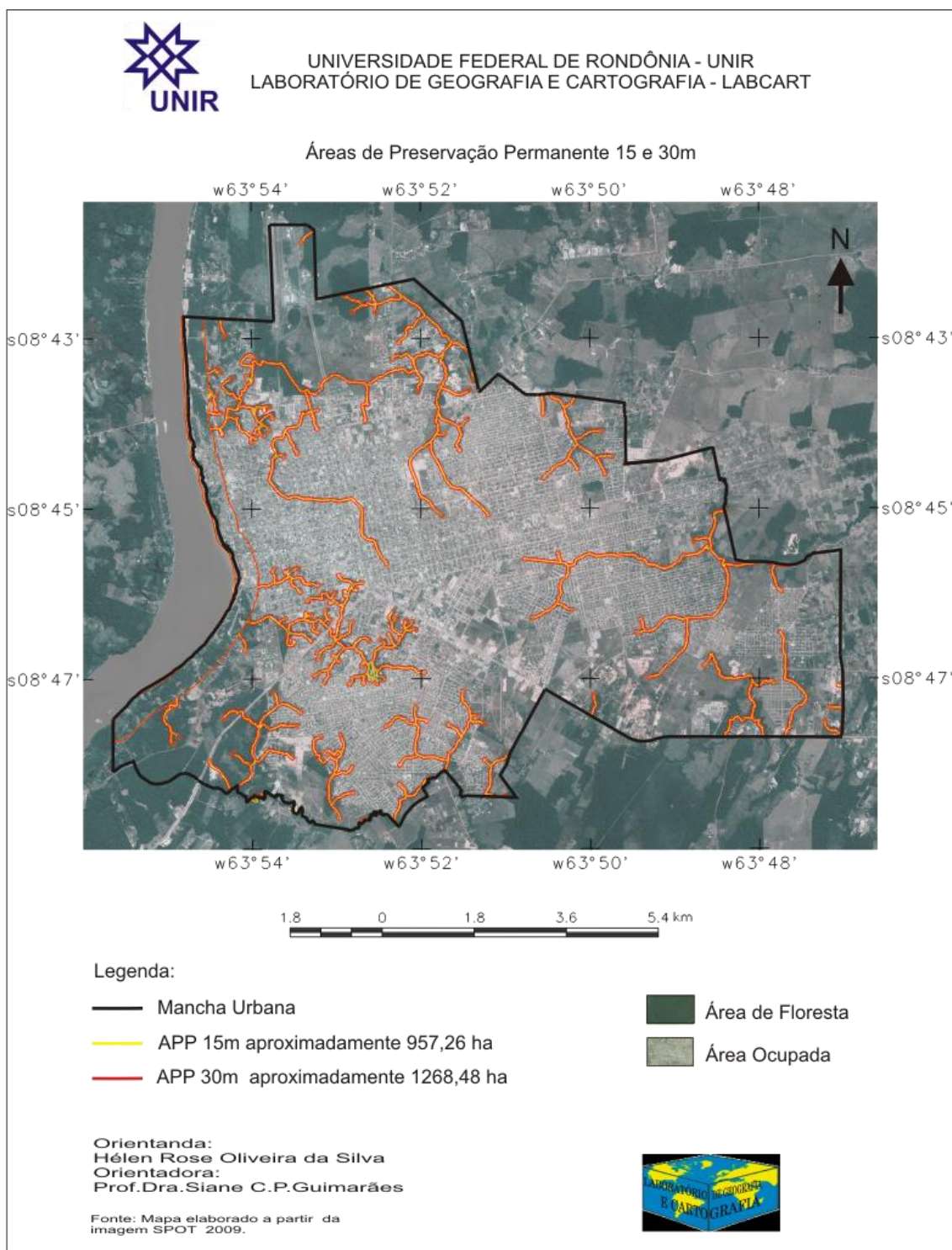
## 1.5 - VEGETAÇÃO E USO DA TERRA EM PORTO VELHO

Quanto à classificação de sua vegetação, a cidade de Porto Velho está inserida no grande bioma Amazônico. De acordo com o Atlas Geoambiental de Rondônia (RONDÔNIA, 2002) a cobertura vegetal da área da cidade de Porto Velho era composta por espécies da Floresta Ombrófila Aberta de Terras Baixas de relevo plano a suavemente ondulado não ultrapassando 100 m de altitude, caracterizada por ter uma descontinuidade em seu dossel, permitindo assim que os raios solares penetrem as camadas mais baixas contribuindo para regeneração das espécies, seus troncos possuem estratos com 30m de altura, algumas das espécies presente nesse tipo de floresta são: babaçu (*Orbgynia phalerata*), patuá (*Jessenia bataua*), cedro (*Cedrella odorata*), ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia*).

Assim como em diversas áreas urbanas do Brasil, em Porto Velho os poucos resquícios de vegetação sofrem cada vez mais pressão diante do crescimento urbano desordenado.

De acordo com Silva (2014) as totalidades das áreas de preservação permanente no perímetro urbano de Porto Velho deveriam ser de 1267,03 ha, no entanto, deste total atualmente 635,04 ha encontram-se desmatadas, conforme pode ser visualizado na figura 9.

Para a proteção e fiscalização da vegetação em áreas de proteção, o mecanismo que deve ser utilizado pelo Município é o seu Código Municipal de Meio Ambiente, Lei Complementar n. 138 de 28 de Dezembro de 2001, que em seu capítulo XII, discorre sobre as Áreas de Interesses Ambientais. De acordo com o Código Ambiental de Porto Velho, essas áreas são caracterizadas para que sejam asseguradas a boa qualidade ambiental, de vida, saúde e na melhoria dos microclimas, ainda, a vegetação é um dos importantes agentes de controle da poluição do ar (PORTO VELHO, 2001).



**Figura 9 - Mapa de Vegetação da área urbana de Porto Velho**  
 Fonte: Helen Silva, 2014

De acordo com o Código Municipal de Meio Ambiente de Porto Velho, em seu artigo 102, são consideradas Áreas de Interesses Ambientais, independentemente de declaração do poder público, as seguintes:

- I - as Unidades de Conservação e de Domínios Privados
- II - as Áreas de Preservação Permanente
- III - as Áreas Verdes e de espaços públicos, compreendendo:
  - a) praças; b) os mirantes; c) as áreas de recreação; d) as áreas verdes de loteamento ou parcelamento do solo urbano; f) as áreas decorrentes do sistema viários (canteiros, laterais de viadutos e áreas remanescentes); g) as paisagens cênicas e o patrimônio cultural
- IV - as Praias Fluviais
- V - os Fragmentos Florestais Urbanos. (PORTO VELHO, p. 40-41, 2001)

Nesse contexto podemos verificar a obrigação do poder público para a proteção da vegetação urbana.

Em Porto Velho, remanescentes florestais são encontrados em diversas partes da cidade tais como no Parque Natural da Cidade, e em parte das áreas de preservação permanente do Canal dos Tanques, Bate-estacas e do Belmont. Aparecem modificadas nas praças e áreas verdes de condomínios. Nota-se a redução dos fragmentos florestais espalhados pelo seu espaço anualmente.

O crescimento desordenado pelo qual a cidade passou e passa atualmente com ocupações de áreas que deveriam ser de proteção como as áreas verdes e áreas de preservação permanente têm provocado esse grande problema social urbano com a ampliação de áreas de risco.

Com esse crescimento desordenado e a dificuldade do acesso à moradia de uma parte da população, estes findam por ocupar essas áreas de interesse ambientais, trazendo danos ao meio ambiente e preocupação para o gestor público, haja vista que moradias são construídas em locais de risco de alagamentos e susceptíveis a movimento de massas (desbarrancamento).

A vegetação tem um papel de grande importância na melhoria da qualidade do ar, pois segundo Moreira (2010) e seus estudos realizados para mensurar os níveis de poluição absorvido pela vegetação urbana da cidade de São Paulo, esta autora conseguiu comprovar a eficiência da vegetação no seu funcionamento como um biomonitor de baixo custo. Os poluentes analisados pela autora foram os principais lançados pela frota veicular da cidade, a autora

realizou essas análises a partir de coletas extraídas das árvores localizadas no Parque Ibirapuera *hot sport* que possui uma localização privilegiada por se tratar de uma floresta urbana, encravada na maior cidade brasileira, comprovando sua eficiência para minimizar a poluição nas adjacências do Parque.

Walker *apud* Almeida (1999) também demonstrou como a vegetação pode ser de grande utilidade no auxílio para minimizar os prejuízos causados pela poluição do ar, neste caso voltado para a poluição provocada pelo Material Particulado em áreas de mineração, este poluente é apresentado como o mais indesejável, pois este tipo de poluição pode ficar em suspensão em um determinado ponto por um longo período. Ainda estes autores apresentam como alternativa para minimizar os efeitos provocados por esse material a plantação de vegetação nas proximidades das fontes emissoras. Essa técnica além de reduzir a poluição também irá restabelecer ou criar o ecossistema local.

Diante dos expostos, fica claro a necessidade de se preservar cada vez mais os remanescentes florestais, áreas de preservação permanentes, áreas verdes e a fins da cidade de Porto Velho, visto que na literatura científica já tem sido comprovado a sua eficiência na retenção e melhoria do ambiente.



## **CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 - A PEGADA DO HOMEM SOBRE A TERRA**

Com o desenvolvimento da sociedade, o homem enquanto espécie pôde realizar alterações tão grandiosas no espaço e de forma tão rápida como nenhuma outra espécie que já viveu sobre a Terra, teve e talvez, jamais terá a mesma capacidade de realizar tais feitos. "O homem, esse fazedor de paisagem somente existe porque ele é membro de um grupo que em si mesmo é um tecido de técnicas" (GOUROU 1973 *Apud* SANTOS 2006, p. 19).

Alterações essas que segundo Claval (2002) nos apresenta a partir do olhar geográfico e como os geógrafos devem analisar as transformações realizadas pelo homem na superfície terrestres:

A ação humana transforma a superfície da Terra. As combinações de aspectos naturais e de artefatos que vão surgindo, muitas vezes são notavelmente estáveis: os geógrafos traçam a gênese das paisagens agrárias; descrevem as estruturas regionais que se instalam. Trata-se de regiões geográficas quando as atividades humanas se inscrevem nos quadros desenhados pelas regiões naturais, as regiões agrícolas, industriais, turísticas, históricas ou, caso contrario, de regiões polarizadas. (CLAVAL, p. 15, 2002)

Essas transformações realizadas pelo homem no espaço somente foram possíveis a partir da sua própria evolução, da ciência, das técnicas compreendidas por seus predecessores, que serviu como base para os grandes feitos humanos. Essa constante construção humana sobre o espaço, mostra como este ator diante dos diversos entraves enfrentados ao longo de sua jornada sobre a Terra pôde dribla-los para que pudesse continuar progredindo como espécie dominante, diferentemente de outras espécies que aqui viveram, mas pereceram diante de adversidades que tiveram que enfrentar.

Sobre esses avanços do homem sobre o espaço, nos apoiamos no arcabouço epistemológico geográfico das palavras de Milton Santos (2006), para expor como a técnica através da ciência contribuiu para que o homem pudesse (re)criar e modificar o espaço. Para este autor "as técnicas são um conjunto de meios instrumentais e sociais, com os quais o homem realiza sua vida, produz e, ao mesmo tempo, cria espaço" (SANTOS, 2006, p. 16).

Ao ocupar lugares antes hostis, a população humana cresceu significativamente, tal fato só foi possível por meio da ciência e o desenvolvimento dessas novas técnicas e tecnologias, pois com o crescimento populacional a humanidade pode desenvolver-se ao ponto de tornar diversos espaços antes anecúmeno em ecúmenos por meio de suas técnicas empregadas na criação de ferramentas, domesticação de animais, plantas e conhecimento sobre o clima, as mares, o conhecimento do seu território, lugar, sobre o seu espaço de vivência.

## 2.2 - O DESENVOLVIMENTO DAS CIDADES

O homem enquanto ser modelador do espaço sempre procurou por meios, artifícios que pudesse facilitar ao máximo sua vida.

Ocorre que a partir do século XVIII, tais inovações mudaram significativamente a vida nas cidades, transformando-as consideravelmente (Gráfico 1), até chegar à maneira como a conhecemos hoje, com grandes concentrações de pessoas em um determinado espaço e todos os problemas gerados por essas aglomerações (HOBSBAWM, 2016).

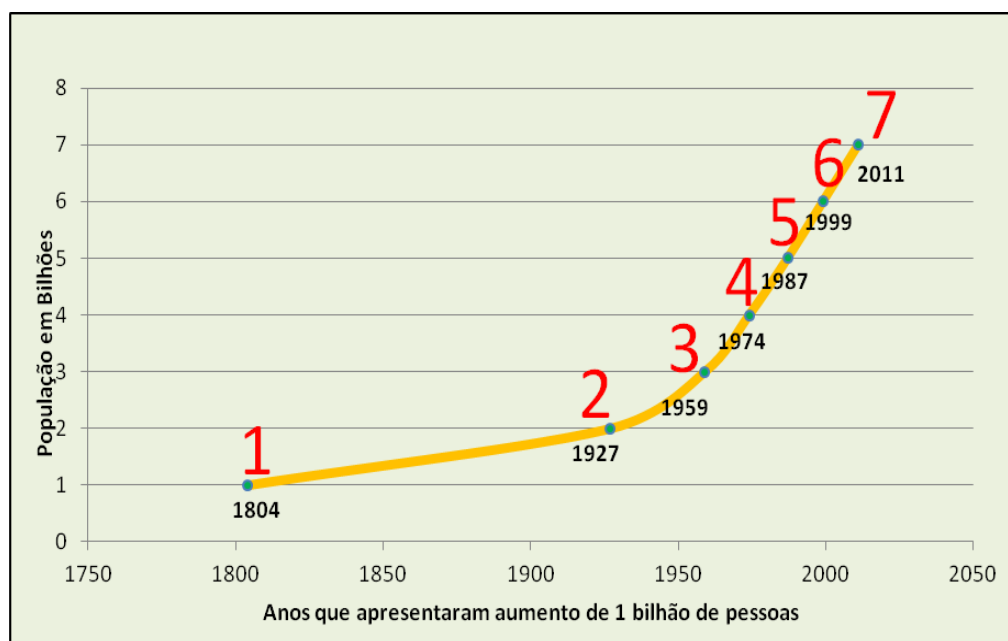


Gráfico 1 - Crescimento da População Mundial  
Fonte: UNFPA (2011)

Essa mudança da forma de ocupação do espaço se deu de maneira discreta num primeiro momento, com as primeiras migrações do campo para as

idades iniciadas com o desenvolvimento da urbe e das benfeitorias nela presente, acentuando-se durante século XX. Primeiramente, houve o crescimento populacional, posteriormente ocorreram os movimentos populacionais que levaram pouco mais de 200 anos para que a população urbana ultrapassasse a rural (Gráfico 2).

Desenha-se uma mudança significativa no estilo de vida humano num curto período de tempo, quando se visualiza que nos últimos dez mil anos o homem foi essencialmente um morador do campo, mudando esse *status* em pouco tempo.

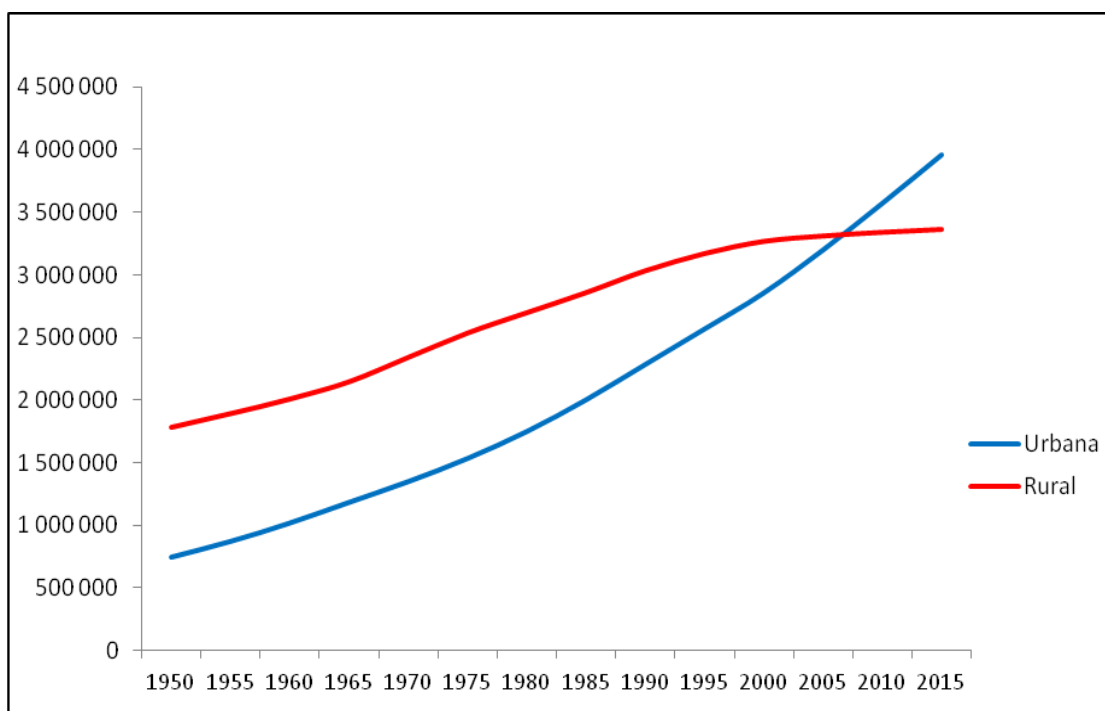


Gráfico 2 - Desenvolvimento da População Rural e Urbana no Mundo, 1950 – 2015  
Fonte: ONU (2015)

Atualmente uma grande parcela da população mundial vive em centros urbanos, fato alcançado no ano de 2007, segundo o Relatório Perspectiva da Urbanização Mundial da ONU, onde a marca da população urbana chegou a 54% dos habitantes vivendo em áreas urbanizadas.

A sociedade ao iniciar esta jornada para um novo estilo de vida, o urbano, brota imediatamente a necessidade de abastecer esses moradores citadinos que não produzem seu próprio alimento, mas que passam a viver num espaço conhecido como Cidade, e continuam a depender dos produtos gerados no campo.

Com a sociedade tornando-se cada vez mais urbana foram necessários novas formas de (re)pensar e planejar esses espaços, para que pudessem comportar todo esse contingente que passou a fazer desse espaço o seu novo habitat, a cidade.

### **2.3 - A POLUIÇÃO DO AR E A GESTÃO AMBIENTAL**

O ser humano tem convivido cada vez mais em locais onde os níveis de poluição ultrapassam os padrões de qualidade. Estudar a poluição do ar ganha uma importância diante da nova realidade que nos é apresentada, onde os agentes que realizam os lançamentos de poluentes para a atmosfera nem sempre são monitorados, seja pela falta de órgão fiscalizador ou pela falta de equipamentos necessários para realizar a mensuração dos níveis dos poluentes.

Assim como os demais seres vivos são dependentes de diversos elementos que existem em nosso planeta, dentre os inúmeros elementos, o homem em média não consegue sobreviver mais do que 30 dias sem alimento, sem água pode aguentar até 4 dias, entretanto não suporta mais que 3 minutos sem respirar (ABRIL, 2005).

Essa dependência nos mostra quão a sociedade está vulnerável diante de um cenário onde as mudanças da qualidade do ar têm preocupado e afetado cada vez mais a qualidade de vida da população humana (Gráficos 3 e 4), da fauna, flora e também do meio físico.



Gráfico 3 - Principais Problemas ambientais do Mundo

Fonte: (BRASIL, 2012. p. 16)

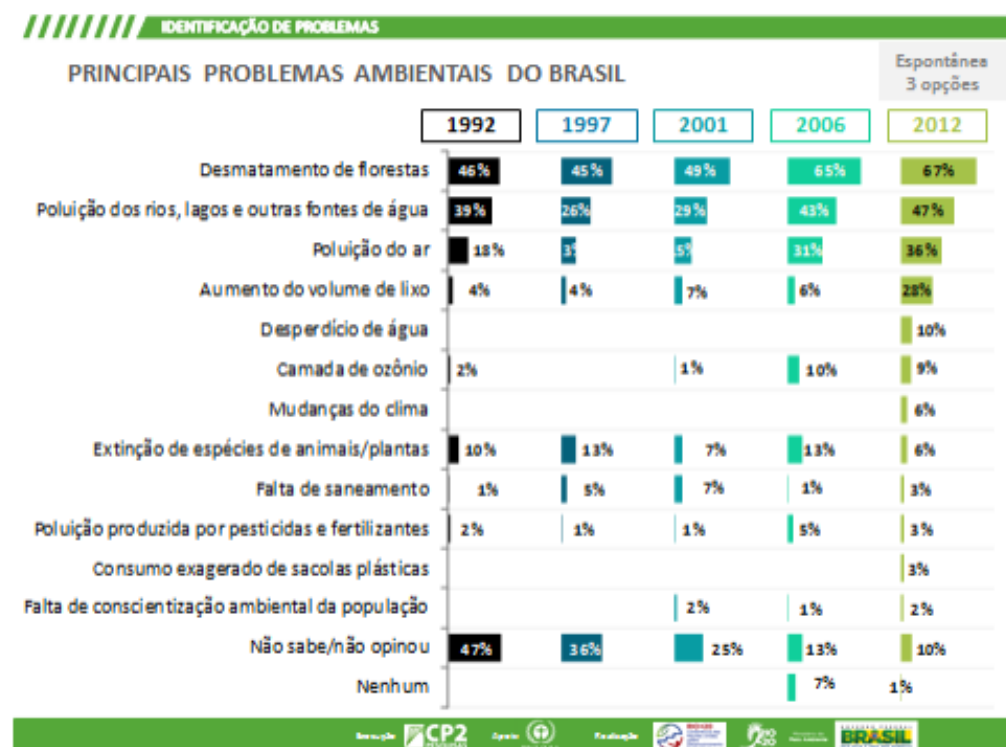


Gráfico 4 - Principais Problemas Ambientais do Brasil

Fonte: (BRASIL, 2012. p. 16)

Nos gráficos apresentados percebemos a crescente preocupação da população com a poluição do ar. No mundo está na casa dos 37%, no Brasil

esse item oscilou entre os períodos da pesquisa, mas teve um aumento de 36% em 2012.

Se computarmos apenas o item poluição do ar esses números já são preocupantes, porém quando nos debruçamos sobre o item com maior número de preocupação, o desmatamento de florestas, devemos ter em mente que dentro deste item também ocorrem às queimadas das florestas, tendo em vista que, as formas de modificação da terra no desmatamento nem sempre são apenas para a utilização da madeira, as outras formas de utilização da terra são para plantio, criação de animais, construções de empreendimentos, expansão urbana, dentre outros, e em quase todos esses quesitos a utilização de queimadas se faz presente.

Essa preocupação da população mundial não somente com as questões ambientais se deve pelas constantes divulgações de estudos realizados em diversos países e por diferentes pesquisadores. O acesso a essas informações são hoje possíveis devido ao grande avanço nos meios de comunicações. Entretanto, para chegarmos ao estágio atual foram necessários anos de desenvolvimento tecnológico e pesquisa. Visto que no passado para se obter informações sobre a qualidade do ar era difícil devido à falta de equipamentos que pudessem mensurar a qualidade do ar, ocasionando em eventos críticos de poluição do ar, Tabela 1.

Local	Ano	Evento	Principal Poluente	Nº de Vítimas
Londres - ING	1873	Eventos críticos de poluição do ar, relacionados ao <i>fog</i> , pela queima de combustíveis fósseis	SO <sub>2</sub>	650
Meuse Valley – BEL	1930	Inversão de temperatura, ocasionada pelas emissões das indústrias da região	SO <sub>2</sub>	63
Poza Rica – MEX	1950	Emissão de compostos de enxofre por indústria local	H <sub>2</sub> S	22
Bauru - BRA	1952	Dispersão de pó de sementes de mamona utilizado em fábricas locais	Pó de Mamona	9
Londres - ING	1991	Queima de combustíveis fósseis	Smog	1700

Tabela 1 - Acontecimentos Graves Gerados Pela Poluição do Ar no Mundo  
Fonte: (VIEIRA, 2009) e (DERISIO, 2012)

Em se tratando de lançamentos atmosféricos realizados pelos diversos países, o Brasil ocupa o quarto lugar entre os que mais emitem gases de efeito estufa - GEE.

Referente à gestão e ao monitoramento ambiental a CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo é referencia no país.

A CETESB apresenta algumas classificações para auxiliar na descrição das fontes de poluição. Primeiramente quanto a sua gênese, pois podem ser classificadas como naturais ou antrópicas. Nas naturais destacam-se os vulcões, incêndios naturais de florestas; já as provocadas pelo homem podemos citar as fábricas, queimada de florestas e queima de combustíveis fósseis. Ainda, quanto às fontes, elas podem ser fixas ou móveis: entre as fontes fixas podemos citar fábricas e termoelétricas; nas fontes móveis podemos citar carros, navios e aviões.

Os poluentes são classificados de acordo com o seu estado físico em materiais particulados ou gases. Os poluentes também são rotulados como primários ou secundários, os primários são emitidos diretamente para a atmosfera, os secundários surgem das reações dos primários com os gases encontrados na atmosfera.

Os veículos automotores se destacam lançando os seguintes gases para a atmosfera: Monóxido de Carbono, Dióxido de Nitrogênio, Enxofre, Óxido Nitroso, Hidrocarbonetos e Material Particulado. O potencial ofensivo dos veículos automotores variam conforme o tipo de combustível que é utilizado. Os veículos à diesel são mais danosos ao meio ambiente, visto que as quantidades dessas substâncias emitidas na atmosfera são bem maiores que os emitidos pelos demais veículos movidos com outros combustíveis.

Voltando esse monitoramento para escala nacional, as duas principais fontes das emissões desses gases que acontecem no Brasil, provêm da queima de combustíveis fósseis e alteração no uso e ocupação da terra na Amazônia com desmatamento e queimadas. Somente a Região Amazônica contribui com 61%, do total dos lançamentos de GEE (IPAM, 2011) conforme apresentado na figura 10, sobre o número de focos de incêndio na Amazônia no período entre janeiro a agosto de 2015.

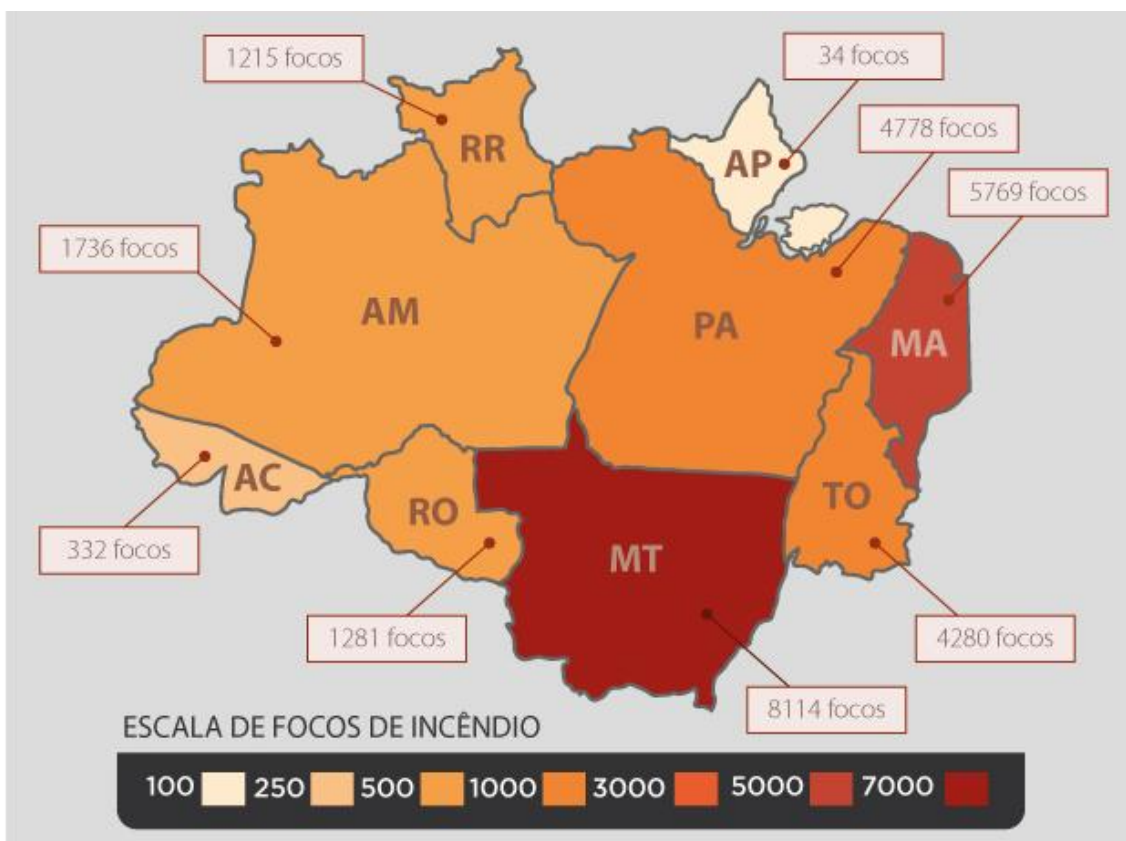


Figura 10 - Mapa de Focos de Incêndio na Amazônia Legal entre Janeiro e Agosto de 2015

Fonte: Portal Amazônia (2015)

Vivemos num cenário em que a Amazônia é consumida pelas queimadas, onde o Estado do Mato Grosso lidera a lista e o Maranhão mesmo sendo da Região Nordeste, mas está numa faixa de transição entre a Amazônia e a Caatinga e aparece na segunda colocação dos Estados da Amazônia Legal.

Ainda neste levantamento realizado pelo Portal Amazônia (2015) a cidade com maior número de focos de incêndio é São Felix do Xingu - PA com 646 focos, e o único Município rondoniense entre os 10 com mais focos de incêndios registrados foi Porto Velho, aparecendo na 8ª posição, com 424 focos no período deste levantamento, Portal Amazônia (2015).

Diante desse grave cenário amazônico, não podemos abrir mão da preocupação com as questões locais, onde emissões diárias de gases causam impacto direto no meio ambiente e principalmente na saúde humana. Os órgãos públicos ambientais de todas as esferas (federal, estadual e municipal) precisam buscar combater as práticas que causam a poluição atmosférica, agindo por meio de fiscalização e autuações para quem desrespeita a



legislação, com o intuito de garantir uma melhor qualidade de vida para a população das áreas urbanas e da rural.

## **2.4 - PROBLEMAS DE SAÚDE RELACIONADOS À POLUIÇÃO DO AR**

A poluição do ar nos dias atuais já é responsável por grandes problemas, sejam eles de saúde para os seres humanos, a fauna e a flora, também para o meio físico. Na literatura, incontáveis são os estudos sobre as consequências de um ambiente onde o ar não se apresenta em níveis minimamente aceitáveis.

Nos estudos da qualidade do ar são apresentados dados sobre os efeitos dos poluentes sobre a saúde humana, sendo assim, Baird (2002) discorre sobre experimentos em grande escala onde a população de um determinado local sejam as verdadeiras "cobaias", devido as grandes exposições de poluentes a qual estamos expostos. Os dados para o desenvolvimento desse tipo de trabalho podem ser obtidos através dos órgãos de saúde da União, Estados e Municípios, através de informações sobre o número de pessoas acometidas de doenças respiratórias ou que tenham uma doença preexistente agravada devido às péssimas condições do ar.

Segundo estudo da Organização Mundial de Saúde - OMS, lançado em 2016, mostra que 25% das mortes no mundo estão sendo causadas por condições ambientais ruins, ainda, segundo esta agência da Organização das Nações Unidas - ONU, por ano mais de 12 milhões de pessoas perdem suas vidas vítimas de enfermidades relacionadas às péssimas condições de meio ambiente, nesse cenário dentre as principais doenças responsáveis por essas mortes estão: diversos tipos de câncer, doenças cardíacas e derrames. (CICLOVIVO, 2016)

Na tabela 2 apresentam-se as principais substâncias emitidas para atmosfera, seus danos para a saúde humana, meio ambiente e principais características.

Poluente	Características	Principal Fonte	Danos ao ambiente	Danos a saúde Humana
Material Particulado (MP <sub>10</sub> )	Partículas finas suspensas no ar cujo diâmetro é ≤ 10µm	Veículos automotores, indústrias, queima de biomassa	Contaminação do solo, dano à vegetação	Câncer no sistema respiratório, arteriosclerose, inflamações dos pulmões
Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	Poluente que na atmosfera pode dar origem a outros compostos: ozônio e ácido nítrico	Veículos, queima de biomassa	Chuvas ácidas, danos a vegetação	Problemas respiratórios, agravamentos de alergias
Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	Gás tóxico e incolor emitido por fontes naturais e antropogênicas	Vulcões, veículos, produção de papel e fertilizantes	Chuvas ácidas, corrosão de materiais	Aumento de internações hospitalares, agravamentos de doenças respiratórias
Monóxido de Carbono (MO)	Gás incolor, Resultante da combustão incompleta de combustíveis fosseis e biomassa	Veículos automotores	_____	Pode reduzir a quantidade de oxigênio no sangue e o seu transporte para os órgãos vitais do corpo
Ozônio (O <sub>3</sub> )	Oxidante fotoquímico surge da mistura de poluentes secundários	Produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os NOx	Plantações agrícolas e plantas ornamentais	Irritações das mucosas, encontrado na faixa próxima do solo é prejudicial ao homem

Tabela 2 - Principais Poluentes Atmosféricos e suas Características  
 Fonte: CETESB (2016), BRASIL (2016), DERISIO (2012) e VIEIRA (2009).

De acordo com a Organização das Nações Unidas - ONU, em estudos realizados no ano de 2012, haviam apresentado resultados mostrando que 88% da população mundial residentes nas cidades estavam expostas a poluição do ar, ainda, segundo a OMS mais da metade da população urbana estavam expostas a uma taxa de poluição 2,5 vezes os valores recomendados. (EBC, 2014)

Em 2014 a mesma OMS, em novo Relatório apresentou dados que por ano 7 milhões de pessoas morreram vítimas de problemas relacionados a poluição do ar, e que essas vítimas eram constituídas principalmente de moradores urbanos de países em desenvolvimento, dentre essas vítimas as mulheres e crianças foram as mais afetadas. (ESTADÃO, 2014).

## **2.5 – LEGISLAÇÕES BRASILEIRAS DA QUALIDADE DO AR**

No Brasil e em diversos países, vários mecanismos foram criados para tentar minimizar os danos ao meio ambiente, dentre os quais podemos citar: monitoramento, fiscalização, leis, normas, definição de padrões de qualidade ambiental, para enumerar algumas das alternativas.

Especificamente no Brasil a preocupação com a questão ambiental tem aumentado, entretanto, o que vemos atualmente é um mau aparelhamento dos órgãos responsáveis pela defesa do meio ambiente sejam eles órgãos das esferas Federal, Estadual e Municipal.

A Política Nacional do Meio Ambiente, Lei n. 6.938 de 31 de agosto de 1981, que define em seu artigo 3º inciso III, alíneas "a" a "e", o seguinte texto.

Entende-se por: poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos. (BRASIL, 1981)

Logo sobre a poluição do ar Santana *et al* (2012), a define como uma das grandes ameaças para a sociedade moderna:

A degradação da qualidade do ar representa um importante fator de ameaça à saúde humana, especialmente nos centros urbanos, tendo sido associada ao agravamento de doenças respiratórias, cardiovasculares e neurológicas, especialmente em crianças e idosos. Estudos também indicam a correlação entre a exposição a alguns poluentes e a ocorrência de diferentes tipos de câncer (WHO, 2000 e 2006; Pereira *et al.*, 2011, California Air Resources Board, 2011, Gouveia *et al.*, 2006,

Brunekreff, 2012, Olmo *et al*, 2011, Miranda *et al.*, 2012). Os impactos da poluição atmosférica sobre os ecossistemas também merecem atenção. A deposição dos poluentes atmosféricos nas plantas pode levar à redução da sua capacidade de fotossíntese, provocando, por exemplo, queda da produtividade agrícola. A acidificação das águas da chuva e da poeira contaminando os recursos hídricos, os biomas aquáticos e o solo, também são uma consequência da introdução antrópica dos poluentes na atmosfera. (SANTANA *et al*, 2012, p.12)

Para o CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, os padrões de qualidade do ar e de poluente atmosférico são definidos no artigo 1º e seu parágrafo único, da Resolução Nº 03 de 1990, como:

Art. 1º - São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Parágrafo Único - Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar: I - impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; II - inconveniente ao bem-estar público; III - danoso aos materiais, à fauna e flora; IV - prejudicial à segurança. ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Diante desse contexto, o CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, criado pela Lei n. 6.938 de 1981, é a entidade consultiva e deliberativa do SISNAMA - Sistema Nacional de Meio Ambiente, ambas entidades criadas para dar suporte as políticas ambientais brasileiras sob a tutela do Ministério do Meio Ambiente - MMA.

Compõe o Conama cinco setores, são eles: órgãos federais, estaduais, municipais, sociedade civil e setor empresarial. Este conselho já publicou diversas resoluções elencando padrões de qualidades ambientais, onde se destaca as resoluções que tratam sobre a poluição atmosférica, conforme a tabela 3:

<b>Resolução Conama</b>	<b>Descrição da Resolução</b>
Nº 18 de 1986	Cria o PROCONVE - Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores
Nº 5 de 1989	Cria o PRONAR - Programa Nacional de Poluição do Ar
Nº 03 de 1990	Estabelece padrões da qualidade do ar e os poluentes atmosféricos
Nº 382 de 2006	Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas
Nº 8 de 1990	Dispõe sobre os limites máximos de emissão de poluentes no ar para processo de combustão externa de fontes fixas de poluição
Nº 242 de 1998	Versa sobre os limites de emissão de material particulado para veículo leve comercial

Tabela 3 - Resoluções Conama que tratam sobre poluição do ar

Fonte: Conselho Nacional do Meio Ambiente

No âmbito do Estado de Rondônia, as leis que tratam da questão da poluição atmosférica são as seguintes:

- Lei n. 547 de 30 de Dezembro de 1993, que irá dispor sobre o SEDAR - Sistema Estadual de Desenvolvimento Ambiental de Rondônia, nesta Lei também são estabelecidas as medidas para proteção e para a melhoria da qualidade do meio ambiente. A Lei n. 547/1993, apresenta as mesmas definições para poluição do ar apresentadas pelos órgãos federais, criará mecanismos para o controle de diversos tipos de poluição entre elas a poluição atmosférica.
- Decreto n. 7.903 de 01 de julho de 1997, que regulamenta a Lei n. 547/1993, e traz em seu corpo disposições sobre proteção, recuperação, controle, fiscalização e melhoria do meio ambiente para o Estado de Rondônia. Neste Decreto pode-se perceber de forma mais específica o detalhamento quanto à poluição atmosférica, pois nele há uma seção de que trata somente da poluição do ar.

O Decreto n. 7.903 dividiu o território de Rondônia em seis Regiões de Controle de Qualidade do Ar - RCQA, onde Porto Velho está inserido na RCQA -

1, que abrange Porto Velho, Guajará-mirim, Candeias do Jamari, Nova Mamoré e Jamari.

O Decreto n. 7.903 também trata sobre as proibições de queimadas, e demais atividade que possam lançar materiais para atmosfera que estejam em desconformidade com as normas. Apresenta alguns padrões de qualidade do ar para o Estado. Os poluentes elencados neste Decreto são: material particulado, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e oxidantes fotoquímicos.

Relativo ao município de Porto Velho, a carta magna ambiental é o Código de Meio Ambiente do Município de Porto Velho:

- Lei Complementar n. 138 de 28 de Dezembro de 2001, que institui: a política municipal de meio ambiente; o sistema municipal de meio ambiente; os instrumentos da política ambiental municipal; trata sobre a educação ambiental; versa sobre o controle ambiental, definindo normas e parâmetros para o controle da poluição em Porto Velho. Nesta secção tem um capítulo específico sobre o ar e as emissões atmosféricas; e outra secção específica sobre as penalizações para quem vier a descumprir as normas deste Código Ambiental.

Sobre as emissões atmosféricas, o Código Ambiental de Porto Velho, referenda que as normas a serem seguidas no território de Porto Velho são as estabelecidas nas diversas Resoluções do Conama em âmbito federal e também pelas normas Estaduais existentes. Estabelece que devem sempre ser observados todos os procedimentos a fim de minimizar os impactos que possam causar poluição do ar.

Esses são alguns dos mecanismos à disposição dos entes do Estado brasileiro na tentativa de minimizar os lançamentos de gases poluentes para atmosfera e que contribuem para prejudicar a saúde dos moradores de Porto Velho.

## **CAPÍTULO 3 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Neste estudo foram utilizadas duas metodologias para realizar o diagnóstico ambiental da qualidade do ar em Porto Velho:

1. A primeira utilizando a escala de Ringelmann para mensurar a cor da fumaça dos ônibus urbanos;
2. A segunda utilizando amostradores passivos para analisar as concentrações de dióxido de nitrogênio da área urbana;

### **3.1 - EQUIPAMENTOS DE AMOSTRAGEM DA QUALIDADE DO AR**

Diante das inúmeras fontes de poluição do ar já apresentadas neste trabalho, sejam elas naturais ou antropogênicas, fica claro que os mecanismos para detecção de tais poluentes precisam ser os mais eficazes, devido a quantidade de vidas que estão em jogo.

Para a detecção dos poluentes atmosféricos existem diversos equipamentos, que conforme Frondizi (2008), são: escala de Ringelmann, medidor de cor de fumaça; Botijões SUMMA, utilizado para hidrocarbonetos e orgânicos voláteis; AGV - Amostrador de Grandes Volumes, utilizado para detecção de partículas totais em suspensão; há também a detecção realizada por estações móveis, onde um veículo é adaptado para realizar as medições em diversos pontos (FRONDIZI, 2008).

Quanto à detecção dos níveis de concentração de determinado poluente no ar existem dois tipos de equipamentos. São eles os que se utilizam da forma ativa e os amostradores passivos:

- O amostrador ativo realiza essa amostragem captando o ar através de uma bomba de sucção e realizando a leitura dos dados, nesse processo faz-se necessário a utilização de energia elétrica para o funcionamento dos equipamentos.
- No amostrador passivo não necessita energia elétrica para coletar as amostras de um determinado gás, pois segundo Melchert e Cardoso (2006) essa coleta é feita através do fenômeno da difusão molecular, onde:

A difusão molecular é resultante do movimento casual das moléculas, que ocorre no meio onde o gás se encontra estagnado. Como consequência deste movimento molecular, existe uma tendência natural dos gases de ocuparem com a mesma concentração o volume do recipiente em que ele se encontra (MELCHERT E CARDOSO, 2006, p. 365)

Desse modo a difusão acontece quando há o movimento de um determinado gás, onde sua concentração é maior para uma área, local ou recipiente. Onde há uma menor concentração desse gás, esse movimento acontece até que haja o equilíbrio do gás nos dois ambientes. No exemplo abaixo as bolinhas azuis representam um determinado gás que tende a manter o equilíbrio num determinado recipiente com a retirada ou transposição da barreira por um determinado gás (figura 11).

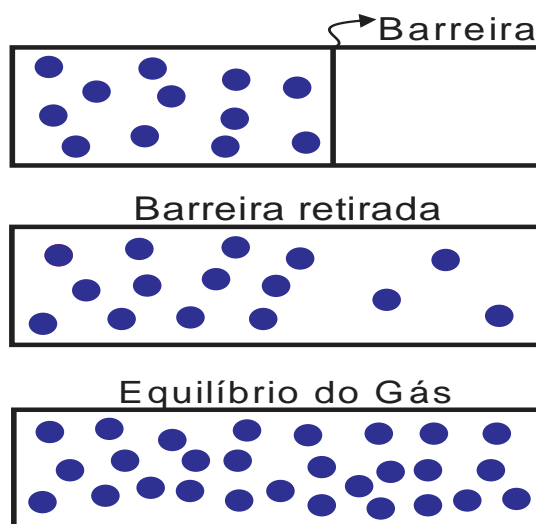


Figura 11 - Modelo Esquemático da Difusão Molecular

Como aspectos positivos e negativos desses dois tipos de equipamentos, os ativos e passivos, destaca-se:

- Na amostragem ativa, os pontos positivos são que os resultados podem ser obtidos no local, maior precisão da concentração do poluente, quantificação dos níveis de poluentes num curto período de tempo dependendo da configuração do equipamento, podendo quantificar os picos de poluição no dia. Como negativo tem-se que esse tipo de amostragem apresenta elevados custos dos equipamentos, manutenção, equipe técnica especializada e uma fonte de energia constante para seu funcionamento.



- No caso dos equipamentos passivos os pontos positivos são: o custo é infinitamente menor, podendo ser utilizado em diversos locais, mesmo onde não há fonte de energia elétrica, por não precisar dela para seu funcionamento, sendo necessário apenas um receptor para armazenar os filtros que realizaram a absorção dos gases, fácil manutenção, podendo servir como indicador de uma futura estação para monitoramento da qualidade do ar. Como negativos desse tipo de amostragem, destaca-se que, por se um tipo de amostragem qualitativa, não é possível indicar um pico de poluição num determinado período do dia, na medida em que eles conseguem mensurar apenas a concentração de determinado poluente num longo período de tempo, não tendo respostas rápidas como os de forma ativa.

### **3.1.1 - Escala de Ringelmann**

A metodologia da escala de Ringelmann foi desenvolvida para analisar visualmente a cor da fumaça expelida pelas chaminés das residências na Europa a partir do final do século XIX, sendo registrado como a primeira ferramenta para fiscalizar e monitorar a poluição do ar (VIEIRA, 2009). Atualmente, vem sendo uma ferramenta de uso para monitorar veículos à diesel e também fontes fixas que expelem grandes quantidades de fumaça negra para atmosfera.

Segundo Souza *et al* (2016) o cartão reduzido da escala de Ringelmann vem sendo utilizada como mais uma ferramenta para o monitoramento de veículos do ciclo diesel em diversas cidades do Brasil, podemos destacar estudos já realizados, por Carvalho (2007) em Campinas, no monitoramento dos ônibus urbanos e ainda o de Rodrigues *et al.* (2013) em Maceió, estes trabalhos tiveram como objetivo analisar a fumaça da frota dos ônibus urbanos.

No Brasil as legislações que dão suporte a sua utilização são: Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981; Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993; Portaria MINTER nº 100 de 14 de julho de 1980; Portaria IBAMA nº 85 de 17 de outubro de 1996; Portaria do Denatran nº 38 de 01 de abril de 2014 e Código Municipal de

Meio Ambiente de Porto Velho, Lei Complementar n. 138 de 28 de Dezembro de 2001.

### 3.1.2 - Amostradores Passivos

Inicialmente, esse tipo de equipamento foi utilizado para monitoramento em ambientes de trabalho. Atualmente, vem sendo utilizado em pesquisas acadêmicas e sua utilização já se mostrou eficaz para detecção do NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, para elencar apenas alguns dos gases.

Segundo Cruz (2002) a primeira patente para utilização de amostradores passivos datam de 1927, tendo como objetivo o monitoramento de CO, em ambientes fechados. Mas foi a partir de 1973 que as bases teóricas para utilização de amostradores para SO<sub>2</sub> proporcionou o aumento do número de pesquisas desenvolvidas com o auxílio dos amostradores passivos.

Ainda hoje essa metodologia se mostra eficaz para determinar a concentração de poluentes, como podemos verificar em estudos desenvolvidos por Garcia (2009) no monitoramento do ozônio troposférico, em estudos ambientais.

Cruz (2002) realizou uma pesquisa para monitorar a presença de SO<sub>2</sub>, mostrando que é possível realizar trabalhos para monitoramento da qualidade do ar sem altos investimentos.

Melchert e Cardoso (2006) realizaram a construção de amostradores passivos construídos com recipientes de cola em bastão para demonstrar como é possível realizar detecção do NO<sub>2</sub> utilizando-se de equipamentos baratos e que estão à disposição de todos.

O funcionamento dos amostradores passivos é governado pela primeira Lei de Fick, representada nas equações 1, 2 e 3, onde a difusão gasosa é utilizada para coleta do analítico de interesse, descrito por Melchert e Cardoso (2006).

**Equação**

**1**

$$F_A = -D_{AB} \left( \frac{dC_A}{dz} \right)$$

Onde:

F<sub>A</sub> = fluxo do gás A em (Mol cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>);

D<sub>AB</sub> = Coeficiente de difusão do gás A no gás B (cm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>);

C<sub>A</sub> = concentração do gás A no gás B (mol cm<sup>-3</sup>);

z = o comprimento do tubo (cm).

A quantidade de um determinado gás transferido em segundos por um cilindro é descrita na equação 2.

### Equação 2

$$Q_A = F_A(\pi r^2) t$$

Onde:

$Q_A$  = quantidade do gás que será transferido em (mol);

$t$  = tempo em segundos (s);

$r$  = raio do amostrador ( $\text{cm}^2$ );

Realizando a substituição e a integração das equações 1 e 2, então chegaremos a uma terceira equação, a equação de transferência de massa do gás A em mol presente no ambiente para o interior do gás dentro do amostrador que terá o comprimento descrito por  $z$ .

### Equação 3

$$Q_A = \frac{[-D_{AB}(C_A - C_{0,A})\pi r^2 t]}{Z}$$

Onde:

$C_A - C_{0,A}$  = a concentração do gás A no interior do tubo de comprimento  $z$ ;

$C_A$  = a concentração do gás A, no ambiente;

$C_{0A}$  = a concentração do gás A na extremidade oposta junto a superfície do sorvente.

Analisando que o material sorvente deve ser eficiente, isto é, coletar todo o gás A, então  $C_{0A}$  pode ser considerado zero. Para a difusão do  $\text{NO}_2$  em ar, o coeficiente de difusão é tabelado em  $0,1361 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ , (MELCHERT; CARDOSO, 2006). Sendo assim a equação 4 pode ser descrita como:

### Equação 4

$$Q = (-0,1361 C \pi r^2 t) / z$$

Onde:

$Q$  = a quantidade do gás transferido em mol

$C$  = a concentração do gás ambiente em  $\text{mol cm}^3$

$r$  = o raio da secção de difusão

$t$  = o tempo de exposição do amostrador

$z$  = comprimento dos amostradores exposto em cm

O sinal negativo na fórmula representa o sentido de difusão do gás que realiza o caminho de fora para dentro do amostrador

A partir desta última equação é possível avaliar a concentração média do dióxido de nitrogênio presente no ar, para isso deve-se conhecer também as dimensões do amostrador passivo e o tempo que o amostrador ficou exposto, (MELCHERT e CARDOSO, 2006).

### 3.1.3 – MATERIAIS

- ✓ Para o desenvolvimento deste trabalho inicialmente foi realizado um estágio de uma semana, entre os dias 14 e 18 de Setembro de 2015, no Instituto de Química da UNESP de Araraquara, com a supervisão do Professor Dr. Arnaldo Alves Cardoso, da mestrandia Karen Cristina Almeida Francisco e dos graduandos: Gabriela Saraiva e Pedro Augusto, a fim de conhecer todo o funcionamento da metodologia dos amostradores passivos.
- ✓ Em Porto Velho, as análises laboratoriais desta pesquisa foram realizadas no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang C. Pfeiffer – UNIR, onde foram realizadas as preparações das soluções adsorventes, as soluções extratoras e as soluções para realização da curva de calibração;
- ✓ As amostras foram analisadas em espectrofotômetro UV-VIS da SHIMATZU no Laboratório Central Analítica - UNIR.
- ✓ Em Porto Velho, todos os procedimentos laboratoriais foram realizados com a supervisão do Técnico em Laboratório da UNIR Walkimar Aleixo da Costa Júnior.
- ✓ Os processamentos dos dados foram realizados por meio de softwares:
  - O Excell para a elaboração de planilhas e gráficos;
  - Os resultados obtidos das concentrações foram compilados e comparados tomando como referência os padrões de qualidade do ar expostos na Resolução Conama n. 03 de 1990.
  - A confecção dos mapas de direção dos ventos foi realizada com auxílio do software Wrplot view; Os dados obtidos sobre a direção dos ventos foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET e do sítio HYSPLIT. Esses dados são da estação

meteorológica A925 do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, que está localizada na EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de Porto Velho. Na estação meteorológica de Porto Velho também foi possível obter os dados relativos aos ventos, outra variável que deve ser levada em consideração devido a sua capacidade de realizar o transporte dos poluentes de uma zona para outra.

- A espacialização dos dados foi realizada com auxílio do Global Mapper onde foram gerados arquivos do tipo *shapefile*, que auxiliou na representação gráfica da densidade de concentração do NO<sub>2</sub>.
- Os mapas foram finalizados com o auxílio do software ArcGis;
- As informações utilizadas para a caracterização física da área de estudos foram obtidas na SEDAM (Planaflo, Atlas Geoambiental de Rondônia, Boletim Climatológico de Rondônia), Prefeitura Municipal de Porto Velho (Sempla, Secretaria Municipal de Planejamento – SEMPLA) e IBGE.
- A imagem Wordview de Porto Velho foi cedida pelo LABCART do curso de Geografia da UNIR.
- A análise estatística dos resultados foi realizada utilizando o programa ASSISTAT versão 7.7 (SILVA, 2016).

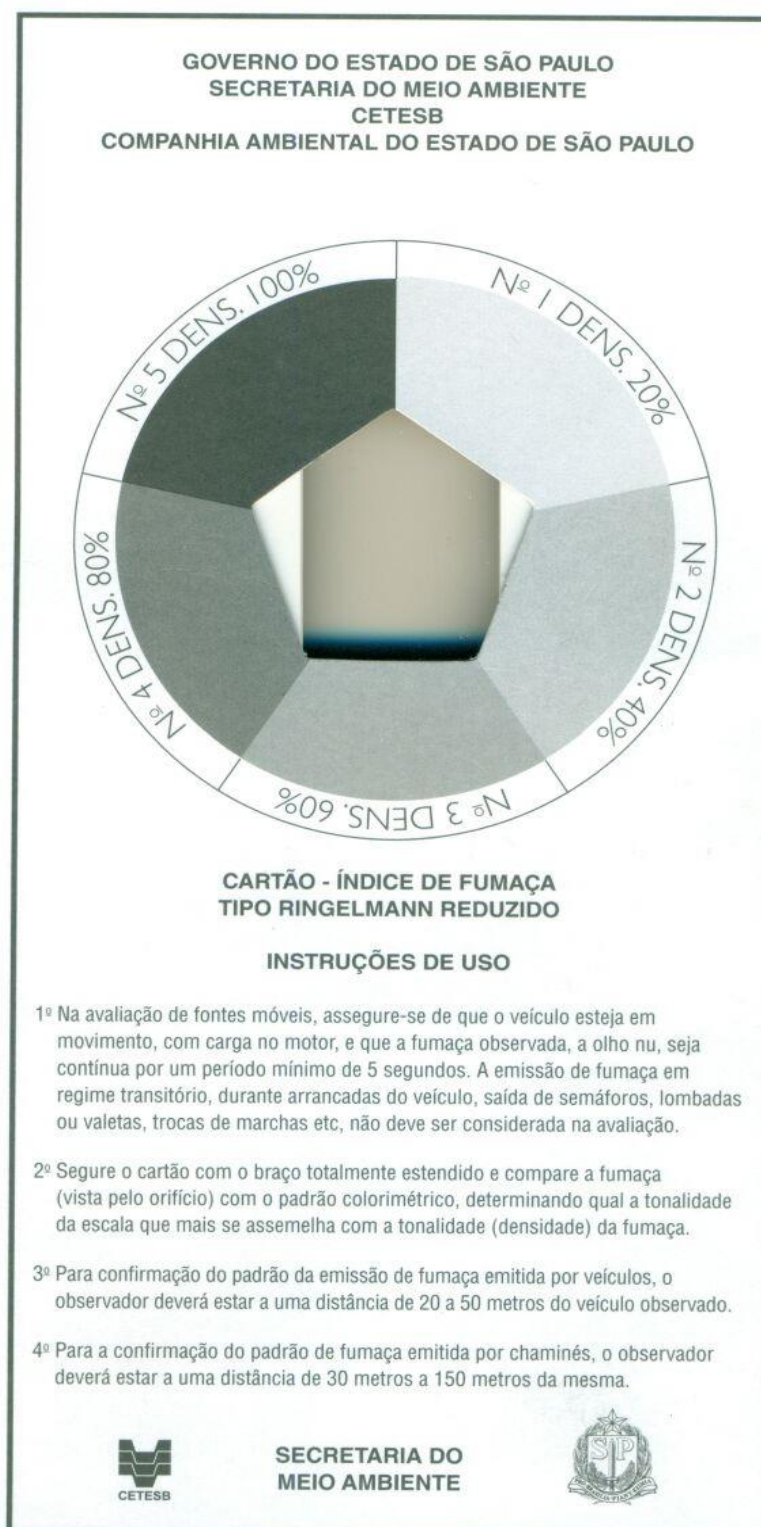
### **3.2 MÉTODO DA ESCALA DE RINGELMANN**

O trabalho foi realizado em duas etapas: a primeira em campo avaliando a cor da fumaça dos ônibus e a segunda compilando os dados obtidos a fim de realizar a espacialização dos seus resultados.

O monitoramento dos ônibus urbanos de Porto Velho foram realizados nos pontos finais de cada linha, foram monitorados 9 pontos finais.

O cartão reduzido da escala de Ringelmann é composto de um cartão com um orifício pelo qual o observador visualiza a fumaça do ônibus e fará a comparação de acordo com os níveis presentes. Sua escala é constituída de cinco níveis de densidade: nível 1- densidade 20%; nível 2- densidade 40%; nível

3- densidade 60%; nível 4- densidade 40% e nível 5- densidade 100%, conforme consta da figura 13.



Cod.3.3.0279-810.

Figura 12 - Cartão da escala de Ringelmann

Fonte: CETESB (2015)

### 3.2.1 Procedimento Realizados na Escala de Ringelmann

Os procedimentos de campos foram realizados de acordo com a NBR 6016 (ABNT, 2015).

Com o veículo parado, porém com o motor em funcionamento o observador posicionou-se a uma distância entre 20 a 50m da descarga, em seguida o observador segura o cartão e mantém o braço totalmente esticado, observa através do orifício do cartão e realiza a comparação da cor da fumaça que sai da descarga do veículo com as cores presentes no cartão (Figura 14)



Figura 13 - Avaliação de Fumaça no Ponto Final do Bairro Nacional  
Autor Robison Costa, março 2015.

De acordo com a legislação vigente veículos à diesel não podem ultrapassar o nível 2 ou 40%, da escala de Ringelmann quando estiverem em circulação em locais com altitude de até 500m, para veículos que trafeguem em locais acima dos 500m de altitude a tolerância sobe para o nível 3 ou 60% de Ringelmann. Como Porto Velho possui altitude inferior a 500m, seu nível de tolerância é 2 ou 40% (ABNT, 2016) (BRASIL, 1980).

Finalizando a representação espacial da poluição provocada pela fumaça dos ônibus foi processada através da criação de arquivos vetoriais do tipo shapefile, onde cada aferição realizada em campo ficou sendo representada por meio de um ponto, ainda foram criadas cinco categorias de densidade de poluição. (SOUZA *et al*, 2016).

### 3.3 – MÉTODO DOS AMOSTRADORES PASSIVOS

A execução dos trabalhos relativos aos amostradores passivos foram executadas em quatro etapas: análises laboratoriais, trabalho de campo, análise dos amostradores e plotagem dos dados.

No fluxograma a seguir (figura 12) é possível observar de forma detalhada o andamento da pesquisa referente aos amostradores passivos.

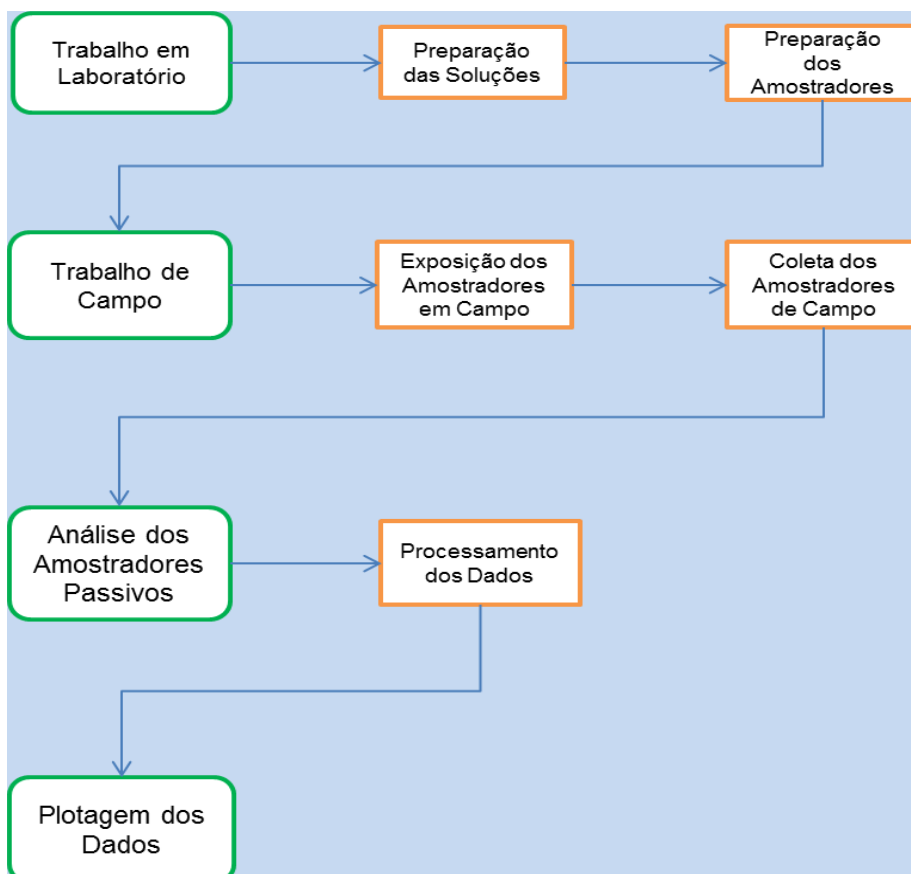


Figura 14 - Fluxograma da Metodologia da Pesquisa dos amostradores passivos

- ✓ O trabalho foi realizado a partir de exposição ambiental por uma semana em 5 pontos da área urbana de Porto Velho os amostradores passivos, a fim de analisar os níveis de NO<sub>2</sub> em cada ponto.
- ✓ As amostras foram obtidas entre os meses de Abril a Agosto de 2016, Tabela 6.



<b>Período de Exposição dos Amostradores Passivos</b>		
Mês	Dia Instalação	Dia Retirada
Abril	7	14
Maio	9	16
Junho	6	13
Julho	11	18
Agosto	3	10

Tabela 4 - Período de Exposição dos Amostradores Passivos

### **3.3.1 Localização e caracterização dos pontos de coleta de NO<sub>2</sub>**

Os amostradores passivos foram fixados de forma que pudessem abranger as principais zonas da cidade conforme apresentados na figura 15, que apresenta a espacialização dos pontos na área urbana da cidade de Porto Velho.

A escolha dos pontos se deu por conta dos locais em questão serem de grande fluxo de veículos, e por abarcar as cinco principais zonas da cidade de Porto Velho. Uma vez que o objetivo deste trabalho é mensurar os níveis de poluição na área urbana, foram escolhidos pontos que representassem todas essas zonas urbanas, também por nestes locais estarem inseridas a maior parte população da cidade.

Coletando a concentração do dióxido de nitrogênio nestes pontos será possível demonstrar quais os pontos com maior e menor concentração na cidade, ainda propor medidas mitigadoras que possam contribuir para a melhoria da qualidade do ar com os dados apresentados nesta pesquisa.

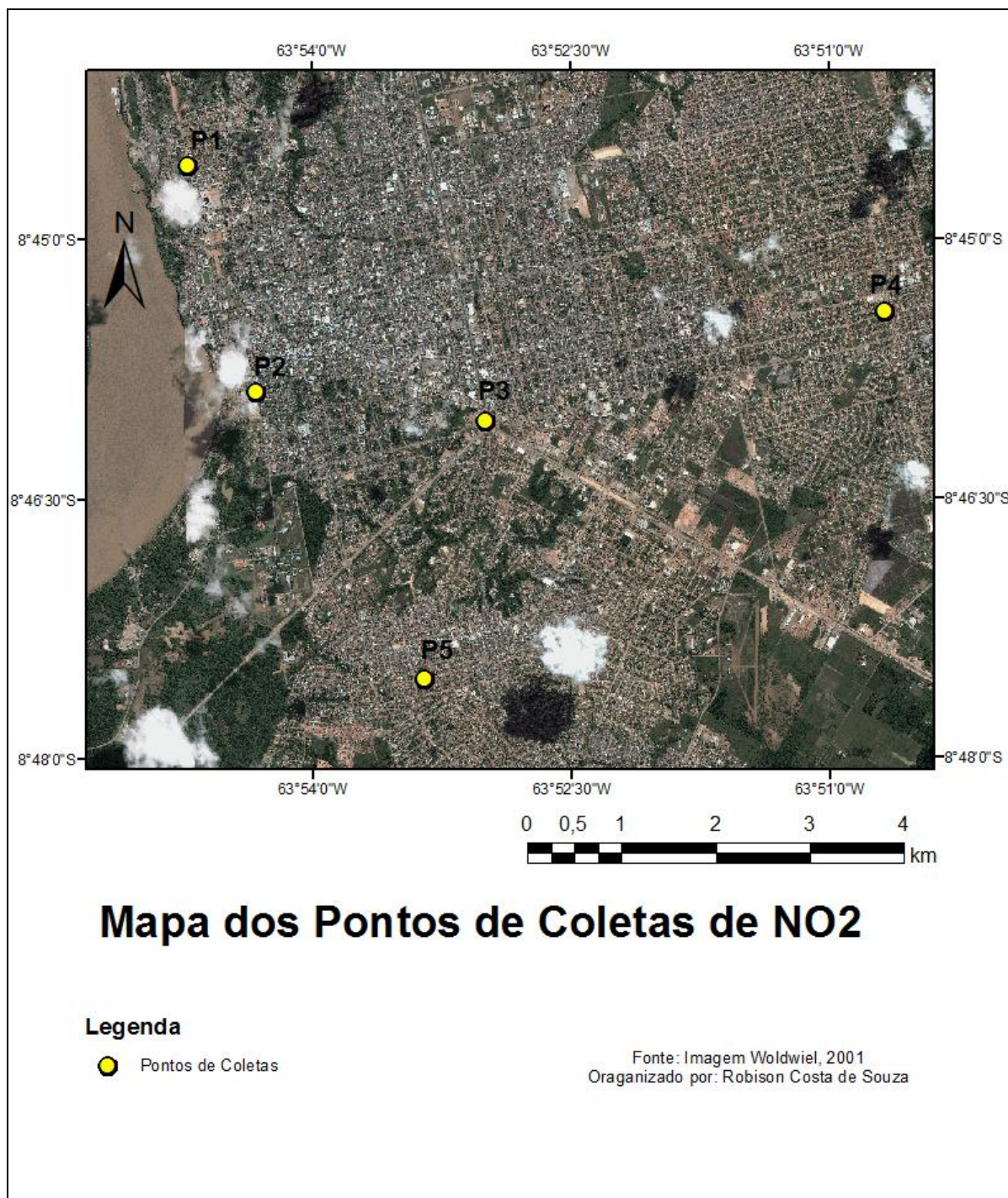


Figura 15 - Mapa de espacialização dos Pontos de Coletas do NO<sub>2</sub>

Descrição dos pontos de amostragem:

Ponto 1 - Zona Norte, IPEM - Instituto de Pesos e Medidas, localizado na Avenida dos Imigrantes (BR 319) esquina com Avenida Farquar, coordenadas geográficas 8°44'34.54"S e 63°54'45.73"O;

Ponto 2 - Zona Central, Ferroviário Atlético Clube, localizado na Avenida 7 de Setembro, esquina com Euclides da Cunha, coordenadas geográficas 8°45'56.89"S e 63°54'26.02"O;

Ponto 3 - Trevo do Roque, empresa Mar Veículos, localizada na Avenida Jorge Teixeira (BR 319) esquina com Rua Alexandre Guimarães, coordenadas geográficas 8°46'9.98"S e 63°53'0.11"O;

Ponto 4 - Zona Leste, Escola de Musica Som na Leste, localizada na Avenida Mamoré, coordenadas geográficas 8°45'25.74"S e 63°50'43.40"O;

Ponto 5 - Zona Sul, empresa Casa da Fotografia, localizada na Avenida Jatuarana, coordenadas geográficas 8°47'33.24"S e 63°53'22.85"O.

- Na zona Norte, local de amostragem do ponto 1, caracterizada pela presença do setor político administrativo do Estado, comércio local de bairros, local onde há grande concentração de empresas distribuidoras de petróleo e também uma grande movimentação de veículos pesados que se dirigem para essas empresas de combustíveis e para o porto da cidade com grãos de Rondônia e de estados vizinhos, aeroporto, complexo hospitalar da cidade e local de condomínios e bairros residenciais.
- Na zona Central, local de amostragem do ponto 2, encontra-se o grande setor comercial de Porto Velho, setor hoteleiro, complexo turístico, a Estrada de Ferro Madeira Mamoré, local de intenso fluxo de veículos e pessoas, escolas particulares e públicas, agências bancárias, nesse setor também estão presentes Tribunal de Justiça, Assembléia Legislativa, Palácio do Governo e a Reitoria da Universidade Federal de Rondônia e sede da Prefeitura Municipal de Porto Velho.
- O amostrador de número 3, ficou fixado no chamado Trevo do Roque, situado no entroncamento das BR 364 e BR 319, que ligam ao Estado do Acre e Amazonas respectivamente, com grande movimentação de veículos pesados. Encontramos também um setor

comercial especializado em veículos, central de polícia e bairros residenciais.

- Na zona Leste, local de exposição do amostrador 4, a ocupação do espaço caracteriza-se como setor comercial significativo na avenida José Amador dos Reis, neste setor encontram-se também os bairros mais carentes da cidade, algumas indústrias, faculdades, grande número de escolas, setor chacareiro e local de expansão urbana que acontece próximo aos bairros Ulisses Guimarães e Marcos Freire.
- O local de amostragem do ponto 5, na zona Sul de Porto Velho, caracterizada como setor com grande concentração de bairros residenciais.. Assim como a zona Leste, a zona Sul também possui um significativo setor comercial distribuído ao longo de sua principal avenida, a Jatuarana. Também encontramos algumas fábricas, condomínios residenciais, áreas chacareiras. Nesta zona também observamos áreas de expansão urbana.

Não houve amostragem na zona Oeste, uma vez que esta não possui desenvolvimento urbano significativo, pois neste setor encontraremos principalmente sítios e chácaras, áreas remanescentes de floresta. O baixo desenvolvimento urbano se deve ao fato de que até o ano de 2014 não existia uma ponte que ligasse a cidade, da margem direita do Rio Madeira à margem esquerda, setor basicamente rural e que mantinha ligação apenas por meio de balsas.

A disposição dos amostradores nos pontos de coleta pode ser verificada na figura 16.




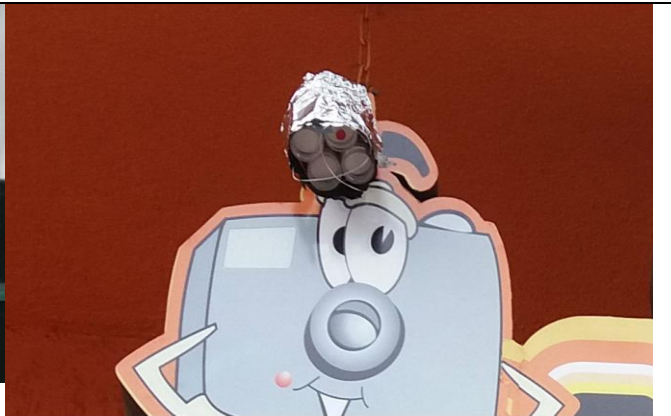

 <p>Equipamento de Amostragem Passiva para detecção de Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>).</p> <p>Este equipamento faz parte de uma pesquisa do LABCART - Laboratório de Cartografia, da Universidade Federal de Rondônia.</p> <p>Dúvidas e informações: 8471-7270 / 9293-0996</p>	
<p>Ponto 1 - IPEM</p>	<p>Ponto 4 – Escola Som na Leste</p>
	
<p>Ponto 2 - Ferroviário</p>	<p>Ponto 5 – Casa da Fotografia</p>
	
<p>Ponto 3 – Mar Veículos</p>	

Figura 16 - Amostradores Passivos fixados nos pontos de amostragem da área urbana.

Autor Robison Costa, junho 2016

### 3.3.2 – Preparação das soluções do amostrador passivo

O procedimento em laboratório para preparar todas as soluções que foram utilizadas neste estudo são os descritos por Melchert e Cardoso (2006).

#### **Solução Adsorvente de Trietanolamina 11% (v/v) (Melchert e Cardoso, 2006)**

Para a preparação desta solução realizou-se os seguintes procedimentos: primeiramente utilizou-se um balão volumétrico de 100 mL. Neste balão foram acrescentadas as seguintes alíquotas: 11 mL de trietanolamina; em seguida acrescentou 3,5 mL de Etilenoglicol; 25 mL de acetona e completou o volume do balão de 100 mL com água deionizada.

Esta solução foi utilizada para impregnar os filtros que seriam expostos em campo.

#### **Reagente de Griess-Saltzman (Melchert e Cardoso, 2006)**

Primeiramente foi preparada a solução estoque de N-(1-naftil)-etilenodiamina (solução 0,1%): pesou-se 0,1g de N-(1-naftil)-etilenodiamina, em seguida realizou-se sua diluição com água deionizada e a transferiu para um balão volumétrico de 100 mL, completando o mesmo até o volume de 100 mL, Melchert e Cardoso (2006).

Esta solução foi utilizada para a preparação do reagente de Griess-Saltzman.

Após a preparação da solução estoque de N-(1-naftil)-etilenodiamina (solução 1%), seguiu-se os seguintes passos para a preparação definitiva do Griess-Saltzman.

Para a preparação do reagente de Griess-Saltzman foi utilizado um balão volumétrico de 1 L, para armazenamento do reagente. Em seguida adotando os seguintes procedimentos:

- 1) transferiu para o balão volumétrico a quantia de 140 mL de ácido acético glacial;
- 2) acrescentou-se 20 mL da solução estoque de N-(1-naftil)-etilenodiamina;
- 3) pesou-se 5 g de ácido sulfanílico e realizou-se sua diluição transferindo-o para o balão volumétrico de 1 L, onde completou-se o balão volumétrico até a marca de 1 L, com água deionizada.

Esta solução foi utilizada para a extração dos filtros de campo e também para a construção da curva de calibração.

#### **Solução Estoque de Nitrito de Potássio (Melchert e Cardoso, 2006)**

Para a preparação estoque de nitrito de potássio realizaram-se os seguintes procedimentos:

- 1) pesou-se 1,7786 g de Nitrito de Potássio;
- 2) realizou-se a diluição do sal com água deionizada e o transferiu-se para um balão volumétrico de 1L.

Esta solução foi utilizada para a construção da curva de calibração

#### **Solução Extratora de Metanol 5% (v/v) (Melchert e Cardoso, 2006)**

Para extrair o material dos filtros expostos em campo para capturar o NO<sub>2</sub>, foi utilizado uma solução de MeOH:H<sub>2</sub>O 5% (V/V).

Para a preparação utilizou-se um balão volumétrico de 100 mL, foi transferido 5 mL de metanol para este balão e completou com água deionizada até o seu volume de 100 mL.

Esta solução foi utilizada para a extração dos filtros de campo e também para a construção da curva de calibração.

### **3.3.3 – Curva de calibração (Melchert e Cardoso, 2006)**

Primeiramente foi preparada a Solução de Trabalho de Nitrito de Potássio, para tal realizou-se o seguinte procedimento:

- 1) Utilizando-se um balão volumétrico de 1L, pipetou para este balão 10 mL da solução estoque de nitrito de potássio ( $C = 1,78 \cdot 10^{-3} \text{ gmh}^{-1}$ ), em seguida completou-se o volume do balão com água deionizada até seu nível de 1L.
- 2) As soluções utilizadas para construção da curva de calibração foram as seguintes: solução de trabalho de nitrito de potássio, metanol 5% (v/v) e o reagente de Griess-Saltzman.
- 3) Para a construção da curva de calibração foram necessários sete balões volumétricos de 10 mL, sendo que, um foi utilizado para definir o branco e os seis restantes foram utilizados para receber o nitrito de potássio.
- 4) No balão volumétrico do branco adicionou-se 5 mL de metanol 5% (v/v) e completou o balão com o reagente de Griess-Saltzman.

- 5) Nos demais balões 1, 2, 3, 4, 5 e 6, foram pipetados respectivamente 30, 70, 130, 200, 340, 510  $\mu\text{L}$  da solução de trabalho de nitrito de potássio, em seguida adicionou-se 5 mL de metanol 5% (v/v) e completou o volume do balão com o reagente de Griess-Saltzman.
- 6) Após a preparação de cada balão esperou-se 15 minutos para que a reação fosse completada, conforme visualizado na figura 17.



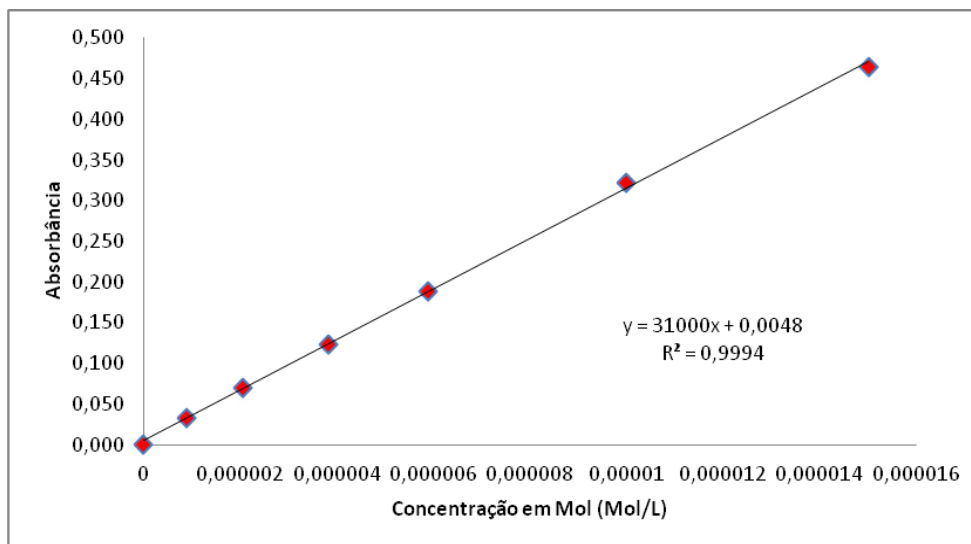
Figura 17 - Balões da Curva de Calibração  
Autor Robison Costa, março 2016

Após 15 minutos de repouso, foram realizadas as leituras das soluções no UV – VIS no comprimento de ondas de 540 nm.

7) em seguida, realizou-se a leitura do balão do branco, e dos demais balões 1 a 6. Nos balões de 1 a 6, foram realizadas três leituras (triplicata) em cada balão no espectrofotômetro.

8) após as leituras, os dados foram anotados para que fossem realizados os cálculos da equação da reta. Os resultados obtidos foram utilizados para calcular as concentrações de  $\text{NO}_2$  nos amostradores passivos, conforme apresentados no gráfico 5.



Gráfico 5 - Curva de Calibração de NO<sub>2</sub>

### 3.3.4 - Preparação dos Amostradores Passivos

Os amostradores passivos utilizados em campo para determinar a concentração de NO<sub>2</sub> foram os mesmo criados e descritos por Oliveira (2013).

Foram utilizadas peças de acrílico e dois filtros, um de celulose Whatman nº 41 com diâmetro de 37 mm e o segundo de Teflon (Millipore) também com 37 mm de diâmetro, 0,45 µm de porosidade e 175 µm de espessura. A representação do amostradores pode ser vista na Figura 18.

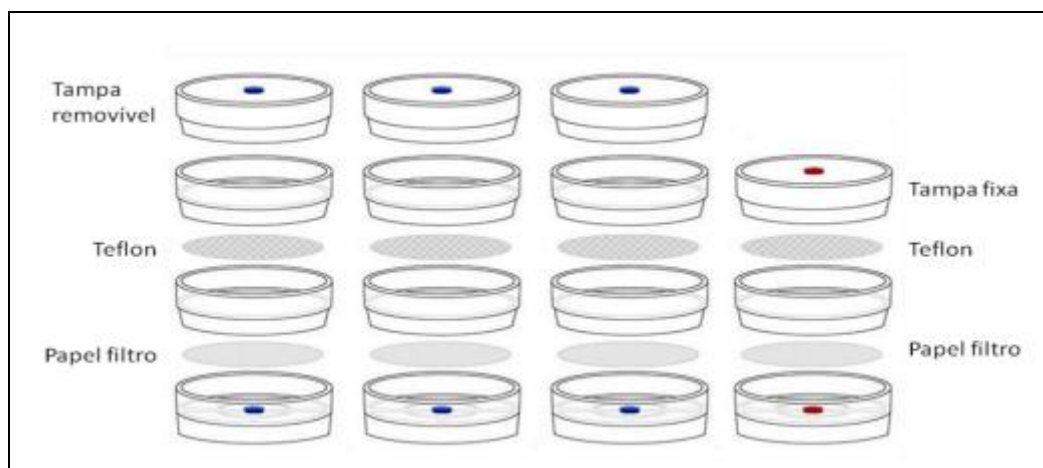


Figura 18 - Representação esquemática dos amostradores passivos utilizados em campo

Fonte: Oliveira (p.22, 2013)

De acordo com Melchert e Cardoso (2006) a barreira porosa de teflon acondicionada numa distância de 1,1 cm do filtro coletor de NO<sub>2</sub> serve para barrar

partículas maiores que chegam até o filtro de celulose e também para criar uma área onde o ar possa ficar estagnado dentro do amostrador fornecendo assim as condições ideais para o desenvolvimento da difusão molecular.

Em regra, os amostradores passivos funcionam da seguinte forma:

- Num determinado cilindro com dois filtros, o primeiro servirá como uma barreira para impedir a passagem de partículas maiores; o segundo servirá como filtro que servirá para absorção do gás desejado neste filtro será impregnado uma substância absorvedora para coletar o gás, Melchert e Cardoso (2006).

A preparação para exposição dos amostradores de campo seguiram os seguintes passos:

- 1) lavou-se todas as peças de acrílico com água deionizada;
- 2) montou-se os amostradores como descrito na figura 16;
- 3) no filtro de celulose Whatman nº 41 foram impregnados 80 µl de Trietanolamina 11% (v/v);
- 4) acondicionou-se os amostradores numa garrafa pet, como representado na figura 17, esse acondicionamento serviu como proteção para os amostradores;
- 5) o transporte dos amostradores após a sua montagem foram fechados; para cada ponto utilizou-se quatro amostradores: três para coletar o NO<sub>2</sub> foram abertos no local a ser analisado e um que serviu como branco de campo (controle) manteve-se fechado. Ao final o sistema ficou conforme apresentado na figura 19.

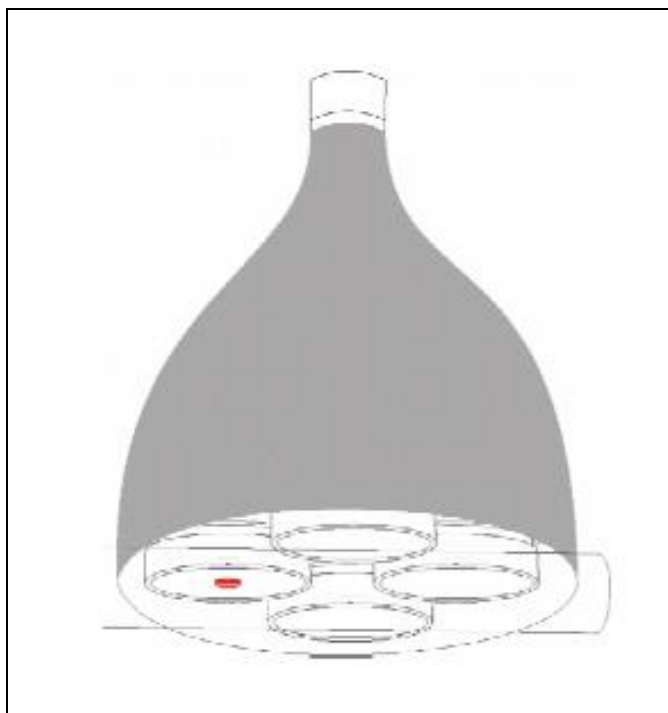


Figura 19 - Amostradores Acondicionados em garrafa PET

Fonte: Garcia (p. 33, 2009)

### 3.3.5 – Extração dos amostradores de campo

Passado o tempo de exposição dos amostradores (sete dias), os mesmos foram retirados dos pontos, tampados, acondicionados numa caixa térmica e encaminhados para o laboratório para que fossem realizadas as análises.

O procedimento de extração dos amostradores passivos foram os seguintes:

- 1) com o auxílio de uma seringa de 5 mL, coletou-se 5 mL de metanol 5% (v/v);
- 2) em seguida impregnou-se a solução de metanol 5% (v/v) no filtro de celulose Whartman nº 41 que foram expostos em campo, lavando-os várias vezes;
- 3) transferiu-se essa solução para um balão volumétrico de 10 mL;
- 4) completou-se o balão volumétrico de 10 mL com o reagente de Griess-Saltzman;
- 5) esperou-se 15 minutos para que a reação se completasse (figura 20);



Figura 20 - Reação química completa nos balões do Ponto 1 do mês de Julho  
 Autor Robison Costa, Julho 2016

6) realizou-se as leituras das absorvâncias no UV-VIS em comprimento de onda de 540 nm;

7) os resultados foram anotados para posterior realização dos cálculos de concentração.

### 3.3.6 – Equações utilizadas

Após a realização de todos os processos anteriores de preparação das soluções, construção dos amostradores passivos, extração dos amostradores de campo, construção da curva de calibração e leitura dos dados no espectrofotômetro, foi possível obter os dados referentes às absorvâncias para que fossem realizados os cálculos.

Todas as equações utilizadas para realizar os cálculos são as descritas por com Melchert e Cardoso (2006):

#### Equação Concentração de Campo

Primeiramente foi feita a média dos três amostradores que ficaram abertos em campo, em seguida foi feita a subtração dessa média com o amostrador que ficou fechado em campo, que neste caso foi o branco de campo.

$$C_c = M_{ac} - B_c$$

Onde:

$C_c$  = é a concentração de campo;

Mac = é a média dos amostradores de campo;  
 Bc = é o amostrador branco de campo  
 O próximo passo é a utilização da equação da reta gerada através da curva de calibração, para chegar à quantidade de mol/L.

#### **Equação da Curva de Calibração**

$$y = 31000x + 0,0048$$

Onde:

y = concentração de campo;

x = concentração em mol/L

Em seguida foi feito o cálculo para determinar o número de mol para ser utilizado na equação seguinte.

#### **Equação do número de mols**

$$m = n / v (L)$$

Onde:

m = é a quantidade de mol/L obtido na equação da curva de calibração;

n = será o número de mols a ser encontrado

v = é o volume do balão de 10 mL

Por fim foi utilizada a seguinte equação para chegarmos às concentrações de dióxido de nitrogênio em cada ponto, os resultados obtidos são apresentados em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , unidade de medida utilizada pela Resolução Conama 03 de 22 de Agosto de 1990.

#### **Equação de Fick**

Esta equação é a mesma utilizada por Melchert e Cardoso (2006) para obtenção da concentração de  $\text{NO}_2$  no ambiente.

$$Q_A = \frac{[-D_{AB}(C_A - C_{0,A})\pi r^2 t]}{Z}$$

Onde:

$C_A - C_{0,A}$  = a concentração do gás A no interior do tubo de comprimento z;

$C_A$  = a concentração do gás A, no ambiente;

$C_{0A}$  = a concentração do gás A na extremidade oposta junto a superfície do sorvente

$D_{ab}$  = é o coeficiente de difusão do gás, no caso o  $\text{NO}_2$ ;

$r$  = é o raio do amostrador elevado ao quadrado;  
 $t$  = tempo de exposição do amostrador  
 $Z$  = é a distância existente entre o filtro de celulose e o filtro de teflon  
 $Q$  = número de mol

### 3.3.7 - Cálculo das concentrações de $\text{NO}_2$

Vejam os cálculos realizados neste estudo utilizando-se as equações previamente apresentadas para mostrar como se chegou aos resultados de cada ponto. Como exemplo foi escolhido os dados do ponto três (Trevo do Roque), referente ao mês de maio.

Branco de campo = 0,009  
 Amostrador 1 = 0,615  
 Amostrador 2 = 0,633  
 Amostrador 3 = 0,513

$\left. \begin{array}{l} \text{Amostrador 1} \\ \text{Amostrador 2} \\ \text{Amostrador 3} \end{array} \right\} \text{Média das concentrações} = 0,587$

#### Equação Concentração de Campo

$$C_c = 0,587 - 0,009$$

$$C_c = 0,578$$

#### Equação da Curva de Calibração

$$Y = 31000 X + 0,0048$$

$$0,578 - 0,0048 = 31000 X$$

$$0,5732 = 31000 X$$

$$X = 1,85 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

#### Equação do número de mols

$$m = n / v$$

$$1,85 \times 10^{-5} = n / 0,010$$

$$n = 1,85 \times 10^{-5} \times 0,010$$

$$n = 1,85 \times 10^{-7} \text{ mol}$$

#### Equação de Fick

$$Q_A = \frac{[-D_{AB}(C_A - C_{0,A})\pi r^2 t]}{Z}$$

$$1,85 \times 10^{-7} = \frac{0,1361 C \pi (1,9)^2 613800}{1,1}$$

$$C = \frac{1,85 \times 10^{-7} \times 1,1}{0,1361 \pi (1,9)^2 613800}$$

$$C = \frac{2,03 \times 10^{-7}}{9,47 \times 10^5} \implies C = 2,15 \times 10^{-13} \text{ mol/cm}^3$$

**Transformando de mol/cm<sup>3</sup> para mol/L**

$$2,15 \times 10^{-13} \text{ mol/cm}^3 \implies 2,15 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$$

**Relação de NO<sub>2</sub> encontrado no Ar com a de nitrito no amostrador**

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ mol de NO}_2 & \longrightarrow & 0,72 \text{ mol de nitrito da solução} \\ X & \longrightarrow & 2,15 \times 10^{-10} \\ & & 0,72 X = 2,15 \times 10^{-10} \\ & & X = 2,15 \times 10^{-10} / 0,72 \\ & & X = 2,99 \times 10^{-10} \text{ mol de NO}_2 \end{array}$$

**Relação molar, o volume que essa quantidade de mol ocupa no ar**

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ mol de gás} & \longrightarrow & 24,45 \text{ L (valor fixo)} \\ 2,99 \times 10^{-10} & \longrightarrow & Y \\ & & Y = 2,99 \times 10^{-10} \times 25,45 \\ & & Y = 7,30 \times 10^{-9} \\ & & Y = 7,30 \text{ ppb v/v} \end{array}$$

**Transformando de ppbv para µg/m<sup>3</sup>**

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ mol} & \longrightarrow & 46 \text{ massa molar do NO}_2 \\ 2,15 \times 10^{-13} & \longrightarrow & X \\ X = 2,15 \times 10^{-13} \times 46 & & \\ X = 9,88 \times 10^{-12} \text{ g/cm}^3 & & \end{array}$$

$$X = 9,88 \times 10^{-6} \text{ µg/cm}^3 \implies \mathbf{NO_2 = 9,88 \text{ µg/m}^3}$$

## CAPÍTULO 4 - RESULTADOS

### 4.1 – RESULTADOS DO MONITORAMENTO REALIZADO NOS ÔNIBUS URBANOS DE PORTO VELHO PELA ESCALA DE RIEGELMANN

Assim como em diversas cidades brasileiras, Porto Velho não detém de políticas públicas efetivas para o monitoramento da qualidade do ar, visto que as ações nessa área se restringem apenas a licenciar empreendimentos ambientais que possam efetuar lançamentos para a atmosfera ou atendimento via fiscalização de denúncias sobre poluição do ar.

A tabela 5 mostra que a poluição do ar obteve o maior número de denúncias recebidas pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Porto Velho - SEMA, de acordo com os dados obtidos do ano de 2015.

Denúncias Ambientais Recebidas em 2015												
Mês												
Tipos de Denúncias	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	Total, tipos de denúncias/mês
Água Servida	15	16	31	16	20	28	32	26	21	17	15	237
Área de Interesse Ambiental	17	10	18	18	16	15	17	21	22	14	20	188
Danos à Flora	18	3	4	8	3	7	8	8	4	6	10	79
Maus tratos à animais	1	2	1	0	2	1	1	1	*	2	*	11
Deposito de resíduos em Local inapropriado	8	5	10	4	4	3	*	*	*	*	*	34
Poluição Sonora	2	5	7	9	7	9	9	10	8	10	4	80
Queimadas	17	15	7	11	26	77	167	294	98	43	27	782
Poluição Atmosférica	3	10	5	3	2	5	*	*	*	*	*	28
Atividades Passíveis de Licença ambiental	8	4	2	9	5	7	9	12	4	4	*	64
Total de denúncias por mês	89	70	85	78	85	152	243	372	157	96	76	
<b>TOTAL GERAL</b>												<b>1503</b>

Tabela 5 - Tipos e Contagem de Denúncias Ambientais Recebidas Pela SEMA no ano de 2015.

Fonte: Porto Velho, (2015a)



Pela análise dos dados, verificamos que estamos diante de um episódio, onde, dos diferentes tipos de denúncias que a Secretaria Municipal de Meio Ambiente - SEMA recebeu ao longo do ano de 2015 e que totalizaram 1.503 denúncias, 810 denúncias recebidas estavam relacionadas à poluição atmosférica, ou seja, representando 54% de todo quantitativo, resultando em mais da metade das denúncias auferidas pela SEMA (Gráfico 6). Também pode-se perceber que os meses mais críticos relativos as denúncias estão entre junho e setembro, coincidindo com período de estiagem e redução dos níveis pluviométricos, quando as queimadas prevalecem.

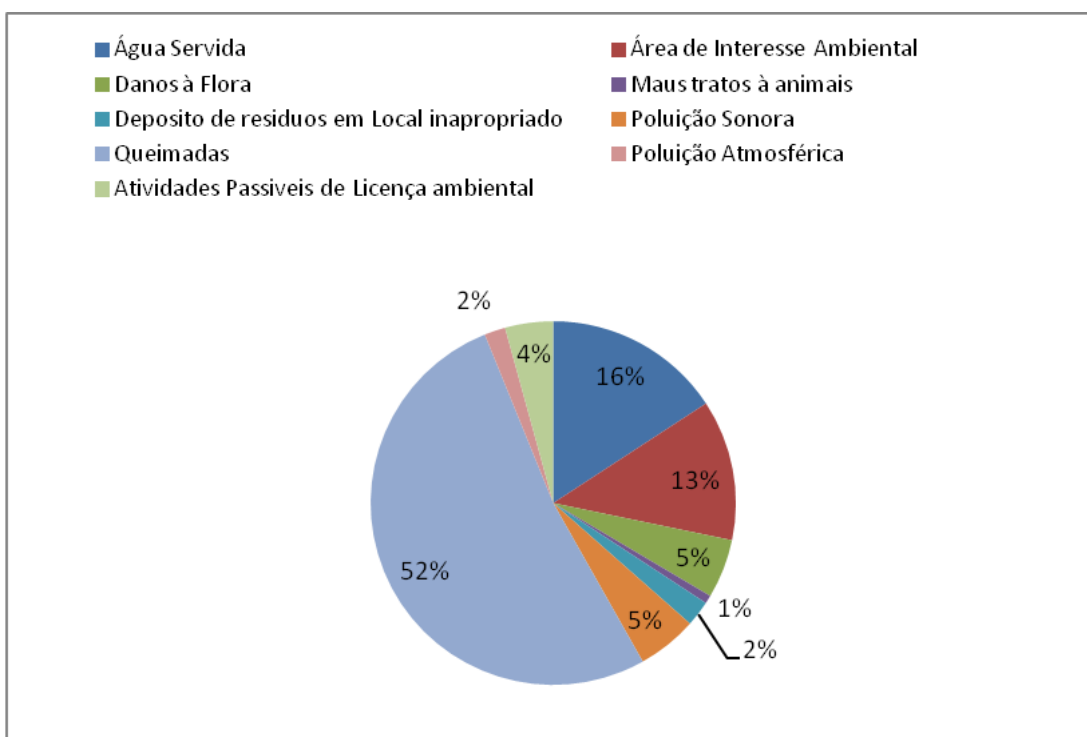


Gráfico 6 - Porcentagem das Denúncias Recebidas Pela SEMA em 2015

Fonte: Porto Velho (2015a)

Esses números demonstram a atual realidade de Porto Velho, onde a questão ambiental da qualidade do ar tem tido pouca importância e é pouco estudada.

Nesse sentido, os resultados obtidos no monitoramento da fumaça expelida pelos ônibus urbanos de Porto Velho, foram possíveis diagnosticar e mensurar a cor da fumaça desses veículos, onde com auxílio da escala de Ringelmann realizou-se a mensuração do grau colorimétrico da fumaça dos ônibus urbanos da cidade de Porto Velho, onde um dos principais poluentes encontrados é o material particulado que contribuem para degradação da saúde humana, fauna e flora e monumentos da cidade.

No Trabalho foram analisados 59 ônibus em nove terminais, onde os resultados obtidos foram: 71,19% dos veículos estavam dentro dos padrões de qualidade e 28,81% dos veículos estavam fora dos padrões de qualidade de acordo com PORTARIA MINTER Nº 100, DE 14 DE JULHO DE 1980, a pesquisa foi desenvolvida nos dias 02, 05, 06 e 10 de março de 2015 (Tabela 6).

Pontos Finais	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5	Total de ônibus nos pontos finais	Ônibus Vistoriados
P1 - Nacional	0	1	1	0	0	3	2
P2 - Triângulo	1	0	0	0	0	1	1
P3 - Norte Sul	3	1	2	3	2	18	11
P4 - Ulisses Guimarães	6	2	4	0	0	20	12
P5 - Cohab	3	2	2	0	0	13	7
P6 - 4 de Janeiro	3	2	1	0	0	12	6
P7 - UNIR	1	1	0	0	0	4	2
P8 - Hospital de Base	9	3	1	0	0	15	13
P9 - Esperança Comunidade	2	2	1	0	0	9	5
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>95</b>	<b>59</b>

Tabela 6 - Níveis de densidade segundo a escala de Ringelmann, avaliados na emissão de fumaça dos ônibus urbanos da cidade de Porto Velho, Rondônia, no ano de 2015  
Fonte: Souza, Silva e Della-Justina (2015)

Tal pesquisa comprovou como é possível realizar vistorias em fontes poluidoras, neste caso uma fonte móvel, sem que sejam precisos equipamentos caros, bastando apenas um cartão reduzido da escala de Ringelmann.

Foi possível detectar que os ônibus que atendem os bairros da Zona Sul de Porto Velho apresentaram os maiores níveis de poluição de acordo com a escala de Ringelmann, e destes, 7 (sete) servem as linhas Norte Sul e 2 (dois) a linha Cohab, são os que apresentaram os piores níveis de emissão, portanto se encontra fora dos padrões de qualidade, causando dano a saúde pública e aos bens patrimoniais.

Nesta pesquisa analisou apenas os ônibus urbanos, porém a frota de veículos da cidade tem crescido consideravelmente nos últimos anos, (Tabela 7), fazendo-se necessário o monitoramento da qualidade do ar, abordando outras

fontes e outros poluentes, haja vista que os veículos automotores são uma das principais fontes de poluição móvel.

Importante frisar que nos dados apresentados na Tabela 7, só estão os veículos emplacados em Porto velho, não são computados os veículos em trânsito e que trafegam pelo perímetro urbano da cidade, principalmente os de carga pesada que tenham como destino o porto da cidade ou que desenvolvam demais serviços de logística.

Veículos	Anos								
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Automóvel	45.151	49.246	53.810	58.922	66.415	76.354	83.352	94.255	100.211
Caminhão	3.111	3.308	3.515	3.971	4.550	5.168	5.778	6.190	6.317
Caminhão Trator	643	703	800	909	934	1.000	1.003	1.098	1.171
Caminhonete	3.802	4.733	5.633	7.603	9.796	12.326	18.375	17.208	18.763
Outros	1	1	1	2	2	5	12	15	17
Ciclomotor	168	168	169	167	165	164	172	182	186
Micro-ônibus	159	178	192	209	252	311	377	411	445
Moto	20.463	24.129	29.190	37.828	48.072	59.535	71.875	80.114	86.683
Ônibus	614	622	744	777	945	1.077	1.446	1.605	1.639
Reboque	1.568	1.673	1.778	1.929	2.160	2.486	2.851	3.065	3.331
Semi-Reboque	1.066	1.153	1.302	1.538	1.637	1.747	1.693	1.875	1.948
Side-Car	4	5	12	11	11	11	10	11	11
Trator de Esteira	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trator de Rodas	1	1	1	3	6	9	9	10	9
Triciclo	14	17	19	26	26	35	45	59	66
Utilitários	75	102	153	337	459	648	891	971	1.111
Total	76.840	86.039	97.319	114.232	135.430	160.876	187.889	207.069	221.908

Tabela 7 - Evolução da Frota de veículos de Porto Velho no período 2005-2013

Fonte: DETRAN - RO (RONDÔNIA, 2014)

É possível verificar que os veículos do ciclo diesel compreendem um total de mais de 28.335 no ano de 2013, veículos esses que recebem autorização para transitar pelas vias urbanas de Porto Velho apenas com licenciamento anual e vistoria dos bombeiros, não sendo realizada uma vistoria sobre os níveis de emissões gasosas de seus escapamentos, esses veículos não vistoriados quanto aos níveis de fumaça contribuem para piorar a qualidade do ar na cidade. Com o auxílio da escala de Ringelmann a vistoria poderia ser realizada durante o processo de obtenção de licença anual do veículo, medida que contribuiria para

melhoria ambiental ao admitir o transito apenas dos veículos aprovados num teste prévio de emissão de fumaça.

Em se tratando de ônibus, veículos analisados neste trabalho, podemos verificar que entre os anos de 2005 e 2013 Porto Velho teve um aumento de 614 ônibus para 1.639 que transitam pela sua malha urbana, isso significou um aumento de mais 150% no número de ônibus que foram licenciados pelo Detran – RO, e que trafegam sem nenhuma fiscalização quanto aos níveis de poluentes que lançam na área urbana de Porto Velho.

Como forma de exemplificar o trajeto dos ônibus vistoriados durante a pesquisa apresentou a espacialização das linhas de ônibus analisadas (Figura 21) neste mapa é possível perceber que durante o trajeto dos ônibus urbanos que percorrem a malha urbana da cidade, todos convergem para o centro da cidade especificamente para a Avenida 7 de Setembro.

Em seguida apresentamos a espacialização dos níveis colorimétricos da poluição do ar provocado pelos ônibus urbanos de Porto Velho, onde cada ponto final está representado conforme a classificação e o grau colorimétrico (Figura 22). Nele observamos o quão problemática são as linhas oriundas da Zona Sul da cidade, nesta região verificaram os piores resultados durante a análise das fumaças dos ônibus urbanos.

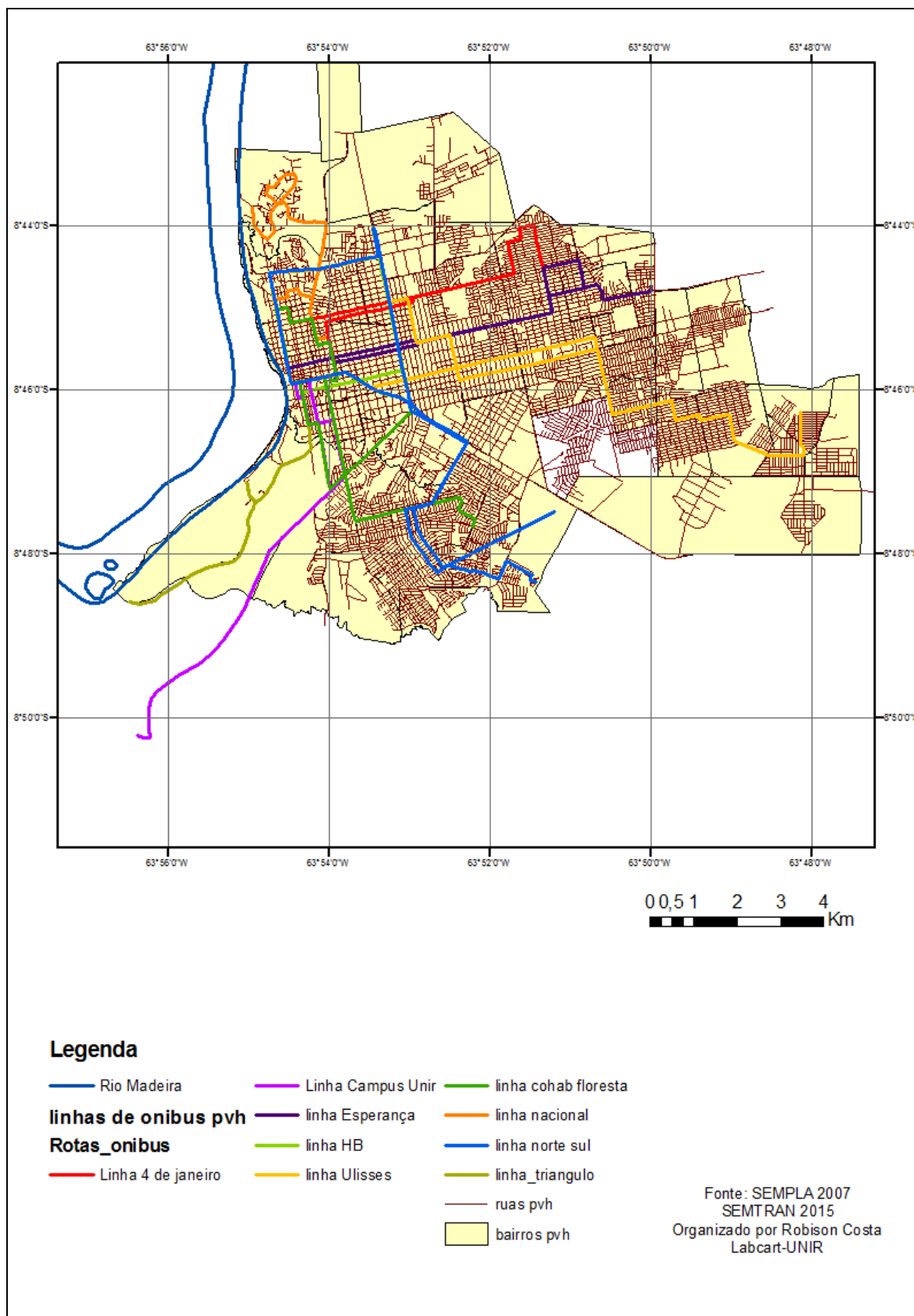


Figura 21 - Mapa de fluxo esquemático das linhas de ônibus do ponto final para região central da cidade de Porto Velho, Rondônia.

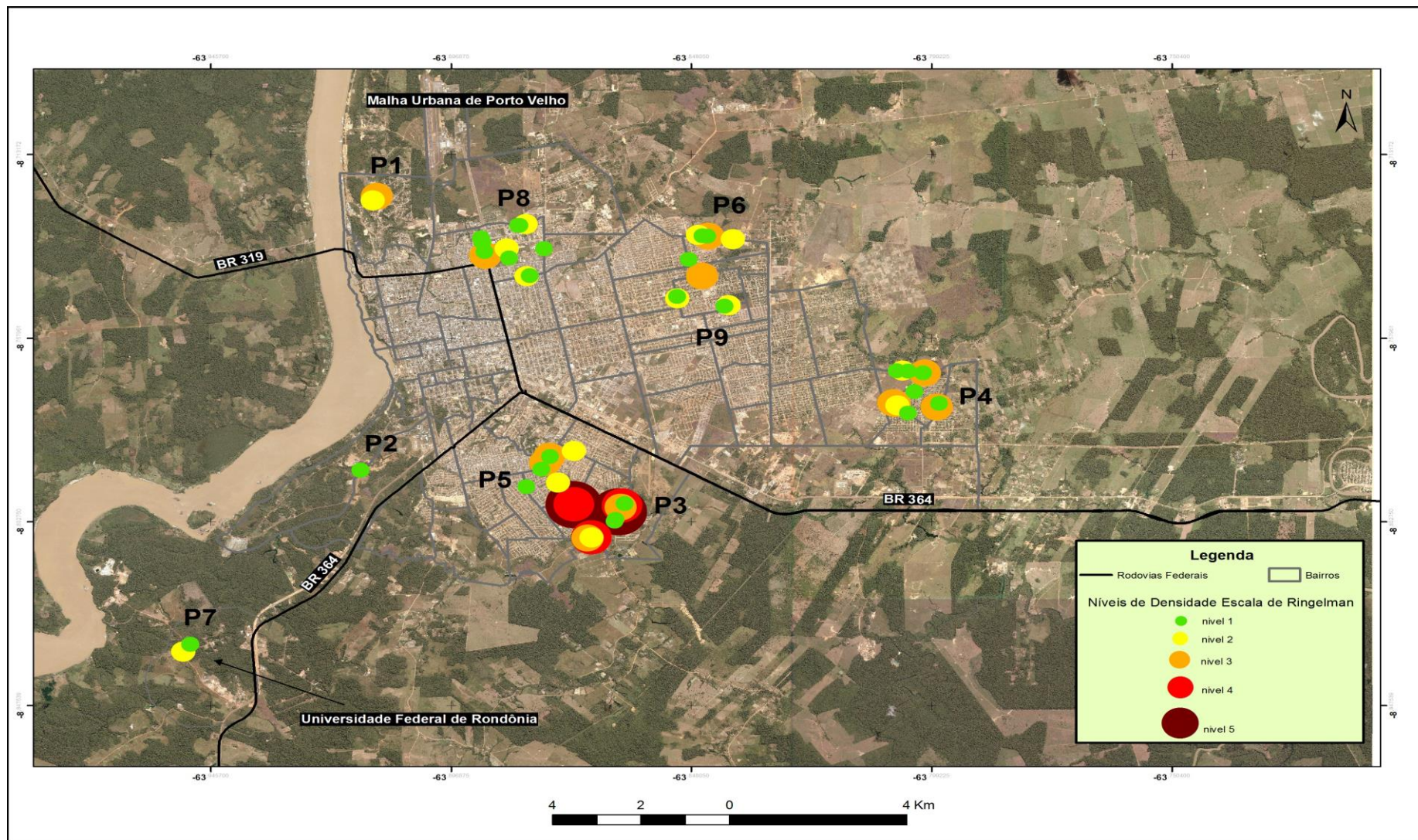


Figura 22 - Mapa com a Avaliação dos níveis de Densidade a partir dos Valores Obtidos na Avaliação da Fumaça Emitida pelos Ônibus Segundo a Escala de Ringelmann

Para a análise da mobilidade desses poluentes, cabe destacar que apesar da figura mostrar apenas os pontos finais, estes ônibus circulam pela cidade e deixam um rastro de fumaça negra os que estão fora dos padrões, e que em sua maioria, trafegam até o centro da cidade principal área atingida pelas descargas negras.

Importante mostrar que o material particulado presente na fumaça dos ônibus urbanos, contribui também para a deteriorização do espaço urbano. Sobretudo por que, além de exercerem influência negativa à saúde humana, também interferem na rugosidade urbana (edificações, monumentos). De acordo com Assunção (2004) as edificações e monumentos são afetados com a deposição desse material, afetando sua estética, exigindo uma manutenção constante, conforme pode ser visualizados na figura 23.



Figura 23 - Material Particulado impregnado em caixa d'água, localizada na Rua Brasília com Sete de Setembro, Porto Velho, Rondônia  
Autor Robison Costa, março 2015

Na flora, a deposição desse material afeta diretamente o desenvolvimento das árvores, pois o material depositado nas folhas dificulta seu crescimento, ao obstruir seus estômatos (Figura 24).



Figura 24 - Material particulado em folha de Mangueira (*Mangifera indica*), coletada do canteiro central da av. Jorge Teixeira (BR-319) com rua D. Pedro II, via com intenso tráfego de veículos.

Autor Robison Costa, março 2015

Assunção *et al.* (2004) afirmam que na fauna também são percebidas influências negativas a partir da emissão desses poluentes, uma vez que é possível ter essa percepção a partir da diminuição das espécies em ambientes onde o poluente é encontrado em grandes proporções.

Em números os resultados obtidos no monitoramento dos ônibus com a escala de Ringelmann foram de que 71,19% dos veículos vistoriados estavam dentro dos padrões de qualidade e 28,81 estavam fora dos padrões, no momento da vistoria/monitoramento de campo. Comparando este estudo com alguns realizados em outras cidades do Brasil, como por exemplo, o desenvolvido por Carvalho (2007) em Campinas, onde 88% dos ônibus urbanos vistoriados estavam dentro dos padrões de qualidade e ainda o de Rodrigues *et al.* (2013) em Maceió, onde 61,87%, dos veículos vistoriados estavam de acordo com a legislação.

Fica claro que, a escala de Ringelmann como metodologia de campo para avaliação rápida de veículo do ciclo diesel torna-se eficaz em casos onde o veículo vistoriado está com lançamento de fumaça negra num estágio bem avançado, ainda, devido sua praticidade o resultado da vistoria é imediato. Esse mecanismo também facilita nas vistorias de veículos em atividades de blitz de trânsito, pois se utilizando desta metodologia torna-se desnecessário deslocamento de maquinário especializado para avaliação desses veículos, pois



geralmente a análise realizada por máquinas demanda de um tempo maior, energia para funcionamento dos equipamentos bem como técnicos especializados para operar esses equipamentos. Nem sempre disponíveis numa ação de campo, haja vista as limitações do poder público.

Em contrapartida, destacamos as limitações desta metodologia, as quais apontam apenas o grau de enegrecimento da fumaça, não sendo possível verificar a concentração e os gases presentes que saem das descargas dos veículos, diferentemente de equipamentos mais especializados e modernos, os quais podem constatar o quanto o veículo vistoriado está lançando no momento e não induz o avaliador a falhar. Mesmo que os veículos não estejam lançando fumaça preta, por questões de manutenção veicular, são passíveis de estarem lançando gases nocivos acima do permitido. Fato este que pode passar despercebido pelo utilizador da escala de Ringelmann, mas não por um equipamento eletrônico.

#### **4.2 RESULTADOS DAS AMOSTRAGENS DAS CONCENTRAÇÕES DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO NA ÁREA URBANA DE PORTO VELHO**

Durante o período da pesquisa, as concentrações de dióxido de nitrogênio na área urbana de Porto Velho alcançaram as seguintes concentrações implícitas na Tabela 8. A partir desses resultados foram gerados mapas, tabelas e gráficos e realizado a discussão.

Os resultados foram analisados utilizando-se a variância pelo teste F, em suas médias aplicou-se o teste de Turkey ao nível de 5% de probabilidade. Os resultados obtidos após análise demonstraram que, as médias seguidas pela mesma letra “a” (tabela 8) não diferem estatisticamente entre si (SILVA, 2016).

Os resultados foram comparados tomando como referência a Resolução Conama nº 03 de 28 de Junho de 1990, que dispõe sobre os padrões de qualidade do ar previsto no PRONAR – Programa Nacional de Controle de Qualidade do AR.

Mês	Concentrações de NO <sub>2</sub> em µg/m <sup>3</sup>				
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Abril	5,05	5,73	5,48	10,00	7,96
Maio	6,42	6,37	9,88	6,69	9,38
Junho	5,53	4,42	8,87	7,30	8,09
Julho	6,92	6,83	13,00	8,66	8,79
Agosto	10,20	12,70	16,60	11,30	14,90
<b>Total</b>	<b>34,12</b>	<b>36,05</b>	<b>53,83</b>	<b>43,95</b>	<b>49,12</b>
<b>Média das Concentrações</b>	<b>6,82a</b>	<b>7,21a</b>	<b>10,77a</b>	<b>8,79a</b>	<b>9,82a</b>

Tabela 8 - Concentrações de NO<sub>2</sub> nos pontos amostrados, unidade de medida em µg/m<sup>3</sup> de acordo com a Resolução Conama nº 03 de 1990

Observa-se que os pontos com médias aritméticas mais elevada foram os pontos 3 e 5, com concentrações de 10,77 e 9,82 µg/m<sup>3</sup> respectivamente. Os pontos 3 e 5, são os do Trevo do Roque e Jatuarana.

Conforme os resultados apresentados na tabela 8 ficou constatado que as concentrações de dióxido de nitrogênio obtidas durante o período da pesquisa demonstram que as concentrações de dióxido de nitrogênio nos cinco pontos estão dentro dos padrões de qualidade, haja vista que, de acordo com a Resolução Conama 03 de 1990, os padrões de qualidade do ar para o dióxido de nitrogênio não podem ultrapassar a média de 100 µg/m<sup>3</sup>.

A plotagem das médias das concentrações de Dióxido de Nitrogênio foram plotadas no mapa (figura 25) para exemplificar a espacialização de tais concentrações sobre o espaço urbano da cidade, conforme figura 25.

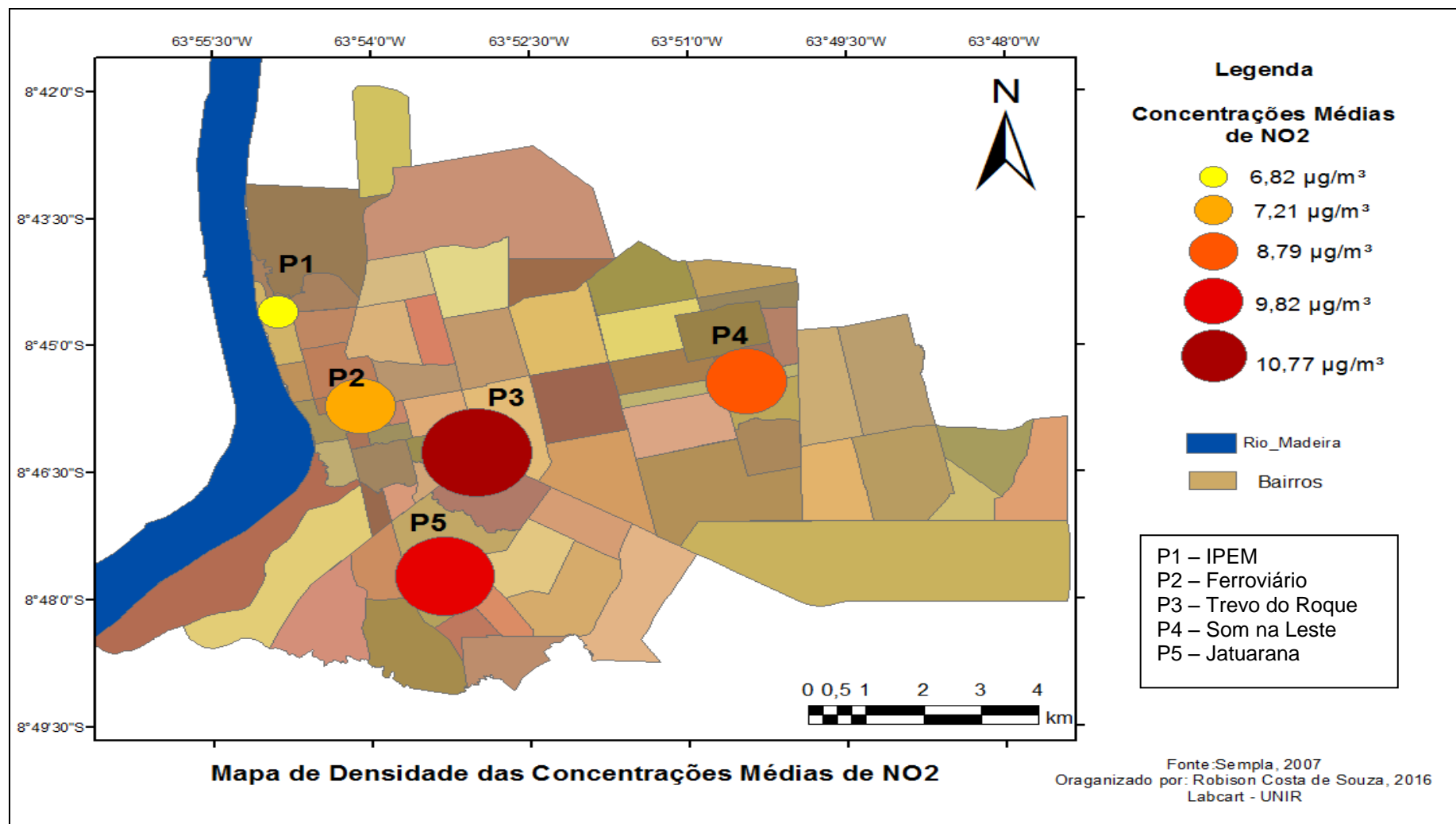


Figura 25 - Mapa de densidade das concentrações médias de NO<sub>2</sub> entre os meses de Abril e Agosto de 2016

Na análise individual por cada ponto foi possível verificar que o ponto 3, no mês de Agosto alcançou o maior pico durante o período da experiência de 16,60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , tal fato se deve a este ponto ser um local de intenso fluxo de veículos que transitam na cidade e também ser o principal entroncamento que ligará o Estado de Rondônia aos Estados do Acre, Mato Grosso, Amazonas e também acesso ao porto da cidade, nessa região o fluxo de caminhões de logística são constantes.

Mesmo sendo o ponto de maior concentração, o ponto 3, está bem abaixo dos níveis considerados preocupantes, entretanto cabe como alternativa para minimizar ainda mais tais níveis nesse ponto o redirecionamento do fluxo de veículos pesados dentro da área urbana com a criação de anéis viários ou rotas alternativas que saiam do perímetro urbano e migrem para áreas periféricas.

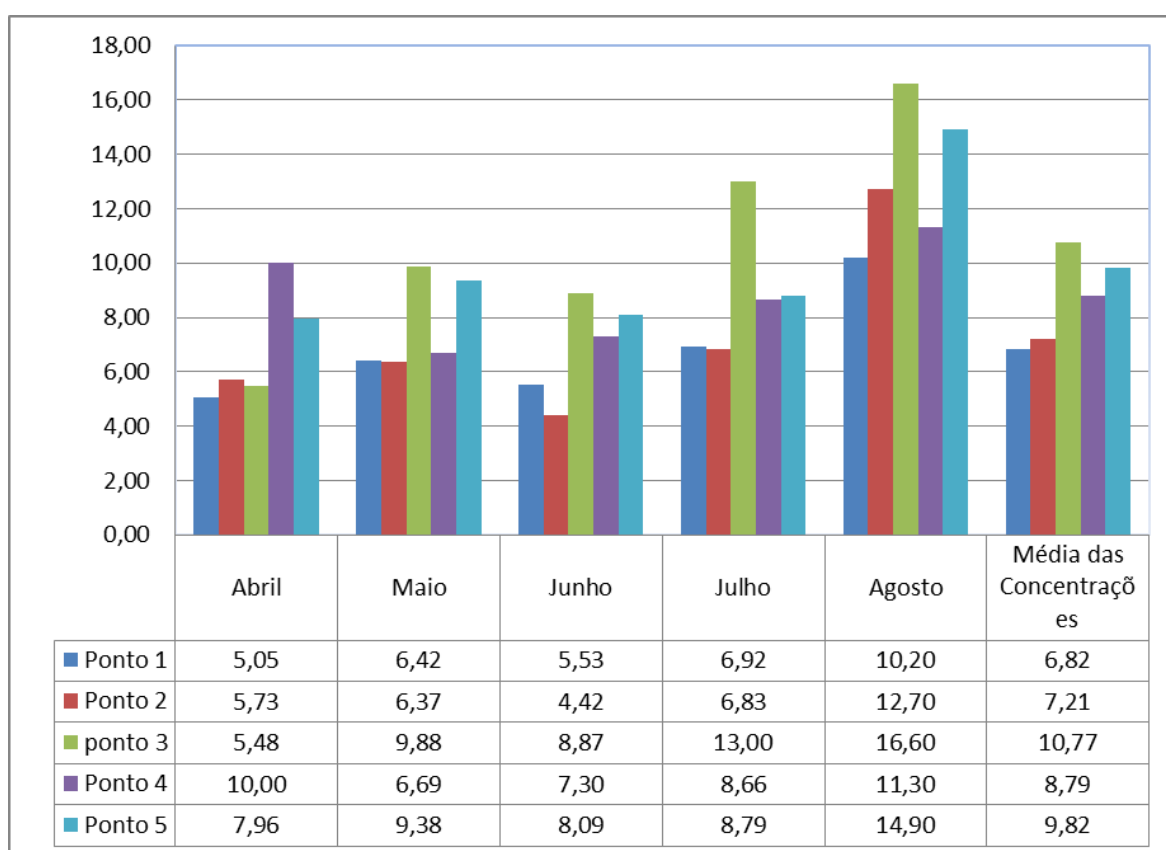


Gráfico 7 - Concentrações de  $\text{NO}_2$  de Abril a Agosto e suas médias

No gráfico 7, verificamos todos os resultados alcançados durante a pesquisa, sendo possível visualizar as variações dos níveis de  $\text{NO}_2$ .

Na pesquisa foi possível constatar também que o ponto com a menor taxa de concentração de dióxido de nitrogênio foi observado no mês de junho no Ponto 2 (Ferroviário) a concentração mensurada foi de 4,42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , neste ponto também foi observado a segunda menor média dos níveis de dióxido de nitrogênio durante

a pesquisa marcando  $7,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Já o ponto com a menor média de concentração do dióxido de nitrogênio foi o Ponto 1 (IPEM) onde foi registrada a média de  $6,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Estes dois pontos 1 e 2, estão localizados próximos ao Rio Madeira, por estarem próximos a um grande corpo d'água ambos podem sofrer influência das chamadas brisas fluviais.

Segundo Fisch (1998) a brisa fluvial é um fenômeno natural que acontecem devido às diferenças térmicas entre o corpo d'água (Rio) e a superfície terrestre, ocasionado pelo aquecimento desses dois corpos pelos raios solares. Durante o dia a superfície terrestre está com a temperatura mais elevada do que a temperatura do rio, sendo assim, as camadas de ar quente e menos densas da terra se elevarão deixando lugar para as camadas de ar fria e mais densa que vem do rio, formando assim a brisa fluvial. Durante a noite este fenômeno irá se inverter, ou seja, a brisa irá se formar na superfície terrestre indo em direção ao rio, conforme apresentado na figura 26.



Figura 26 - Movimentos das camadas de ar entre Rio e Terra para formar a brisa fluvial

Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Brisa>

Na Figura 27, veremos como a ação da brisa fluvial nesses dois pontos, podem influenciar para dispersar os poluentes abaixando os níveis de dióxido de nitrogênio nestes dois pontos, apesar do ponto 1 possuir um intenso tráfego de caminhões e o ponto 2 localizar-se no centro da cidade também com intenso tráfego.

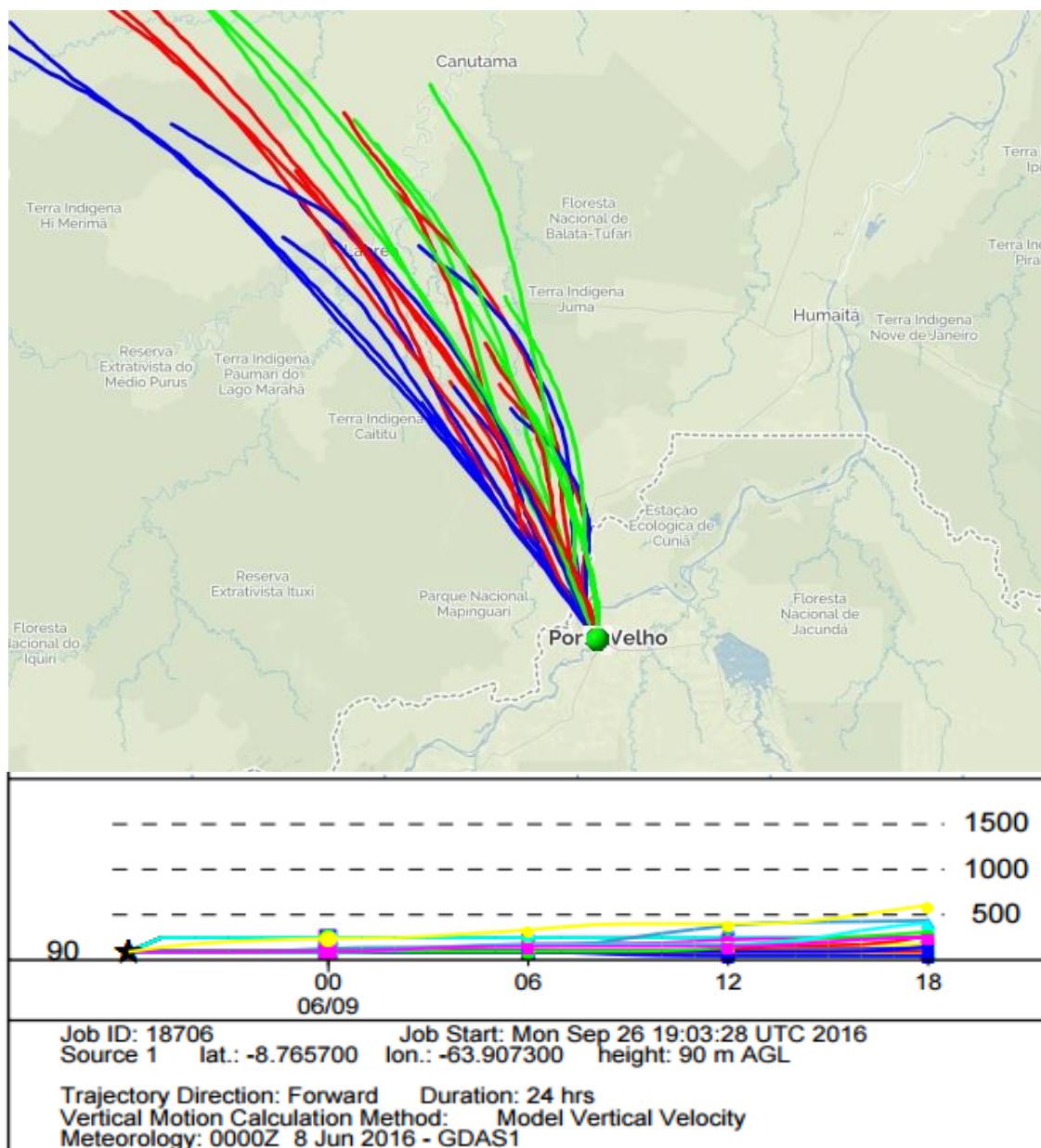


Figura 27 - Trajetória dos ventos no Ponto 2, Junho de 2016  
 Fonte: HYSPLIT NOAA, <http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>

Na figura é possível verificar que as origens dos ventos na ocasião são de Noroeste indo em direção para Sudeste, influenciado os resultados dos dois pontos, vale ressaltar também que, essa leitura foi realizada durante o dia, mostrando mais uma vez o movimento da brisa sentido rio para terra.

Os dados meteorológicos para os períodos amostrados de Abril a Agosto para: temperatura media, velocidade do vento, umidade relativa do ar e precipitação estão representados nas tabelas 9 e 10.

Velocidade (m/s)	Escala	Termo	Efeitos
≤ 0,55	0	Calmaria	Elevação de Fumaça; folhas das árvores não se movem
0,55 a 1,38	1	Muito Fraco	Percepção da direção do vento ao transportar fumaça, movimentação de pequenos galhos
1,66 a 3,33	2	Fraco	Inclinação de árvores isoladas de 5m, é possível sentir o vento
3,61 a 5,55	3	Suave	Ramos de arvores e as copas são agitadas
5,83 a 8,05	4	Moderado	Soerguimento de poeira, inclinação de arvores de 5m
8,33 a 10,83	5	Moderadamente Forte	Pequena dificuldade ao andar contra o vento, quebra de galhos de árvores
11,11 a 16,66	6	Forte	Danos a construções, maior dificuldade ao andar contra o vento

Tabela 9 - Classificação da velocidade do vento de acordo com a Escala de Beaufort  
Adaptado de: Soares e Batista (2004 apud MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007)

A partir dos dados apresentados na tabela 9, sobre as classificações dos ventos de acordo com a Escala de Beaufort, verificou-se que os ventos em Porto Velho durante o período amostrado, que foi durante os meses de Abril a Agosto, são apresentados na tabela 10.

Período de Exposição	Média no Período			Total de Precipitação no Período (mm)	Escala de Beaufort
	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Ventos (m/s)		
7 - 14 de Julho	27,46	82,29	1,19	135,2	1
9 - 16 de Maio	26,8	82,27	1,06	4,8	1
6 - 13 de Junho	24,12	85,06	1,17	12	1
11 - 18 de Julho	28,32	66,24	1,35	0,2	1
3 - 10 de Agosto	30,60	51,87	1,56	4,4	1

Tabela 10 - Dados Meteorológicos do Período de Exposição dos Amostradores Passivos e Classificação dos Ventos de Acordo com Escala de Beaufort  
Fonte: INMET (2016)

No período da pesquisa constatou-se que os ventos mantiveram-se na escala 1 de Beaufort, a precipitação e umidade tiveram declínio acentuado fato

esse já esperado, pois nos meses (Abril a Agosto) em que a pesquisa foi realizada, ser característico de pouca precipitação.

A partir das informações das Tabelas 9 e 10, apresentamos a rosa dos ventos de Porto Velho, representada na Figura 27, que apresenta o comportamento dos ventos na área urbana e sua utilidade em caso de emergências relacionadas à poluição do ar, pois conhecendo a dinâmica dos ventos é possível minimizar possíveis danos à população em casos graves de poluição do ar.

Realizando uma comparação dos resultados alcançados nesta pesquisa que obtiveram picos de médias entre 4,42 e 13,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , com pesquisas desenvolvidas em outras cidades brasileiras, verificou-se que o presente trabalho obteve resultados semelhantes. Oliveira (2013) que realizando a determinação do  $\text{NO}_2$  no entorno do Parque Estadual Alberto Lofgren – SP obteve uma variação do  $\text{NO}_2$  entre 4,0 e 16,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Campos *et al* (2006) ao realizar experimento de monitoramento do  $\text{NO}_2$  em área urbana com influência industrial na cidade de Salvador – BA na ocasião a pesquisa obteve picos variando entre 2,3 e 11,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Comparando também com os resultados do Relatório de Monitoramento do Ar da Área Urbana de Porto Velho, lançado em agosto de 2016, e realizado pela SEDAM entre os meses de Abril a Maio de 2016. Monitoramento esse realizado com amostradores ativos, os picos de médias para o  $\text{NO}_2$  estiveram na marca entre 2,7 e 18,34  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (RONDÔNIA, 2016). Ou seja, as concentrações obtidas estão dentro dos parâmetros de acordo com as legislações vigentes.



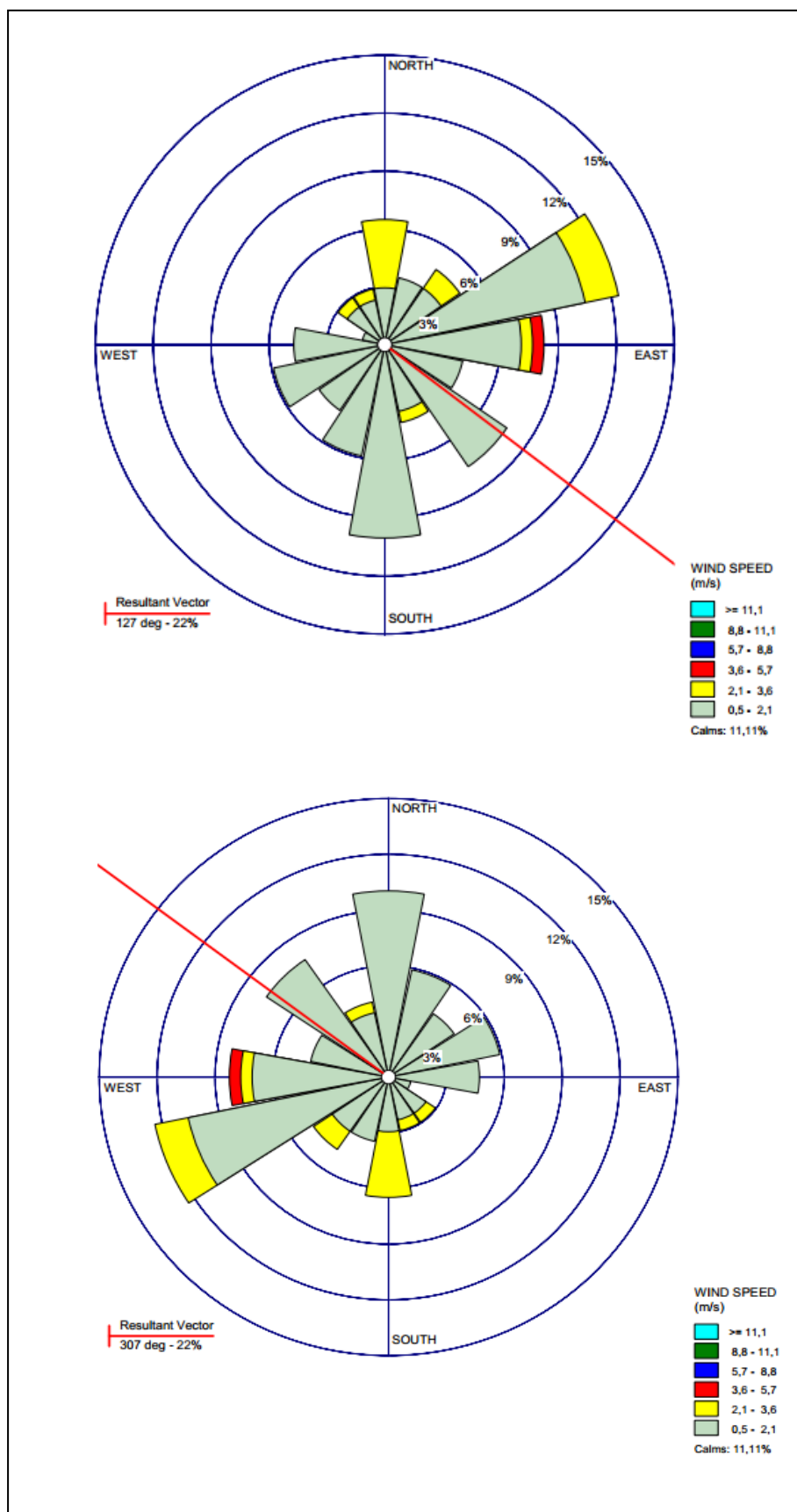


Figura 28 - Origem e destino dos Ventos em Porto Velho entre os dias 07 e 14 de Abril de 2016  
 Fonte: INMET (2016)

Com os resultados alcançados nesta pesquisa foram possíveis afirmar que na atual conjuntura os níveis de dióxido de nitrogênio ainda estão dentro dos padrões de qualidade, porém faz-se necessário um constante monitoramento para que possa a partir desse trabalho iniciar e manter um banco de dados sobre a qualidade do ar em Porto Velho, não somente do NO<sub>2</sub>, como também de outros gases que possam trazer problemas para a saúde da população portovelhense. Somente com o conhecimento dos poluentes atmosféricos e de seu grau de concentração poderão ser tomadas as medidas necessárias por parte dos administradores públicos.

## CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES

Este estudo se propôs a realizar um diagnóstico ambiental da qualidade do ar na área urbana de Porto Velho, onde as metodologias da Escala de Riegelmann e dos amostradores passivos, ambas de baixo custo e fácil aplicação, foram utilizadas para diagnosticar o estágio atual do ar que a população portovelhense vem consumindo.

Dos 59 ônibus urbanos analisados pela da Escala de Riegelmann, o percentual da frota de ônibus que lançavam fumaça enegrecida durante o monitoramento feito com a escala de Ringelmann ficaram em 28,81% e estão fora dos padrões aceitáveis por Lei. Dos pontos analisados, a avenida Sete de Setembro requer maior atenção por parte dos gestores públicos, por ser a principal via do centro da cidade e para onde convergem todas as linhas de ônibus urbanos, recebendo a somatória tornando-se a principal área atingida pelas descargas dos veículos. Foi possível detectar que os ônibus que atendem os bairros da Zona Sul de Porto Velho apresentaram os maiores níveis de poluição de acordo com a escala de Ringelmann, e destes, 7 (sete) servem as linhas Norte Sul e 2 (dois) a linha Cohab, são os que apresentaram os piores níveis de emissão, portanto se encontra fora dos padrões de qualidade, causando dano a saúde pública e aos bens patrimoniais.

Em relação à utilização dos amostradores passivos, os valores da concentração de  $\text{NO}_2$  ficaram entre 4,42 e 13,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ou seja, dentro dos padrões da Resolução Conama nº 03 de 1990, que não podem ultrapassar a média de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Foi possível constatar a forte influência dos ventos que percorrem a calha do Rio Madeira nas áreas próximas, isso ficou comprovado com os resultados baixos dos níveis de  $\text{NO}_2$  no ponto 1 localizados no IPEM e no ponto 2 localizado no Clube Ferroviário, ambos localizados próximos ao rio Madeira. Esses ventos trabalham na dispersão dos poluentes, culminando nos baixos índices de  $\text{NO}_2$ .

Confrontando os valores obtidos com os amostradores passivos que ficaram entre 4,42 e 13,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  do  $\text{NO}_2$  urbano no monitoramento, com os valores obtidos com amostradores ativos que foram de 2,7 e 18,34  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , realizados pela

SEDAM em Porto Velho no período de abril e maio de 2016, mais uma vez os resultados estiveram próximos, o que mostra a eficiência do método passivo para medir a poluição por NO<sub>2</sub>.

Ao realizar um comparativo com outras pesquisas desenvolvidas pelo Brasil que fizeram uso desta mesma metodologia e analisando o mesmo gás os resultados obtidos neste trabalho se mostraram semelhantes, comprovando a eficiência do mesmo.

Considerando que em Porto Velho e no Estado de Rondônia o monitoramento da qualidade do ar é inexistente, devido à falta de equipamentos, incentivo em pesquisas bem como interesse dos próprios órgãos responsáveis, propõe-se a utilização dessas duas metodologias, que se mostraram eficazes de controle e combate à poluição do ar e de baixo custo.

Diante dos resultados é cabível afirmar que as metodologias aplicadas são de grande importância não só para a área de estudo aqui apresentada, mas também para as demais cidades do Brasil, fazendo com que os agentes que buscam avaliar a poluição atmosférica através de lançamentos por diversas fontes, se figurem como ações preventivas e fiscalizadoras em prol da boa qualidade do ar.

Conhecendo esses resultados, os estudos não devem ser cessados, mas continuados para alimentar um arcabouço de estudos sobre a temática em questão, ainda, se possível ampliando estudos sobre o NO<sub>2</sub>, Material Particulado e demais gases que possam causar problemas não somente ao homem como aos demais seres vivos, e que tais estudos possam servir como fonte para o monitoramento nas demais cidades do Estado e de suas políticas públicas.

Concluindo, para que tais estudos possam realmente contribuir para a sociedade os mesmos serão disponibilizados aos principais órgãos ambientais do Município de Porto Velho, pois o compartilhamento da pesquisa é tão importante quanto a sua criação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6016: Avaliação de Teor de Fuligem com a Escala de Ringelmann**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABRIL. Revista Mundo Estranho. Quais são os limites de sobrevivência do homem? São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://mundoestranho.abril.com.br/materia/quais-sao-os-limites-de-sobrevivencia-do-homem>>. Acesso em: 06 de abril de 2016.

ALMEIDA, I. T. **A Poluição Atmosférica por Material Particulado na Mineração a Céu Aberto**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

ARAÚJO, A. S. D.; NAHIRNY, E. P.; FELIX, E. P. Medidas de Dióxido de Nitrogênio na Atmosfera de Ambientes Internos e Externos. In: 37ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2014. Natal. **Anais...** Natal: Centro de Convenções de Natal, 2014. Disponível em: <<http://www.sbq.org.br/37ra/cdrom/listaresumos.htm>>. Acesso em: 18 de Abril de 2016.

ASSUNÇÃO, J. V. Controle Ambiental do Ar. In: PHILIPPI Jr, A.; ROMÉRO, M.; BRUNA, G. C. (Eds.). **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri-SP: Manole, 2004. Páginas 101 – 154.

BAIRD. C. **Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BRASIL. **Portaria Minter nº100, de 14 de julho de 1980**. Dispõe sobre a emissão de fumaça por veículos movidos a óleo diesel. Disponível em: <[http://www.marconatto.com.br/conteudo/legislacao/portaria\\_minter\\_n100\\_1980.pdf](http://www.marconatto.com.br/conteudo/legislacao/portaria_minter_n100_1980.pdf)>. Acesso em: 20 de março de 2015. 16:31:23.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)> acesso em: 15 de março de 2016. 10:08:17.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº 3**, de 28 de Junho de 1990. Dispõe sobre os padrões da qualidade do ar e os poluentes atmosféricos. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>>. Acesso em: 19 de Abril de 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. O que o Brasil pensa do meio ambiente e do consumo sustentável. Brasília: MMA, 2012. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/images/noticias\\_arquivos/pdf/sumario%20executivo\\_pesquisabrasileiro\\_principais%20resultados\\_2012.pdf](http://www.mma.gov.br/images/noticias_arquivos/pdf/sumario%20executivo_pesquisabrasileiro_principais%20resultados_2012.pdf)>. Acesso em: 06 de abril de 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Poluentes Atmosféricos. Brasília: MMA, 2016. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos>>. Acesso em: 06 de Abril de 2016.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL**: levantamento dos recursos naturais. Folha SC.20 Porto Velho. Rio de Janeiro: 1978.

CAMPOS, V. P. *et al.* Monitoramento Atmosférico Passivo de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> em Áreas Urbanas e de Influência Industrial Como Prática de Química Ambiental Para Alunos de Graduação. **Química Nova**. v. 29. n. 4. p. 872 – 875. 2006.

CARSON. R. **Primavera Silenciosa**. São Paulo: Gaia, 2010.

CARVALHO, A. D.; ROSA, H. A.; MARINHO JR, J. P. Avaliação da Intensidade de Emissão de Fumaça Preta Pelo Transporte Coletivo na Cidade de Campinas. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**. v. 3, n. 2, p. 6-9, 2007.

CETESB (São Paulo). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. QUALAR: Qualidade do Ar. Disponível em: < <http://ar.cetesb.sp.gov.br/>>, acesso em: 06 de abril 2016.

CICLOVIVO. 25% das Mortes São Causadas por Condições Ambientais Ruins, diz OMS. 17 de março de 2016. Disponível em: <<http://ciclovivo.com.br/noticia/25-das-mortes-no-mundo-sao-causadas-por-condicoes-ambientais-ruins-diz-oms/>>. Acesso em: 27 de março de 2016.

CLAVAL, P. A revolução Pós-Funcionalista e as Concepções Atuais da Geografia. In: MENDONÇA, F.; KOZEL, S. (Orgs.). **Elementos de Epistemologia da Geografia Contemporânea**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2002. Páginas 11 - 43.

CORREIA. J. G. A. **Estudo Preliminar de NO<sub>2</sub> na Atmosfera da Cidade de João Pessoa, PB, Brasil**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Química) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa – PB, 2011.

CRUZ, L. P. S.; CAMPOS, V. P. Amostragem Passiva de Poluentes Atmosférica. Aplicação ao SO<sub>2</sub>. **Química Nova**. v. 25. n. 3. p. 406 - 411. 2002.

DAJOZ, R. **Ecologia Geral**. Petrópolis - RJ: Vozes, 1983.

DARDEL, E. **O homem e a Terra: natureza da realidade geográfica**. São Paulo: Perspectiva, 2015.

DERISIO, J. C. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

EBC - AGENCIA BRASIL. Quase 90% da População Urbana estão Expostos à Poluição do Ar. Brasília. 07 de maio de 2014. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2014-05/oms-quase-90-da-populacao-urbana-estao-expostos-poluicao-do-ar>>. Acesso em: 18 de março de 2016.

\_\_\_\_\_. Relembre os Principais Desastres Ambientais no Brasil. 28 de Novembro de 2015. Disponível em: < <http://www.ebc.com.br/noticias/meio->

ambiente/2015/11/conheca-os-principais-desastres-ambientais-ocorridos-no-brasil>. Acesso em: 03 de abril de 2015.

\_\_\_\_\_. Dados da População Rural e Urbana. 09 de março de 2015. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-03/pesquisa-diz-que-populacao-rural-do-brasil-e-maior-que-apurada-pelo-ibge>>. Acesso em 08 de Abril de 2016.

ESTADÃO. Poluição do Ar Mata 7 Milhões de Pessoas por Ano. **Agencia Estado**. 25 de março 2014. Disponível em: <<http://internacional.estadao.com.br/noticias/geral,oms-poluicao-do-ar-mata-7-milhoes-de-pessoas-por-ano,1144907>>. acesso em 18 de março de 2016.

FISCH, G. F.; NOBRE, C. A. Uma Revisão Geral do Clima da Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 28. n, 2. 1998.

FRONDIZI, C. A. **Monitoramento da Qualidade do Ar Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: E-papers, 2008.

GARCIA, G. **Construção e Calibração de Amostrador Passivo para Determinação de Ozônio Troposférico**. 2009. 78 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química Universidade Estadual Paulista, Araraquara - SP, 2009.

HOBSBAWM, E. J. **A Era das Revoluções**. 36<sup>a</sup> Ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2016

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. **População Residente Urbana na Sede Municipal**. Disponível em <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=11&dados=0>>. Acesso em: 08 de Abril de 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro. 2012.

IGLÉSIAS, Francisco. **A Revolução Industrial**. São Paulo: Brasiliense, 1986.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Dados Meteorológicos de Estações Automáticas em Gráficos e Tabelas. Brasília, 2016. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em 25 de Abril de 2016.

\_\_\_\_\_. Meteorologia Básica. Brasília, 01 de Março de 2003. Disponível em: <[http://www.inmet.gov.br/html/informacoes/sobre\\_meteorologia/meteoro\\_basica/meteorologia\\_basica.html](http://www.inmet.gov.br/html/informacoes/sobre_meteorologia/meteoro_basica/meteorologia_basica.html)>. Acesso em: 22 de Abril de 2016.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Focos de Queimadas em Rondônia Aumentam quase 300% em Dois Anos. São José dos Campos, 2015. Disponível em: <<http://www.ccst.inpe.br/focos-de-queimadas-em-rondonia-aumentam-quase-300-em-dois-anos/>>. Acesso em: 08 de Julho de 2016.

IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. **Qual é a contribuição do Brasil nas emissões de gases de efeito estufa via desmatamento?** 2011. Disponível em: <<http://www.ipam.org.br/saiba-mais/abc/mudancaspergunta/Qual->

e-a-contribuicao-do-Brasil-nas-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-via-desmatamento-/30/20> acesso em: 22 de março 2016. 10:20:18.

JUSTINA, E. E. D. **Zoneamento Geoambiental da Reserva Biológica do Jarú e Zona de Amortecimento - RO, Como Subsídio ao seu Plano de Manejo**. Tese de Doutorado. (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). - Universidade Estadual Paulista. São Paulo - SP, 2009.

LEFF, E. **Epistemologia Ambiental**. 5ª Ed. São Paulo: Cortez, 2002.

MALAVOLTA, E. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia Noções Básicas e Climats do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MELCHERT, W. R.; CARDOSO, A. A. Construção de Amostrador Passivo de Baixo Custo Para Determinação de Dióxido de Nitrogênio. **Química Nova**. v. 29. n, 2. p. 365 - 367. 2006.

MOREIRA, D.; TIRABASSI, T. Modelo Matemático de Dispersão de Poluentes na Atmosfera: Um Instrumento Técnico Para a Gestão Ambiental. **Revista Ambiente & Sociedade**. v. 7. n, 2. p. 157 - 171. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v7n2/24693.pdf>>. Acesso em 22 de Abril de 2016.

MOREIRA, Tiana Carla Lopes. **Interação da vegetação arbórea e poluição atmosférica na cidade de São Paulo**. 2010. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010. doi:10.11606/D.11.2010.tde-17032010-134836. Acesso em: 2016-09-28.

OLIVEIRA, Y. C. B. B. **Determinação da Concentração do Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>) Atmosférico que Pode Contribuir para o Aumento da Disponibilidade de Nitrogênio Reativo na Região do Parque Estadual Alberto Löfgren, SP**. 2013. 40 f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, Campus Sorocaba, Sorocaba - SP, 2013.

ONU - Organização das Nações Unidas. Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais, Divisão de População (2015). **Perspectiva da Urbanização no Mundo**. Disponível em: <<http://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf>>. Acesso em 30 de março de 2016.

PELICIONI, A. F. Trajetória do Movimento Ambientalista. In: PHILIPPI Jr, A.; ROMÉRO, M.; BRUNA, G. C. (Editores.). **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri-SP: Manole, 2004. Páginas 431 - 457.

PHILIPPI Jr, A.; ROMÉRO, M.; BRUNA, G. C. Uma Introdução a Questão Ambiental. In: PHILIPPI Jr, A.; ROMÉRO, M.; BRUNA, G. C. (Editores.). **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri-SP: Manole, 2004. Páginas 3 - 16.



PIONTEKOWSKI, V. J. *et al.* Avaliação do Desmatamento no Estado de Rondônia entre 2001 e 2011. **Floresta e Ambiente**. v. 21. n 3. p. 297 – 306. 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/floram/v21n3/aop\\_floram\\_068213.pdf](http://www.scielo.br/pdf/floram/v21n3/aop_floram_068213.pdf)>. Acesso em: 08 de julho de 2016.

PORTAL AMAZÔNIA. Mapa de Queimadas na Amazônia: índices alarmantes, causas e previsões. Manaus, 14 de Agosto de 2015. Disponível em: <<http://portalamazonia.com/noticias-detalle/meio-ambiente/mapa-de-queimadas-na-amazonia-indices-alarmantes-causas-e-previsoes/?cHash=43f0a4af3364cb550be80ce845ebfc20>>. Acesso em: 21 de Abril de 2016.

\_\_\_\_\_. Fumaça que Encobre Manaus é Gerada ao Longo do Curso do Rio Amazonas. Manaus, 04 de Janeiro de 2016. Disponível em: <<http://portalamazonia.com/noticias-detalle/cidades/queimadas-na-bacia-do-rio-amazonas-deixam-manaus-sob-fumaca/?cHash=f7fb7578ad31662491ff17b1007188f5>>. Acesso em: 22 de Abril de 2016.

PORTO-GONÇALVES, Carlos Walter. **A Globalização da Natureza e a Natureza da Globalização**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

PORTO VELHO (Município). Lei Complementar 138 de 28 de Dezembro de 2001. **Institui o Código Municipal de Meio Ambiente e dá outras providências**. Disponível em: <<http://www.portovelho.ro.gov.br/>>. Acesso em 20 de Abril de 2016.

\_\_\_\_\_. Secretaria Municipal de Meio Ambiente - SEMA. Relatório Anual das Denúncias Recebidas em 2015a, Pelo Departamento de Fiscalização. Porto Velho, 2015

\_\_\_\_\_. Secretaria Municipal de Administração - SEMAD. O Município de Porto Velho. 15 de março de 2015b. Disponível em: <<http://www.portovelho.ro.gov.br/porto-velho>>. Acesso em: 23 de Abril de 2016.

\_\_\_\_\_. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação - SEMPLA. Plano Diretor de Porto Velho 2008. Porto Velho, 2008.

POSTGATE, J. **Fixação do Nitrogênio**. São Paulo: EPU, 1989.

RODRIGUES, M. T. *et al.* Avaliação e Caracterização dos Padrões de Poluentes Emitidos Pelo Transporte Coletivo de Maceió - AL. **Revista Geografia em Atos - GEOATOS**. v. 2, n. 13, p. 1-9. 2013. Disponível em: <<http://revista.fct.unesp.br/index.php/geografiaematos/article/view/2134>>. Acesso em: 15 de abril de 2015. 11:45:06.

RONDÔNIA (Estado). Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM. **Atlas Geoambiental de Rondônia**. Porto Velho, 2002.

RONDÔNIA (Estado). Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM. **Boletim Climatológico de Rondônia 2005**. Porto Velho, 1999.

RONDÔNIA (Estado). Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM. **Boletim Climatológico de Rondônia 2005**. Porto Velho, 2000.

RONDÔNIA (Estado). Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM. **Boletim Climatológico de Rondônia 2005**. Porto Velho, 2006.

RONDONIA. (Estado). Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM. **Plano de Prevenção, Controle e Alternativas Sustentáveis ao Desmatamento em Rondônia**. Porto Velho, 2015. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/168/\\_arquivos/planos\\_estadual\\_de\\_prevenao\\_e\\_controle\\_do\\_desmatamento\\_de\\_rondonia\\_168.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/168/_arquivos/planos_estadual_de_prevenao_e_controle_do_desmatamento_de_rondonia_168.pdf)>. Acesso em 08 de julho de 2016.

RONDÔNIA (Estado). Lei 547 de 30 de Dezembro de 1993. **Dispõe sobre a criação do Sistema Estadual de Desenvolvimento Ambiental de Rondônia - SEDAR e seus instrumentos, estabelece medidas de proteção e melhoria da qualidade de meio ambiente, define a Polícia Estadual de Desenvolvimento Ambiental, cria o Fundo Especial de Desenvolvimento Ambiental - FEDARO e o Fundo Especial de Reposição Florestal - FEREF**. Disponível em: <<http://www.sedam.ro.gov.br/arquivos/arquivos/13-06-13-13-20-05lei5471993.pdf>>. Acesso em: 20 de Abril de 2016.

RONDÔNIA (Estado). Decreto 7.903 de 01 de Julho de 1997. **Regulamenta a Lei nº 547, de 30 de dezembro de 1993, que dispõe sobre proteção, recuperação, controle, fiscalização e melhoria de qualidade do meio ambiente no Estado de Rondônia**. Disponível em: <<http://www.sedam.ro.gov.br/arquivos/arquivos/13-06-13-13-51-01dec79031997.pdf>>. Acesso em: 20 de Abril de 2016.

RONDÔNIA (Estado). **Departamento Estadual de Trânsito**. Anuário estatístico de acidentes de trânsito de Rondônia 2013. Porto Velho: DETRAN 2014. Disponível em: <<http://www.detran.ro.gov.br/2014/08/anuario-de-estatistica-2013/>>. Acesso em: 06 de junho de 2015. 22:49:02.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço**. 4ª Ed. São Paulo: Edusp, 2006.

SANTANA, Eduardo. *et al.* **Padrões de Qualidade do Ar: Experiência Comparada Brasil, EUA e Europa**. São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2012. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/C1CB3034/Estudo\\_Padrees\\_Qualidade\\_Ar.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/C1CB3034/Estudo_Padrees_Qualidade_Ar.pdf)>. Acesso em: 27 de março de 2016.

SALGADO-LABOURIAU, Maria Léa. **História Ecológica da Terra**. São Paulo: Blucher, 1994.

SILVA, F. A. S. **ASSISTAT: Versão 7.7 beta**. DEAG-CTRN-UFCG – Atualizado em 01 de janeiro de 2016. Disponível em: <<http://www.assistat.com>>. Acessado em: 29 de setembro de 2016.

SILVA, H. R. O.; **Geoprocessamento Aplicado na Delimitação das Áreas de Preservação Permanente: Área Urbana de Porto Velho**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho – RO, 2014.

SILVA, M. F. **Mapeamento Geomorfológico da bacia do Igarapé Grande - Porto Velho RO**. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho – RO, 2012.

\_\_\_\_\_. **Análise Morfoestrutural da Folha Porto Velho SC20 V-B-V, Como Subsídio a Delimitação de Traçados de Estradas e Rodovias**. Dissertação de Mestrado. (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho – RO, 2013.

SPOSITO, Eliseu Savério. **A Vida nas Cidades**. 5ª Ed. São Paulo: Contexto, 2004.

SOBIOLOGIA. Ciclo do Nitrogênio. 27 de julho de 2007. Disponível em: <[http://www.sobiologia.com.br/conteudos/bio\\_ecologia/ecologia26\\_1.php](http://www.sobiologia.com.br/conteudos/bio_ecologia/ecologia26_1.php)>. Acesso em: 18 de Abril de 2016.

SOUZA, R. C.; SILVA, M. F.; JUSTINA, E, D. Escala de Ringelmann na Avaliação da Fumaça Emitida Pela Frota de Ônibus Urbanos de Porto Velho, Rondônia. **Caminhos de Geografia**. v. 17. n, 59. 279 – 293. 2016

SUTCLIFFE, J. F. **As Plantas e os sais Minerais**. São Paulo: EPU, 1989.

TEJAS, G. T. *et al.* Estudo da Variabilidade Climática em Porto Velho-RO, Brasil no Período de 1982 a 2011. **Revista de Geografia (UFPE)**. v. 29. n, 2. p. 63 – 82. 2012. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/revistageografia/index.php/revista/article/viewFile/556/425>>. Acesso em 07 de julho de 2016.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução a Climatologia**. São Paulo: Cengage Learnig, 2011.

VIEIRA. N. R. **Poluição do Ar Indicadores Ambientais**. Rio de Janeiro: E-papaers, 2009.

VIEIRA, L. C. **Uso de Amostradores Passivos Para o Monitoramento do Ar**. 2012. 61 f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Curso de Engenharia Ambiental, Passo Fundo - RS, 2012.

VITTE. A. C . Da Metafísica da Natureza à Gênese da Geografia Física Moderna. In: VITTE. A. C. (Org.). **Contribuições à História e à Epistemologia da Geografia**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

UNFPA - Fundo de População das Nações Unidas. Relatório Sobre a Situação da População Mundial 2011. **UNFPA-Brasil**. Disponível em: <<http://www.un.org/files/PT-SWOP11-WEB.pdf>>. Acesso em: 29 de março de 2016.

ZAVATTINI, J. A.; BOIN, M. N. **Climatologia Geográfica Teoria e Prática de Pesquisa**. Campinas - SP: Alínea, 2013.