



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

MARIA DE FÁTIMA ARAÚJO ALVES

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA
NO MICROCLIMA URBANO DE POMBAL – PB**

Pombal - PB
2015

MARIA DE FÁTIMA ARAÚJO ALVES

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA
NO MICROCLIMA URBANO DE POMBAL – PB**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Dr^a. Virgínia de Fátima Bezerra
Nogueira

Pombal - PB
2015

MARIA DE FÁTIMA ARAÚJO ALVES

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO
MICROCLIMA URBANO DE POMBAL – PB**

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira
UFCG/UACTA

Prof^ª. Dr^ª. Aline Ferreira
UFCG/UACTA

Prof. Dr. Valner da Silva Nogueira
Empresário

Pombal- PB, 07 de março de 2015.

Primeiramente a Deus por me permitir chegar até aqui, a minha família, amigos e a todos os meus professores, especialmente a Prof^a. Dr^a. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me permitido chegar até aqui, por me ajudar sempre e por ser o maior educador que alguém pode conhecer. Toda honra e glória para ti.

Ao meu pai (*in memórian*) que mesmo não estando mais aqui, sei que sempre torceu por mim e me incentivou.

Agradeço à minha mãe pelo companheirismo de sempre e por acreditar que tudo é possível.

Aos meus irmãos que sempre me apoiaram, a minha irmã Lígia e minha cunhada Amanda que ajudaram com as medições.

Aos meus colegas de curso, que a partir de agora cada um trilhará seu caminho, mas ficará a certeza de que cada um de nós cooperou para o crescimento do outro.

A Estefânia Soares, Gabriela Sá e Maysa Linhares por ter me ajudado com as medições nas coletas dos dados.

As minhas amigas, Erika Fernandes, Gêanny Alves, Gerdiana, Paloma Galvão, Kézia Nogueira, Maria Nogueira, Mikarla Melo, Erika Bento, Rejane, Vitória, Maysa Mônica e Francisca Jéssica pela amizade e contribuição na minha formação, e a minha amiga de infância Joelma Rodrigues pelo apoio e incentivo.

A banca examinadora: Prof. Dr^a. Aline Costa Ferreira, ao empresário Dr. Valner da Silva Nogueira, que muito contribuíram com a presente pesquisa.

À Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA, pela oportunidade.

A todos os professores da Unidade Acadêmica de Ciência e Tecnologia Ambiental – UACTA/CCTA/UFCG - Campus de Pombal pelas informações transmitidas, em especial a professora MSC. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira pela sua orientação. Na verdade não tenho palavras para te agradecer, mas muitíssimo obrigado.

RESUMO

O crescimento das pequenas cidades associado ao crescimento econômico do país, aumentou o número de microempresas e da frota veicular resultando em poluição do ar. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da poluição atmosférica no microclima urbano de Pombal-PB. Foram escolhidos três pontos de observações: uma rua pavimentada (ponto 1); uma área na zona rural do município (ponto 2) e uma praça arborizada (ponto 3). Para a coleta das variáveis meteorológicas foram utilizados dois equipamentos digitais e portáteis e para o monitoramento das emissões mais um totalizando três aparelhos. A coleta desses dados foi realizada entre os anos de 2013 e 2014. As variáveis meteorológicas estudadas foram: temperatura, umidade relativa e velocidade do vento. Os resultados indicaram para o primeiro período de medição que os diferentes usos do solo têm influencia nos parâmetros climáticos, sendo a temperatura do ar na zona urbana superior à da zona rural em torno de 1,7 °C. Já a relação entre os pontos 1 e 3 mostrou que as diferenças microclimáticas, entre as ruas arborizadas e sem arborização, apresentaram influência das árvores tornando valores distintos entre as estações do ano. Em relação à coleta de gases têm se que as concentrações acima do permitido foram detectadas no momento em que veículos antigos transitavam próximo ao local. Os resultados encontrados destacam a importância da arborização e do controle das emissões, através de equipamentos de controle da poluição e do uso de transporte coletivo, bem como a mitigação dos impactos ambientais.

Palavras chave: Variáveis meteorológicas. Arborização. Alterações climáticas.

ABSTRACT

The growth of small towns associated with the country's economic growth, the number of micro-enterprises and vehicle fleet resulting in air pollution. Thus, the objective of this study was to evaluate the influence of air pollution in urban microclimate of Pombal-PB. Three-point observations were chosen: a paved street (point 1); an area in the rural municipality (point 2) and a leafy square (point 3). To monitor the meteorological variables were used three digital and portable equipment. The collection of such data was carried out between 2013 and 2014. The meteorological variables studied were: temperature, relative humidity and wind speed. The results showed for the first period of measurement that different land uses have influence on climate parameters, with the air temperature in the urban area higher than the countryside around 1.7°C. Points 1 and 3 showed that the microclimatic differences between the wooded and unshaded streets, had influences of trees making different values between the seasons. Regarding the collection of gases that have over the allowed concentrations were found at the time that old vehicles transiting near the site. The results highlight the importance of afforestation and control of emissions, through pollution control equipment and public transport use as well as the mitigation of environmental impacts.

Keywords: Meteorological variables. Afforestation. Climate Change.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Emissão de CO ₂ nos diferentes meios de transportes	25
Figura 2 – Localização do município de Pombal no Estado da Paraíba.....	32
Figura 3 – Vista aérea da localização da Rua Odilon Lopes (ponto 1)	35
Figura 4 – Visualização aérea da Praça Getúlio Vargas (ponto 3).....	36
Figura 5 – Anemômetro digital com termômetro	38
Figura 6 – Aparelho utilizado para a terceira etapa: Termoanemômetro	39
Figura 7 – Aparelho utilizado para detecção de gases poluentes no ponto 1	40
Figura 8 – Temperatura média entre 17/05 a 24/05/2013 na zona urbana e rural do município de Pombal-PB	46
Figura 9 – Velocidade média dos ventos entre 17/05 a 24/05/2013 na zona urbana e rural do município de Pombal-PB.....	47
Figura 10 – Temperaturas médias diárias nas três estações do ano na zona urbana de Pombal-PB	48
Figura 11 – Umidade Relativa média diária nas três estações do ano na zona urbana de Pombal-PB.....	50
Figura 12 – Atividades que podem ter interferido nas medições do ponto 1: (A, B e C) Lavagens de pisos e (D e E) fluxos de veículos	50
Figura 13 – Barreiras que podem ter interferido nas medições do ponto 1: (A) Prédios e (B, C e D) veículos longos que passavam no local no momento das coletas.....	52
Figura 14 – Velocidade média diária dos ventos em três estações do ano na zona urbana de Pombal-PB.....	53
Figura 15 – Temperatura média diária em três estações do ano na zona rural de Pombal-PB.....	54
Figura 16 – Umidade média diária em três estações do ano na zona rural de Pombal-PB	55
Figura 17 – Velocidade média diária dos ventos em três estações do ano na zona rural de Pombal-PB.....	56
Figura 18 – Temperatura do ar nas três estações do ano na Rua Odilon Lopes.....	57
Figura 19 – Umidade relativa do ar nas três estações do ano na Rua Odilon Lopes.....	58

Figura 20 – Velocidade média dos ventos nas três estações do ano na Rua Odilon Lopes	59
Figura 21 – Temperatura do ar nas três estações do ano na Praça Getúlio Vargas	60
Figura 22 – Umidade Relativa do ar nas três estações do ano na Praça Getúlio Vargas	61
Figura 23 – Velocidade média dos ventos nas três estações do ano na Praça Getúlio Vargas.	61
Figura 24 – Registros de monóxido de carbono no ponto 1	63

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 – Principais poluentes atmosféricos e seus efeitos na saúde humana.....	22
Tabela 2 – Combustíveis com seus respectivos poluentes	27
Tabela 3 – Estrutura do índice da qualidade do ar	29
Tabela 4 – Padrões de qualidade do ar no Brasil.....	31
Tabela 5 – Período das coletas dos dados meteorológicos analisados durante a pesquisa.....	36
Tabela 6 – Quantidade de indústrias de Pombal-PB e suas respectivos bases energéticas.....	42
Tabela 7 – Gases lançados no ar com a queima de lenha e carvão	42
Tabela 8 – Fontes de poluição nas épocas das festas juninas de Pombal-PB.....	43
Tabela 9 – Frota veicular do município de Pombal-PB em 2010.....	45
Tabela 10 – Contagem manual dos veículos no horário do monitoramento das emissões atmosféricas.....	64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	16
2.1 GERAL.....	16
2.2 ESPECÍFICOS.....	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 FONTES DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA	17
3.2 POLUENTES ATMOSFÉRICOS.....	18
3.2.1 Conceito e Classificação	18
3.2.2 O transporte e Dispersão de Poluentes.....	19
3.3 OS EFEITOS DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS	21
3.3.1 Efeitos na Saúde Humana.....	21
3.3.2 Efeitos na Vegetação	22
3.3.3 Efeitos no Clima Urbano.....	23
3.3.4 Efeitos nos Materiais	24
3.4 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA POR EMISSÃO VEICULAR	24
3.4.1 Principais Combustíveis Usados em Veículos.....	26
3.4.2 Combustíveis Alternativos	27
3.5 MONITORAMENTO DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS.....	28
3.6 PADRÕES DE QUALIDADE DO AR.....	29
4 MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	32
4.2 MATERIAIS UTILIZADOS	33
4.3 QUANTIFICAÇÃO DAS FONTES DE POLUIÇÃO NA ÁREA URBANA DE POMBAL-PB.....	33

4.4 ANÁLISE DOS PONTOS DE ESTUDO	34
4.4.1 Ponto 1	34
4.4.2 Ponto 2	35
4.4.3 Ponto 3	35
4.5 ANÁLISES DOS PERÍODOS DE COLETA DE DADOS.....	36
4.6 MEDIÇÕES DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NO PERÍODO DE 17/05 A 24/05/2013.	36
4.6.1 Medições das Variáveis Meteorológicas no Período de 03/08/2013 a 22/02/2014.....	38
4.6.2 Medições das Variáveis Meteorológicas no Período de 03/05/2014 a 25/10/2014.....	39
4.6.3 Medições de monóxido de carbono, sulfeto de hidrogênio e gases Lelna área urbana.....	39
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1 IDENTIFICAÇÕES DAS PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA DA CIDADE	41
5.1.1 Levantamento das Fontes Móveis de Pombal-PB	44
5.2 REGISTRO E COLETA DE DADOS METEOROLÓGICOS NO PERÍODO DE 17/05 A 24/05/2013	45
5.3 REGISTRO E COLETA DE DADOS METEOROLÓGICOS NO PERÍODO DE 03/08/2013 A 22/02/2014	47
5.4 REGISTRO E COLETA DE DADOS METEOROLÓGICOS NO PERÍODO DE 03/05/2014 A 25/10/2014.	56
5.5 MEDIÇÕES NO PERÍODO DE 15/11/2014 A 27/12/2014	62
5.5.1 Emissões Atmosféricas Analisadas	62
5.5.2 Fluxo de Veículos Contabilizados no Ponto 1	63
6 CONCLUSÕES.....	65
7 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHO	66
REFERENCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

O meio ambiente é conduzido por princípios fundamentais que são indissociáveis e não podem ser manipulados pelo homem. Isso se dá devido ao fato de que todos os elementos de um ecossistema estão em equilíbrio e harmonia entre si. (BOETTGER, 2009). No entanto, nos últimos anos ele tem sofrido alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas segundo Fogliatti et al. (2004). Tendo essas alterações se intensificado muito com a Revolução Industrial, pois uma grande quantidade de ingredientes químicos foi lançada no ar, no solo e na água. (VESENTINI, 2005).

A industrialização trouxe muitos benefícios para a humanidade, mas, ao mesmo tempo, causou muitos problemas econômicos e sociais e um deles foi a poluição do meio ambiente. (CUNHA; CALIJURI, 2013).

Poluição é um tipo específico, sempre negativo, de impacto ambiental se referindo a qualquer degradação das condições ambientais, do hábitat de uma coletividade humana. (VESENTINI, 2005). De acordo com Biasotto (2005), a poluição é qualquer alteração das características naturais do meio ambiente que seja prejudicial à saúde pública, à garantia ao bem estar da população sujeita aos seus efeitos, causada por agente de qualquer espécie. Pereira (2007) cita que há diversos tipos de poluição, tais como: poluição do ar, aquática, sonora, luminosa, visual e destas, a poluição atmosférica é a mais preocupante devido aos problemas do aquecimento global.

Vesentini (2005), destaca que a poluição do ar caracteriza-se basicamente pela presença de gases tóxicos e partículas sólidas no ar. Pode ser de origem natural ou resultante de atividades antrópicas e seus efeitos podem ser diretos ou indiretos, provocando alterações climáticas e da qualidade do ar. (MATOS, 2010). Esse tipo de poluição é um dos problemas mais sérios das grandes cidades ou mesmo das pequenas e médias que têm indústrias muito poluentes ao seu redor. (MOREIRA; SENE, 2005).

O ar é imprescindível à existência de vida em nosso planeta e é exatamente esse componente que mais vem sendo acometido pelo homem. (CUNHA; CALIJURI, 2013).

Os produtos indesejáveis presentes na atmosfera são chamados de poluentes do ar e estes são classificados em primários ou secundários. Os primários são aqueles que são lançados diretamente da fonte de emissão e os secundários são aqueles formados na atmosfera através da reação química entre poluentes primários e componentes naturais da atmosfera. (DAMILANO, 2006).

A emissão de gases tóxicos na atmosfera tem aumentado nos agrupamentos urbanos e industriais do mundo, comprometendo não só a qualidade local do ar, mas produzindo efeitos que se revelam em longo prazo até grandes distâncias quando os ventos conduzem os poluentes atmosféricos. Os efeitos da poluição do ar podem ser diretos ou indiretos, provocando alterações climáticas e da qualidade do ar. (MATOS, 2010).

Nos grandes centros urbanos são frequentes os dias em que a poluição do ar alcança níveis críticos devido à falta de ventos e inversões térmicas, que não impedem a dispersão dos poluentes. (VESENTINI, 2005).

Os principais responsáveis pela emissão de gases poluentes e da perda de qualidade do ar nas cidades são os veículos, as indústrias, as centrais termelétricas e de incineração de resíduos e as instalações de aquecimento. Mas os veículos automotores são os que mais contribuem para a poluição do ar, devido ao seu grande número em circulação nos centros urbanos. (MOREIRA; SENE, 2005).

Sendo assim, o meio ambiente urbano é o ambiente mais constituído de veículos motorizados e de indivíduos expostos a poluentes atmosféricos e a inalação de gases de emissão automotiva. (CUNHA; CALIJURI, 2013).

Apesar das leis vigentes no país, as emissões gasosas ainda precisam ser monitoradas para evitar desequilíbrios ambientais e problemas futuros, como as mudanças climáticas já sentidas em todo o planeta.

As motivações que direcionaram a realização deste trabalho foram o desmatamento da vegetação nativa para locação de novos loteamentos urbanos, que podem ocasionar alterações microclimáticas e prejudicar a qualidade do ar; e identificar se as emissões das fontes de poluição podem resultar em impactos significativos sobre a qualidade do ar da cidade de Pombal. Neste contexto realiza-se um estudo comparativo entre as variáveis meteorológicas observadas em três áreas com diferentes coberturas do solo (uma área urbana pavimentada; uma área rural com vegetação nativa; e por fim uma praça arborizada), no que diz respeito à interferência antrópica no microclima urbano. Somado a isto, realiza-se um levantamento das principais fontes de poluição atmosférica e os gases poluentes por elas expelidos, além das medições de emissão veicular que podem contribuir para a alteração do microclima e a degradação da qualidade do ar da cidade.

A presente pesquisa é o primeiro trabalho realizado no município sobre poluição atmosférica verificando se o crescimento da frota veicular da cidade de Pombal poderia estar comprometendo a qualidade do ar, através do monitoramento da qualidade do ar por meio de

medições de variáveis ambientais. As informações levantadas nesta pesquisa formaram um banco de dados completo sobre a frota veicular, o número de fábricas instaladas em Pombal-PB e as matérias primas usadas, que servirão de apoio para novas pesquisas e inclusive para uso da prefeitura municipal.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a influência da poluição atmosférica emitida por fontes fixas e móveis no microclima urbano da cidade de Pombal-PB.

2.2 Específicos

- Quantificar as fontes fixas de poluição atmosférica de Pombal-PB;
- Fazer um levantamento das fontes móveis de poluição atmosférica na cidade;
- Discutir sobre como a diferença do uso do solo influencia no microclima urbano utilizando os valores de Temperatura, Umidade Relativa do ar e Velocidade dos ventos observados na área urbana e rural;
- Realizar medições de Temperatura, Umidade Relativa do ar e Velocidade dos ventos em pontos específicos da área urbana de Pombal;
- Realizar medições de monóxido de carbono, sulfeto de hidrogênio, oxigênio e os gases combustíveis (LEL) emitidos pelos veículos na cidade de Pombal- PB.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Fontes de Poluição Atmosférica

O processo de urbanização modificou os espaços naturais em espaços geográficos artificiais, nos quais cresceram de maneira imprópria a vida e as condições ambientais. (ALVES, 2010). Tais fatos tornaram uma atmosfera mais poluída sendo o marco para estas qualidades a Revolução Industrial. (LIMA; NERY, 2012).

A Revolução Industrial proporcionou um crescente aumento da industrialização. Este fato combinado ao aumento dos aglomerados urbanos ocasionou o aumento da demanda por produtos que resultou na produção de resíduos e conseqüentemente em poluição do ar, água e solo. (LIMA; NERY, 2012).

Poluição do ar é a presença na atmosfera, de substâncias que causem prejuízos à saúde do homem, ao bem estar dos animais, ao desenvolvimento dos vegetais e à vida microbiológica. (LIMA et al., 2012). A poluição atmosférica não é um problema atual e apenas cometido pelo homem, à natureza também compartilha ativamente deste processo, e juntamente com o ser humano polui o ar, tornando-o uma ameaça à saúde e ao bem-estar das pessoas e do meio ambiente em geral, podendo ser originada de fontes naturais e antrópicas. (INEA, 2008). Porém Pires (2005) argumenta que em algumas situações fica difícil classificar uma fonte como natural ou antropogênica, pois uma atividade humana que resultasse, por exemplo, na formação de material particulado e fosse carregado pelo vento para outra região onde as pessoas sofrem o prejuízo, ficaria difícil decidir se o evento é natural ou antrópico, sendo a maneira mais correta para identificação do tipo de fonte o tempo de análise.

As fontes de poluição são classificadas em estacionárias ou móveis, e essas últimas são constituídas principalmente, pelos veículos, aviões, motocicletas, barcos e locomotivas. Já as fontes estacionárias são aquelas que ocupam uma área relativamente limitada, permitindo uma avaliação direta na fonte, enquanto as fontes móveis são as que se dispersam pela comunidade, não sendo possível a avaliação na base da fonte. (BARCELLOS et al., 2005).

A atividade industrial e os veículos são as principais causas dessa poluição, sendo a indústria responsável por consumir 37% da energia mundial e emitir 50% do dióxido de carbono, 90% dos óxidos de enxofre e todos os produtos químicos que atualmente ameaçam a destruição da camada de ozônio, além de produzir anualmente 2100 milhões de toneladas de

resíduos sólidos e 338 milhões de toneladas de matéria residual perigosa. (AMBIENTE GLOBAL, 2000).

3.2 Poluentes Atmosféricos

3.2.1 Conceito e Classificação

Segundo a CETESB (2014), considera-se poluente qualquer substância presente no ar e que, pela sua concentração, possa torná-lo impróprio nocivo ou ofensivo à saúde, causando inconveniente ao bem-estar público, danos aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

O nível de poluição do ar ou a qualidade do ar é medida pela quantificação das substâncias poluente presentes no mesmo. (DERÍSIO, 2007).

De acordo com Nóbrega (2013), os poluentes atmosféricos são classificados em primários e secundários. Lima et al. (2012) descrevem os primários como sendo aqueles lançados diretamente no ar, e os secundários como sendo aqueles que se formam na atmosfera por meio de reações que ocorrem em razão da presença de certas substâncias químicas e de determinadas condições físicas.

Damilano (2008) argumenta que nem sempre é possível classificar os poluentes como sendo primários ou secundários, pois alguns poluentes podem ser primários e tornarem-se secundários, devido a reações que venham a ocorrer posteriormente à emissão, e classifica os poluentes atmosféricos pelo seu estado físico em: particulados e gasosos e estes em orgânicos e inorgânicos.

Entre os principais contribuintes para as emissões de particulados estão os processos e operações industriais vinculados a atividades da construção civil, mineração e queimadas. Já os transportes e a indústria em geral são as principais fontes de poluentes gasosos. (DAMILANO, 2008).

Segundo Torres e Martins (2005), os poluentes atmosféricos, que englobam no índice de qualidade do ar são: dióxido de enxofre; poeira total em suspensão ou material particulado total; material particulado inalável; fumaça; monóxido de carbono; ozônio; dióxido de nitrogênio.

3.2.2 O transporte e Dispersão de Poluentes

A dispersão dos poluentes do ar atmosférico se dá pela ação de animais, dos seres humanos e, principalmente, em função das condições meteorológicas (temperatura, precipitação, umidade do ar, direção e velocidade do vento, etc.). Daí o grande impacto que o fenômeno das mudanças climáticas causa ao meio ambiente, agravando e intensificando, através das bruscas mudanças nos regimes de ventos e precipitação atmosférica, os danos transfronteiriços. (CARVALHO, 2008).

Para Derísio (2007), a dispersão na atmosfera de um poluente depende em primeiro lugar das condições meteorológicas e depois dos parâmetros e condições em que se produz essa emissão na fonte (chaminé), ou seja, velocidade e temperatura dos gases, vazão etc. E segundo Lyra e Tomaz (2006) dependem também dos parâmetros climáticos e topográficos que agem ao mesmo tempo no sentido de aumentar ou reduzir os níveis de poluição em uma dada região.

Os fenômenos meteorológicos exercem um papel fundamental em relação à poluição do ar. As condições meteorológicas possibilitam estabelecer uma forma de ligação entre a fonte poluidora e o receptor, tendo como referência o transporte e a dispersão dos poluentes. (TORRES; MARTINS, 2005).

Doena (2000) relata que com relação ao transporte e dispersão de poluentes, há muitos fatores complexos, como as condições climáticas e topográficas que afetam o transporte e dispersão de poluentes. Após a emissão, os poluentes são dispersos pelos processos de transporte e difusão, que são, por sua vez, influenciados por: tipos de construção e obstáculos que margeiam as vias; condições topográficas; condições meteorológicas; e processos de remoção/deposição de poluentes. (DAMILANO, 2008).

Além disso, outras características da região, como, tipo de solo e a quantidade e espécie de vegetação existente, também irão determinar o caminho do poluente emitido na atmosfera terrestre. Essas características locais possuem a capacidade de modificar o microclima de determinada região. Esse clima local modificado em relação às extremidades externas que tem a capacidade de deixar aquele espaço com um microclima mais ou menos favorável à dispersão dos poluentes, melhorando ou piorando a qualidade do ar no local específico. (NÓBREGA, 2013).

Situações meteorológicas distintas, mas com idênticas produções de poluentes, poderão apresentar concentrações atmosféricas completamente diferentes, devido à influência das condições da atmosfera. O regime dos ventos, a umidade do ar, a radiação solar, a temperatura ambiente, a opacidade, a estabilidade atmosférica, a altura da camada de mistura e a ocorrência de chuvas são alguns fatores climáticos locais, que podem interferir no tempo de permanência dos poluentes na atmosfera. A circulação da atmosfera também intervém na dispersão, uma vez que a circulação das grandes massas de ar afeta a circulação local. (DAMILANO, 2008).

O processo mais importante que causa a dispersão dos poluentes na atmosfera é a turbulência, gerado pela circulação irregular dos ventos, que contribui para a mistura de parcelas de ar poluído e não poluído favorecendo assim a diluição dos poluentes. (PIRES, 2005).

A velocidade dos ventos e as brisas afetam de maneira mais direta a massa de poluentes emitidos pelas chaminés de grande altura, principalmente no momento inicial da mistura dos gases de saída com a camada atmosférica. Em situações de calmaria, ocorre estagnação do ar, proporcionando, um aumento nas concentrações dos poluentes. No verão, as massas de ar oceânico que são transportadas para terra, durante a tarde, pela brisa marítima podem conter poluentes envelhecidos (principalmente hidrocarbonetos e NO_x) de dias anteriores. A mistura desses poluentes primários com outros já existentes na atmosfera local favorece a produção de oxidantes fotoquímicos que associadas às condições de forte radiação solar levam à produção de elevados teores de ozônio. (DAMILANO, 2008).

A umidade relativa do ar é um parâmetro meteorológico que caracteriza o tipo de massa de ar que está atuando sobre a região. A ocorrência de baixa umidade relativa pode agravar doenças e quadros clínicos da população, além de causar desconforto nas pessoas saudáveis, um quadro que possui semelhança com os sintomas da poluição do ar e que muitas vezes leva o leigo a confundir os dois fenômenos. (DAMILANO, 2008).

A temperatura pode alterar significativamente a dispersão dos poluentes em uma determinada região, uma vez que sua variação pode influenciar diretamente na estabilidade atmosférica, fazendo com que seja criada uma região favorável à convecção. Caso a condição de instabilidade seja verificada, promoverá uma maior mistura de poluentes na camada limite atmosférica favorecendo uma maior dispersão dos poluentes. (INEA, 2009).

A estabilidade atmosférica é que determina a capacidade do poluente de se expandir verticalmente. Em situações estáveis na atmosfera, cria-se uma barreira ao deslocamento

vertical dos poluentes. Quando ocorre o fenômeno da inversão térmica, a capacidade de dispersão fica limitada. As inversões térmicas são as que mais contribuem para o aumento da concentração de poluentes, mais próximo à superfície. (DAMILANO, 2008).

3.3 Os Efeitos dos Poluentes Atmosféricos

Os efeitos dos poluentes atmosféricos podem ser sentidos na saúde humana, na vegetação e na fauna, sobre os materiais, sobre as propriedades da atmosfera passando pela redução da visibilidade, alteração da acidez das águas da chuva (chuva ácida) e no clima. (DAMILANO, 2008).

3.3.1 Efeitos na Saúde Humana

Derísio (2007) aponta os efeitos da poluição na qualidade do ar para a saúde humana como sendo encurtamento da vida, danos ao crescimento, alterações nas atividades fisiológicas, desconforto, odor, prejuízo da visibilidade ou outros efeitos da poluição suficientes para levar indivíduos a trocar de residência ou local de emprego.

Além desses efeitos, a emissão excessiva de poluentes tem provocado lesões degenerativas no sistema nervoso ou em órgãos vitais e câncer, agravando-se no inverno, onde uma camada de ar frio forma uma redoma na alta atmosfera, aprisionando o ar quente e impedindo a dispersão dos poluentes. (MESQUITA, 2005).

Esses efeitos são sentidos principalmente por crianças e idosos, mas o tipo e a extensão do dano dependem além das características de toxicidade das substâncias, da dose de poluição recebida pela pessoa e não somente da concentração. (DAMILANO, 2008).

Segundo Dozena (2000) além desses indivíduos, as gestantes e pessoas com doenças de pulmão e coração, são também as mais afetadas, os atletas não deixam de serem alvos, em função da necessidade de aeração do corpo exigida pelo esforço físico.

Os compostos potencialmente prejudiciais à saúde da população são os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e o dióxido de carbono (CO e CO₂, respectivamente). Os HPAs são compostos semivoláteis que se formam pela fusão de dois ou mais anéis benzênicos. Estes são insolúveis em água e se adsorvem com as partículas atmosféricas, são cancerígenos, e produzidos por um processo pirolítico durante a combustão incompleta de combustíveis fósseis. (LIMA; NERY, 2012).

Gioda (2006) cita que os efeitos causados pelos poluentes atmosféricos na saúde humana dependem diretamente de fatores como a concentração dos poluentes, o tempo de

exposição e a composição química. Para Ciência Viva (2014) depende também da sensibilidade do indivíduo como: idade, estado nutricional, condição física ou predisposições genéticas.

A Tabela 1 apresenta alguns efeitos dos poluentes atmosféricos na saúde humana.

Tabela 1- Principais poluentes atmosféricos e seus efeitos na saúde humana

POLUENTES	EFEITOS Á SAÚDE	PRINCIPAIS FONTES
Material Particulado	Aumenta mortalidade	Indústrias, veículos automotores, poeiras naturais, vulcões, incêndios florestais, etc.
Dióxido de Enxofre (SO₂)	Agrava sintomas de doenças cardíacas e pulmonares	Queima de combustíveis em fontes fixas e veículos.
Monóxido de Carbono (CO)	Intervém na condução de oxigênio pelo sangue e agrava doenças vasculares.	Veículos automotores
Dióxido de Nitrogênio (NO₂)	Altas quantidades podem ser fatais; baixas quantidades aumentam a sensibilidade de infecções.	Veículos automotores e queima de combustíveis em fontes estacionárias, termelétricas.
Ozônio (O₃)	Irrita as mucosas do sistema respiratório, agravar doenças do coração, asma, bronquites e enfisema.	Formado na atmosfera por reações fotoquímicas pela presença de óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos ou outros compostos orgânicos voláteis.

Fonte: Pires (2005), adaptada pela autora.

3.3.2 Efeitos na Vegetação

A cobertura vegetal é sensível à poluição atmosférica e com o passar do tempo, nas comunidades vegetais, os efeitos dos poluentes e suas interações podem resultar em uma série de alterações: eliminação de espécies sensíveis, redução na diversidade, remoção seletiva das espécies dominantes, diminuição no crescimento e na biomassa e aumento da suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças. (CETESB, 2014).

As plantas são afetadas pelos poluentes atmosféricos pela redução da penetração da luz, diminuindo a capacidade de realizar a fotossíntese, pela deposição dos poluentes no solo, nos quais as plantas absorvem, e pela penetração dos poluentes nos estômatos das plantas. (DERÍSIO, 2007). E conforme Ambiente Global (2000), os gases tóxicos alteram o

desenvolvimento normal da vegetação, provocando um crescimento mais lento, e diminuindo a resistência às intempéries, às doenças e aos parasitas.

Os efeitos podem ser agudos, quando causados pela ação de uma grande concentração de poluente em curto espaço de tempo, ou crônicos, quando a planta tem contato com uma pequena quantidade do elemento em um longo período de tempo. (CETESB, 2014).

Além dos poluentes afetarem as plantas, os animais também podem ser afetados em consequência da ingestão das plantas envenenadas, e do contato direto com o ar poluído. (AMBIENTE GLOBAL, 2000).

3.3.3 Efeitos no Clima Urbano

Lima et al. (2012), ressaltam que a poluição do ar afeta o clima das áreas urbanas de diversas formas. O próprio balanço energético das cidades sofre interferência, pois os poluentes refletem, dispersam e absorvem radiação solar e ainda servem de núcleos de condensação, sendo, portanto, abundantes no ar das cidades, cuja umidade já é substancialmente abastecida através da evaporação, dos processos industriais e dos automóveis, que emitem grandes quantidades de vapor d'água. Consequentemente, a tendência da precipitação é aumentar sobre as áreas urbanas. Contudo, os efeitos mais alarmantes da poluição atmosférica ocorrem na saúde da população citadina.

Além dos efeitos nocivos diretamente verificados na saúde humana a poluição atmosférica é responsável pela intensificação e provocação da destruição da camada de ozônio, do efeito estufa, da chuva ácida, da inversão térmica, do smog e o aquecimento global. Tais fenômenos possuem relações tanto diretas quanto indiretas com as mudanças climáticas, provocando devastação ambiental e problemas de saúde que, cada vez mais, se alastram geograficamente pelo mundo todo. (CARVALHO, 2008).

O aumento das concentrações de Gases do Efeito Estufa (GEE), sobretudo de CO₂, que é um dos principais GEE, tem como uma de suas maiores consequências o aumento da temperatura média do planeta, o chamado aquecimento global, fenômeno que poderá provocar grandes prejuízos ambientais ao planeta. (LIMA; NERY, 2012).

O autor Pires (2005) descreve que as principais consequências do aumento do efeito estufa são: a elevação do nível do mar, a alteração no suprimento da água doce, mudanças climáticas, alteração no processo de desertificação e redução da Camada de Ozônio. A poluição atmosférica aumenta o efeito estufa e gera a acumulação persistente de substâncias tóxicas no ecossistema global. (AMBIENTE GLOBAL, 2000).

3.3.4 Efeitos nos Materiais

Segundo Damilano (2008) os efeitos da poluição do ar sobre os materiais são visíveis e de reconhecimento popular, através da deposição de partículas, principalmente poeira e fumaça, nas edificações e monumentos, sujando-os, exigindo, portanto, uma maior frequência de limpeza. A corrosão de partes metálicas é causada, principalmente, pelos gases ácidos, em especial o dióxido de enxofre (SO₂). A corrosão é também influenciada pela umidade e temperatura. Dentre os metais, os ferrosos (ferro e aço), são mais susceptíveis à corrosão por poluentes atmosféricos.

3.4 Poluição Atmosférica por Emissão Veicular

De acordo com Matos (2010), nas cidades os automóveis são responsáveis por uma boa parte da poluição e conforme Habermann (2012), em áreas urbanas a principal fonte de poluição do ar são os veículos automotores.

Os sistemas rodoviários são uma das principais fontes emissoras de poluentes, devido à combustão que ocorre nos motores de forma incompleta, gerando poluentes que se acumulam na atmosfera. (LIMA; NERY, 2012).

Para Torres e Martins (2005), o surgimento dos motores à combustão e a queima de combustíveis fósseis tem sido o apogeu da intervenção do homem no planeta nesse último século.

De acordo com o Projeto Inspeção Veicular (2005) os veículos automotores são os principais causadores da poluição sonora e do ar nas áreas urbanas. Em diversas cidades brasileiras, os níveis de poluentes sempre ultrapassam os padrões de qualidade estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde - OMS.

Segundo Luís et al. (1999) os poluentes emitidos pelos veículos automotores são emitidos em maior ou menor quantidade, dependendo do combustível utilizado, do tipo de motor, da sua regulação, do estado de manutenção do veículo e do modo de dirigir.

A poluição das emissões veiculares é a maior de todas as atividades desenvolvidas pelo homem. A queima do combustível emite diferentes gases e partículas para a atmosfera, modificando sua composição original e tornando-a poluída. (TAVARES et al., 2010).

O Projeto Inspeção Veicular (2005), indica que as emissões de gases poluentes pelo tubo de escapamento, a evaporação do combustível e as emissões do cárter são os principais meios de poluição gerados pelos veículos automotores.

O Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2009) cita que os veículos motorizados lançam para a atmosfera os gases como o monóxido de carbono, óxidos de enxofre e de nitrogênio, além do material particulado, e os hidrocarbonetos.

No Projeto Inspeção Veicular (2005) está que a evaporação do combustível e as emissões do cárter em carros mais modernos não existem mais, pois vêm equipados com cânister e válvula PCV que resolvem esses problemas, respectivamente.

Nos meios de transporte, os derivados do petróleo como a gasolina e o óleo diesel continuam sendo os combustíveis predominantes. A queima de combustíveis fósseis gera impactos ambientais de alcance global como o aumento da concentração de gases do efeito estufa, regionais como as chuvas ácidas e locais como o aumento da concentração na atmosfera de poluentes de efeito tóxico que vem prejudicando de maneira muito séria a saúde da população. (NOBREGA, 2013).

Já os autores Neto et al. (2011) citam que o tipo de veículo é o que mais influencia, pois eles apresentam aspectos diferentes em sua construção (tamanho, peso, potência, tipo de combustível, etc.), o que interfere na quantidade total de poluentes emitidos. Além disso, o modo de dirigir de cada motorista também contribui para o consumo de combustíveis e emissão de poluentes. Luís et al. (1999) descrevem que um veículo desregulado aumenta o consumo de combustível e conseqüentemente, a emissão de poluentes.

Neto et al. (2011) fazem uma relação com os principais meios de transportes e as quantidades emitidas de dióxido de carbono por quilometragem, como visto na Figura 1.

Figura 1- Emissão de CO₂ nos diferentes meios de transportes

					
bicicleta	metrô	ônibus	trem	carro	avião
0 grama por km	12 gramas por km	28 gramas por km	62 gramas por km	130 gramas por km	1.900 gramas por km (avião de 200 pessoas)

Fonte: Neto et al. (2011).

As montadoras de automóveis têm lançado novas opções de veículos, inclusive elétricos e híbridos, buscando a redução da emissão de poluentes e a economia de combustível. (NETO et al., 2011).

Segundo o Plano de Controle de Poluição Veicular (PCPV, 2011/2013) a frota veicular se divide em veículos leves, veículos pesados e comerciais leves a diesel e motocicletas.

Para Inês (2014) os veículos leves são os de passeio, os veículos comerciais são as camionetes e os utilitários e os pesados os caminhões e os ônibus.

De acordo com o Detran (2013) no Estado da Paraíba, no ano de 2013, havia 970.140 veículos, tendo apresentado um crescimento anual de 9,05%, e em março de 2014 o Estado contava com 988.689 veículos, tendo aumentado a frota veicular de março de 2013 a março de 2014 de 8,82%.

Os dados coletados do IBGE não avaliam os anos de 2011 a 2014. Mas conforme pesquisas realizadas no Denatran, Pombal é uma das principais cidades do sertão com o maior crescimento da frota veicular. Os dados do Denatran mostram que Pombal registra veículos das cidades vizinhas: Malta, Condado, São Bentinho, Cajazeirinhas, São Domingos de Pombal, Lagoa, Vista Serrana, Jericó e Paulista.

Os poluentes lançados pelos automóveis são os restos da queima dos combustíveis. A Companhia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB) analisa os novos exemplares lançados no comércio para garantir que os veículos e os ônibus saiam das fábricas injetando o menor número de substâncias prejudiciais à saúde e ao meio ambiente, só que a quantidade de poluentes depende do tipo de combustível usado.

3.4.1 Principais Combustíveis Usados em Veículos

Os combustíveis mais usados são gasolina, álcool, diesel e o gás natural. Desses o óleo diesel é o mais usado e é composto por átomos de carbono, hidrogênio e em baixas concentrações por enxofre, nitrogênio e oxigênio. (SANTANA, 2012).

Foram consumidos $84.074.421\text{m}^3$ de combustíveis fósseis em 2005, destes $39.137.364\text{m}^3$ foram de óleo diesel. (PEREIRA, 2007).

Segundo Pino et al. (2000) o álcool polui menos e desde 1980 é adicionado à gasolina que é vendida no Brasil, sendo composto por 78% de gasolina e 22% de álcool. No entanto, a Petrobrás pressionada pela a Secretaria do Meio Ambiente de Porto Alegre criou um composto formado com o diesel importado e o brasileiro e com isso foi reduzido o teor de enxofre do diesel brasileiro de 1,1% para 0,5%. Além disso, com a tentativa de reduzir o enxofre dos combustíveis brasileiros o uso do gás natural (combustível limpo) foi liberado para todos os veículos. (PARANÁ, 2010).

Em relação aos combustíveis usados na cidade de Pombal-PB, de acordo com dados fornecidos pela Agência Nacional do Petróleo, Gases Naturais e Combustíveis o óleo diesel é o mais consumido na cidade. (ANP, 2013).

A tabela 2 mostra os poluentes que saem dos escapamentos dos veículos a gasolina, o álcool, o diesel e o gás natural.

Tabelas 2 - Combustíveis com seus respectivos poluentes

Combustíveis	Monóxido de carbono	Hidro-carbonetos	Óxidos Nitrosos	Enxofre	Fuligem
Gasolina	27,7	2,7	1,2	0,22	0,21
Álcool	16,7	1,9	1,2	0	0
Diesel	17,8	2,9	13,0	2,7	0,81
Gás natural	6,0	0,7	1,1	0	0

Fonte: Pino et al. (1992).

3.4.2 Combustíveis Alternativos

Os combustíveis alternativos energéticos são todas as fontes de energia primária, de tecnologias de transformação e conversão com o objetivo de produção sustentável. (CEMING, 2012).

Os combustíveis alternativos são o gás natural, o hidrogênio e a energia elétrica, dentre outros. O gás natural é o mais usado e é proveniente da decomposição de matéria orgânica, encontrado em reservas naturais ou a partir de biodigestores. Pode ser armazenado na forma natural (gás) ou comprimido (líquida). O gás natural, obtido de fontes não renováveis, é um gás fóssil proveniente de jazidas naturais, localizadas em reservas que muitas vezes estão associadas às de petróleo, mas não necessariamente. O gás também pode ser obtido de fontes renováveis, a partir da digestão anaeróbica de biomassa vegetal e/ou animal, sendo nesse caso denominado biogás, o qual é menos rico em metano e contém quantidades significativas de dióxido de carbono. Dentre as principais vantagens do uso do biogás destacam-se a sua origem renovável e o fato de contribuir para mitigar o efeito estufa. (NTU, 2013).

3.5 Monitoramento dos Poluentes Atmosféricos

Conforme Derísio (2007), o monitoramento dos poluentes é uma das formas de se avaliar a qualidade do ar de uma determinada região. Para Nóbrega (2013), o monitoramento da poluição do ar pode ser dividido em dois grupos: monitoramento das emissões: quando se trata de medição da concentração, ou da taxa de emissão dos poluentes que estão sendo emitidos por dutos e chaminés; e monitoramento da qualidade do ar: quando esta se dedica a medir e quantificar as concentrações dos poluentes no ar do ambiente, onde as pessoas, animais e plantas estão expostos, podendo afetar a saúde e aos materiais.

Segundo Damilano (2008), para uma avaliação inicial da poluição do ar, é necessário monitorar a concentração dos poluentes em diferentes pontos da região de estudo e comparar os valores registrados com padrões internacionais (OMS) ou nacionais (CONAMA), a partir de estudos de impacto da poluição sobre a saúde e o ecossistema.

Adicionalmente, é importante levantar as informações relativas às emissões regionais para a realização de simulações para o estudo da redução dos níveis de poluição quando da aplicação de determinada política de redução de emissões. (DAMILANO, 2008).

O monitoramento da qualidade do ar é necessário principalmente para identificar uma condição potencialmente prejudicial à saúde da população, no entanto mais importante que descobrir o problema é conseguir alertar a população de forma eficiente.

O índice de qualidade do ar é uma ferramenta matemática desenvolvida para simplificar o processo de divulgação da qualidade do ar. Esse índice foi criado usando como base uma longa experiência desenvolvida nos EUA. (CETESB, 2014).

Os parâmetros contemplados pela estrutura do índice utilizado pela CETESB são: partículas inaláveis (MP_{10}), partículas inaláveis finas ($MP_{2,5}$), fumaça (FMC), ozônio (O_3), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO_2), dióxido de enxofre (SO_2).

A estrutura do índice de qualidade do ar se encontra visualizada na tabela 3.

Tabela 3 – Estrutura do índice de qualidade do ar

Qualidade	Índice	MP₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24h	MP_{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24h	O₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 8h	CO (ppm) 8h	NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1h	SO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24h
N1 - Boa	0 – 40	0 – 50	0 - 25	0 - 100	0 - 9	0 - 200	0 – 20
N2 - Moderada	41-80	>50-100	>25–50	>100- 130	>9-11	>200- 240	>20– 40
N3- Ruim	81- 120	>100 – 150	>50 – 75	>130 - 160	>11 - 13	>240 - 320	>40 – 365
N4- Muito Ruim	121- 200	>150 – 250	>75 – 125	>160 - 200	>13 - 15	>320 - 1130	>365 – 800
N5- Péssima	>200	>250	>125	>200	>15	>1130	>80

Fonte: CETESB (2004).

A definição do número e localização de pontos para um monitoramento adequado deve partir de um estudo preliminar envolvendo a caracterização da circulação atmosférica e medições simultâneas de um parâmetro caracterizador da qualidade o ar. Além disso, seria importante que fossem realizadas algumas radiossondagens para se obter os perfis atmosféricos locais. (DAMILANO, 2008). As radiossondagens permitem determinar a estabilidade atmosférica local e com isso determinar se a atmosfera estar favorável ou não a dispersão dos poluentes.

3.6 Padrões de Qualidade do Ar

Padrão de qualidade do ar é um nível de referência estabelecido legalmente através de um limite máximo para a concentração de um componente atmosférico que assegure a saúde e o bem estar das pessoas. (PIRES, 2005).

Segundo o MMA (2014), os padrões de qualidade do ar variam de acordo com a necessidade de balancear riscos à saúde, viabilidade técnica, considerações econômicas e fatores políticos e sociais, que dependem do nível de desenvolvimento e da capacidade nacional de gerenciar a qualidade do ar. Conforme o Centro de Informação Metal Mecânica (CIMM, 2014), os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são estabelecidos em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada.

A Resolução Conama 03/90 descreve dois tipos de padrões de qualidade do ar: Padrões primários e Padrões secundários. Sendo que os primeiros definem concentrações de poluentes que se ultrapassadas poderão afetar a saúde da população. E os últimos definem as concentrações de poluentes que causa o mínimo efeito adverso à população, a fauna a flora e o meio ambiente em geral (CIMM, 2014).

Segundo a Cetesb (2014), os padrões de qualidade do ar estaduais foram estabelecidos em 1976, pelo Decreto Estadual nº 8468/76, e os padrões nacionais foram estabelecidos pelo IBAMA e aprovados pelo CONAMA - por meio da Resolução CONAMA nº 03/90.

A resolução CONAMA 03/90 regulamentou, no Brasil, os padrões de qualidade do ar para os seguintes parâmetros: partícula total em suspensão, fumaças, partículas inocula, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio.

A Portaria Normativa nº 348 de 14/03/90 e a Resolução CONAMA nº 003 de 28/06/90 o IBAMA estabelece os padrões nacionais de qualidade do ar.

As leis sobre a poluição atmosférica no país são: a Resolução CONAMA nº 18/86 estabelece o PROCONVE – Programa de Controle do Ar por Veículos Automotores; a Resolução CONAMA nº 005/89 que institui o PRONAR – Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar; a Resolução CONAMA nº 008/90 estabelece o limite máximo de emissão de poluentes do ar (padrões de emissão) em fontes fixas de poluição. (CIMM, 2014).

Os padrões de qualidade do ar no Brasil se encontram visualizados na tabela 4.

Tabela 4 - Padrões de Qualidade do ar no Brasil

Padrões Estaduais de Qualidade do Ar (Decreto Estadual nº 59113 de 23/04/2013)					
Poluentes	Tempo de Amostragem	MI1 (µg/m³)	MI2 (µg/m³)	MI3 (µg/m³)	PF (µg/m³)
Partículas inaláveis (MP₁₀)	24 horas	120	100	75	50
	MAA ¹	40	35	30	20
Partículas inaláveis finas (MP_{2,5})	24 horas	60	50	37	25
	MAA ¹	20	17	15	10
Dióxido de enxofre (SO₂)	24 horas	60	40	30	20
	MAA ¹	40	30	20	-
Dióxido de nitrogênio (NO₂)	1 hora	260	240	220	200
	MAA ¹	60	50	45	40
Ozônio (O₃)	8 horas	140	130	120	100
Monóxido de carbono (CO)	8 horas	-	-	-	9ppm
Fumaça* (FMC)	24 horas	120	100	75	50
	MAA ¹	40	35	30	20
Partículas totais em suspensão* (PTS)	24 horas	-	-	-	240
	MGA ²	-	-	-	80
Chumbo**(Pb)	MAA ¹	-	-	-	0,5

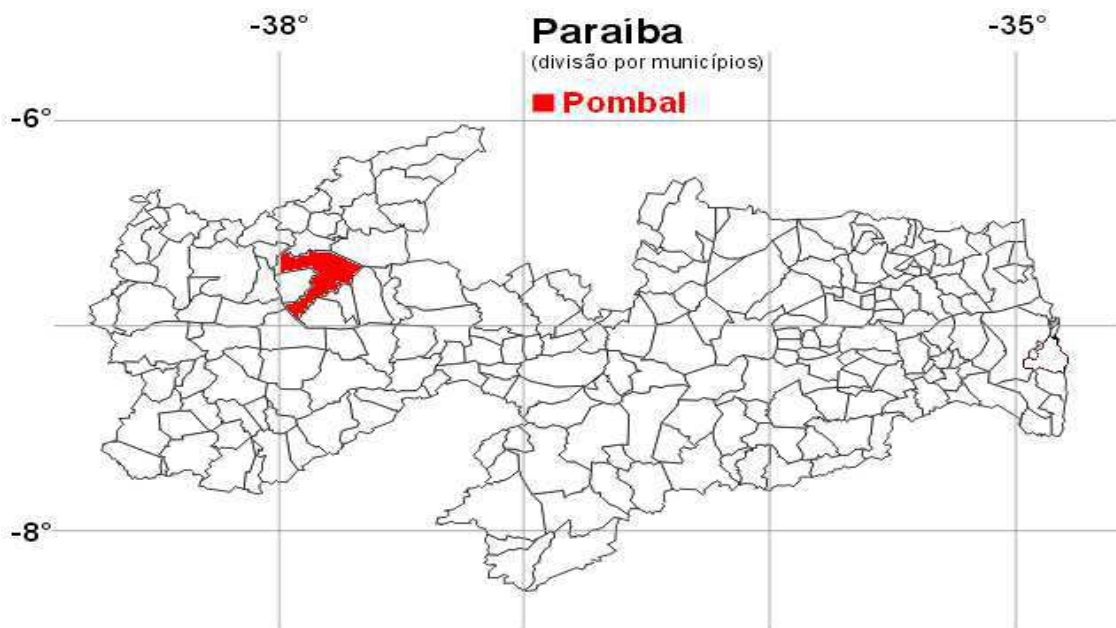
Fonte: CETESB (2013).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi realizado no município de Pombal, localizado no sertão paraibano, distante 370 km da capital do estado. O município apresenta Latitude -6.76° S e longitude -37.8° W, e altitude de 184 metros. Conta com uma população de 32.110 habitantes e possui uma área de $666,7\text{km}^2$, com área territorial de $888,807\text{ km}^2$. (IBGE, 2010).

Figura 2 - Localização do município de Pombal no Estado da Paraíba



Fonte: Júnior et al. (2008).

O município de Pombal apresenta clima quente e seco, do tipo tropical semiárido, com temperatura mínima média de 23°C e temperatura máxima média de 39°C . Em períodos normais, a estação chuvosa inicia-se em meados de janeiro a maio, com chuvas, na maioria das vezes, moderadas com média anual de 500mm . O período seco predomina pelo restante do ano, de junho a dezembro, sendo que algumas pancadas de chuva podem ocorrer nos meses de setembro e outubro. (MOLION; BERNARDO, 2002). A vegetação é a do tipo caatinga hiperxerófila, com trechos de floresta caducifólia de formação arbustiva adaptadas a regiões secas. (BELTRÃO et al., 2005).

4.2 Materiais Utilizados

Para realização deste estudo foram utilizados como meios metodológicos: revisões bibliográficas, levantamento de dados em órgãos públicos competentes, pesquisas de campo com coleta de dados meteorológicos e de monitoramento de emissões atmosféricas, além de registros fotográficos digitais.

Para atingir os objetivos desta pesquisa, foram realizadas cinco etapas de trabalho:

- a) Quantificação das fontes poluidoras estacionárias e móveis de Pombal-PB nos anos de 2013 e 2014;
- b) Medição de uma semana contínua das variáveis meteorológicas em dois pontos do município de Pombal: ponto 1- na área urbana (BR 230, Rua Odilon Lopes), e ponto 2 - na área rural, durante o período chuvoso;
- c) Medição das variáveis meteorológicas nas mesmas áreas de estudo da etapa anterior durante o inverno, primavera e verão no período de 03/08/2013 a 22/02/2014;
- d) Medição das variáveis meteorológicas em duas áreas da zona urbana no ano de 2014: no ponto 1 e no ponto 3 – em uma praça arborizada no centro da cidade;
- e) Medição de monóxido de carbono, sulfeto de hidrogênio e gases Lel no ponto 1.

4.3 Quantificação das Fontes de Poluição na Área Urbana de Pombal-PB

A quantificação das fontes de poluição de Pombal-PB em 2013 e 2014 foi realizada com a colaboração dos órgãos públicos competentes (prefeitura, IBGE, Detran e Sindicato dos Transporte Alternativos de Pombal). Na prefeitura, o objetivo foi identificar o total de empreendimentos registrados e o endereço dos mesmos. No entanto, os funcionários da prefeitura responsável por esse levantamento informaram que o banco de dados estava em construção e, portanto não possuíam essas informações.

Assim, foi necessário visitar todos os bairros da cidade para quantificar e catalogar as fontes de poluição. Nas visitas em cada fonte foi realizado o levantamento do tipo de forno utilizado, se existia equipamento de controle de poluição, qual o equipamento e da existência de possíveis reclamações de vizinhos. Foram visitadas indústria com fonte energética apenas de biomassa.

Os bairros contemplados com a pesquisa foram: Janduy Carneiro, Pereiros, Carvalhadas, Novo Horizonte, Centro, Jardim Rogério, Francisco Paulino, Petrópolis, Santo Amaro, Nova Vida e Vida Nova.

Para a identificação das fontes móveis foram realizadas pesquisas no DETRAN, no IBGE e no Sindicato dos Transportes Alternativos com a finalidade de quantificar a frota veicular atual da cidade. Os dados do DENATRAN eram de 2010, portanto desatualizados, daí a necessidade de levantamento junto ao Sindicato dos Transportes Alternativos. Além desses dados foram feitas contagens visuais dos veículos que passavam pelo ponto 1 nos horários de observação dos dados climatológicos para retratar o horário de maior fluxo de veículos na cidade. As contagens foram realizadas em todos os horários de chegada e saída de veículos das 6h às 18hs com frequência de 30 minutos e a cada cinco minutos durante os sábados no período de agosto de 2013 a outubro de 2014, sendo estes os dias de feira livre da cidade. Foi visto que na BR 230 (ponto 1) circulam os veículos que trafegam para as cidades vizinhas.

4.4 Análises dos Pontos de Estudo

Foram escolhidos três pontos do município de Pombal-PB, um ponto que representasse o setor rural e duas áreas no setor urbano: uma praça arborizada, mas com muito tráfego no entorno, e uma rua pavimentada com asfalto e grande deslocamento de veículos.

4.4.1 Ponto 1

O primeiro ponto fica localizado na área urbana, no bairro Jardim Rogério, na rua vizinha a uma rodovia onde há bastante tráfego de veículos e de pessoas próximo a uma área comercial com lanchonetes, churrascaria e lojas.

Os dados meteorológicos utilizados foram coletados durante o período chuvoso de 17/05/2013 a 24/05/2013.

Os dados foram coletados a uma altura de 1,50m do solo. O tempo de monitoramento das variáveis foi de 12 horas diárias, com início às 6h até às 18h. Foram feitas 25 coletas por dia com leituras realizadas a cada trinta minutos. Durante as coletas foram observados também a nebulosidade e a presença de precipitação. Os dados de precipitação foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (Brasil, 2010).

As variáveis microclimáticas analisadas foram a temperatura do ar (T) e velocidade do vento em uma semana ininterrupta no período de 17/05/2013 a 24/05/2013. Foi usado o instrumento Termoanemometro Digital Impac IP-720, (figura 5) designado a medir a velocidade do vento através de sua ventoinha e a temperatura ambiente do ar entre 0°C e 50°C através do sensor termopar.

O Termoanemometro Digital opera com um circuito micro processado que é conectado a um mostrador de cristal líquido duplo de 3 1/2 dígitos. Possui um visor que permite a visualização da temperatura e velocidade do ar simultaneamente, tem um sensor remoto tipo hélice com cabo flexível. Funciona com uma bateria de 9V e conta com funções de memória de máximo e mínimo para a temperatura bem como a função congelamento de leitura máxima para a velocidade do ar ("peekhold"). A taxa de atualização da leitura está entre 0,6 e 2,2 leituras por segundo conforme a unidade de medição de velocidade do ar selecionada com iluminação.

Figura 5 - Anemômetro digital com termômetro



Fonte: Autoria própria.

4.6.1 Medições das Variáveis Meteorológicas no Período de 03/08/2013 a 22/02/2014

Nesse período foram coletados os dados usando o aparelho multi função TermohigroAnemômetro Luxímetro Digital de modelo LM-8000 Lutron as variáveis meteorológicas analisadas foram à temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a velocidade dos ventos no inverno, primavera e verão.

Os dados foram coletados a mesma altura e nos mesmos horários da etapa anterior. O aparelho utilizado nessa etapa tem peso de 160g e executa quatro funções: mede a temperatura ambiente, umidade relativa do ar, velocidade do vento e o nível de luminosidade. Possui um mostrador de cristal líquido duplo com possibilidade de visualizar a umidade e temperatura ao mesmo tempo, ou a velocidade do ar e temperatura simultaneamente. Se optar o modo luxímetro o display se inverte automaticamente de maneira a se ter o sensor de luz na parte superior. Além disso, conta com uma memória de máximo e mínimo para armazenar o maior e o menor valor da variável em medição e também dispõe da função congelamento de leitura.

Esse aparelho comporta ainda a medição da temperatura entre -100°C e 1.300°C , a umidade relativa do ar entre 10% e 95% e a velocidade do vento de 0,4 a 30,0m/s e possui um

tempo de resposta de 0,8 segundos, com desligamento manual ou automático depois de 10 minutos sem uso.

Figura 6 - Aparelho utilizado para a terceira etapa: Termohigroanemômetro



Fonte: Autoria própria.

4.6.2 Medições das Variáveis Meteorológicas no Período de 03/05/2014 a 25/10/2014

As áreas escolhidas foram: no bairro Jardim Rogério (ponto 1), ponto em que já vinha sendo estudado. A outra área foi a Praça Getúlio Vargas (ponto 3), no centro da cidade, vizinho a Coluna do Relógio. Nessa fase o objetivo foi analisar os parâmetros meteorológicos entre duas áreas urbanas, onde foram analisadas também a Temperatura do ar, Umidade relativa e a velocidade dos ventos no outono, inverno e primavera.

As variáveis ambientais foram monitoradas, simultaneamente por meio do mesmo aparelho Termo-Higro AnemometroLuximetro Digital, (Lutron, LM – 8000), mantidos a 1,50m da superfície do solo nos dois locais.

As coletas nos dois pontos de estudo foram realizadas com o aparelho em pé, o visor de frente ao medidor e permaneceram até 5 minutos para se estabilizarem.

4.6.3 Medições de monóxido de carbono, sulfeto de hidrogênio e gases Lel na área urbana

Os dados das emissões de poluição atmosférica foram coletados no ponto 1. Foi observado também o horário de maior fluxo de automóveis. Utilizou-se o Detector de 4 Gases Digital portátil modelo DG-500 (figura 7) que detecta simultaneamente oxigênio (O₂), gases

combustíveis (LEL) em porcentagem (%), monóxido de carbono (CO) e sulfeto de hidrogênio (H₂S) em partes por milhões (ppm). Este instrumento possui um sensor catalítico para o sulfeto de hidrogênio e eletroquímico para os outros três gases. Possui display de cristal líquido que indica à hora, modo de alarme, mau funcionamento, baixa tensão da bateria, alarme sonoro e vibratório.

Assim, os gases monitorados foram: oxigênio, gases combustíveis, monóxido de carbono e o sulfeto de hidrogênio. Estes foram coletados a 1,5m do solo e durante duas horas por dia (de 7 às 8:00h e de 11 às 12:00h) durante o período de 15/11/2014 a 27/ 12/2014. O aparelho permaneceu ligado das 7 às 8:00h e de 11 às 12:00h com registros anotados na frequência de 5 minutos e a cada vez que o aparelho fornecia o valor.

Após a coleta os dados foram digitados em planilha do Microsoft Excel 2007 e comparados com o padrão máximo permitido na legislação CONAMA 03 de 1990.

Foi contabilizada a quantidade de veículos que passavam no local de forma geral.

Figura 7 - Aparelho utilizado para detecção de gases poluentes no ponto 1



Fonte: Autoria própria.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Identificações das Principais Fontes de Poluição Atmosférica da Cidade

De acordo com a tabela 6 verificam-se os dados das fontes poluidoras por biomassa obtida nas visitas de campo e no levantamento das informações. Apenas uma das padarias utiliza fornos somente à lenha, utiliza três equipamentos de controle de emissões, evitando que o material particulado seja emitido para o ar. São três filtros do tipo antifuligem para chaminé industrial no qual se utiliza uma câmara passiva constituída por aletas encaixadas, e adoção de um escudo de água pressurizada, empregada para a limitação da fuligem, impedindo que esta, seja lançada na atmosfera. Nesse equipamento os resíduos, depois de captado são levados pela água e depositado em uma caixa Brasilit. Posteriormente o material particulado de cor escura é recolhido e enviado para o lixão da cidade, ou despejado na fossa séptica. Sabe-se que esse resíduo poderia ser usado como adubo na produção vegetal, pois os resíduos provenientes da combustão da madeira e seus derivados, tais como cinzas e fuligem, constituem-se de materiais com características adequadas para disposição em solos de utilização agrícola, sem maiores restrições quanto às concentrações de contaminantes presentes. As demais indústrias não utilizam nenhum equipamento para controle das emissões e a alternância dos fornos contribui para a redução na concentração de poluentes resultantes da queima de material lenhoso e comprova que a cidade não apresenta o mesmo nível de poluição de uma cidade grande.

As três doceiras identificadas utilizam o sistema de alternância de energia, e não utiliza nenhum equipamento de controle de emissões.

As quatro queijeiras, a fábrica de fubá, e as cinco churrascarias utilizam fornos somente à lenha, e não utiliza nenhum equipamento de controle de emissões.

Em relação às pizzarias foram identificadas três unidades que utilizam forno a lenha. Os fornos a lenha emitem poluentes primários, o que pode ser confirmado por Mota (2004), o qual relata que as emissões por fornos de pizzarias enquadram na categoria de poluentes primários, podendo, sofrer transformações e reações fotoquímicas e tornarem-se poluentes secundários. Uma das formas de mitigação desse impacto é introduzir equipamentos de controle da poluição do ar nas chaminés, que no caso nas doceiras e pizzarias esse procedimento não foi observado.

Tabela 6 - Quantidade de indústrias de Pombal-PB e suas respectivas bases energéticas

Indústrias	Base energética das indústrias de Pombal-PB			
	Biomassa		Energia	
	Lenha	Carvão	Convencional	Lenha/convencional
Padarias	2		1	12
Doceiras				3
Queijeiras	4			
Fábricas	1			
Churrascarias		5		
Pizzarias	3			
Fornos de olaria	2			
Fogueiras	252			
Total de fontes	287			

Fonte: Autoria própria.

Foram identificados dois fornos de olaria no bairro dos Pereiros com base energética de carvão e lenha e não foi observado equipamento de controle das emissões os quais lançam no ar gases poluentes como mostrados na Tabela 7.

Tabela 7 - Gases lançados no ar com a queima de lenha e carvão

Estimativa de Emissões X Fontes de Energia – Olarias (kg/tonelada)					
Combustível	MP	Sox	CO	HC	NOx
Lenha	5	0,75	1,3	1,35	5
Carvão	10	19	4,5	10	1,5

Fonte: Zambrano (2010), adaptada pela autora.

Em relação às lojas de material de construção (fontes sem o processo de combustão) foram detectadas duas que contribuiu com a emissão de material particulado para o ar quando estes são transportados para os veículos de entrega da loja e durante o manuseio destes, visto que os mesmos apresentam partículas de pequenas granulometrias. As partículas inferiores a 10µm aderem a superfícies de materiais, deixando-as opacas e reduzindo a transmissão de luz em materiais transparentes, levando ao aumento da frequência de lavagens. (RESENDE, 2007). Sendo assim um ponto negativo, pois no semiárido a água é um recurso escasso e o

aumento de seu consumo resultará em baixa disponibilidade de água para usos mais significativos, como por exemplo, o consumo humano que na escassez de água a Lei nº 9.433/97 que instituiu Política Nacional de Recursos Hídricos prioriza apenas o abastecimento humano e a dessedentação de animais. Uma das formas de evitar que esses materiais sólidos sejam transportados para a atmosfera seria o uso de uma embalagem mais revestida.

Em relação às obras de construção civis, foram detectadas 14 obras e 6 reformas no Centro, Nova Vida e Santo Amaro, dessa totalidade se encontra obras particulares e públicas, sendo classificadas em médio porte, por ser prédios pequenos, postos médicos de saúde e algumas reformas de colégios e casas.

As obras de construção civil possuem alto potencial de emitir material particulado de fração grossa para a atmosfera, e estão relacionados às concentrações geradas e às condições de dispersão meteorológicas da atmosfera. Uma das formas de se mitigar naturalmente essas poluições são as chuvas que transportam a poluição da atmosfera para a superfície.

Em 2014 no mês de junho foi realizado um levantamento de dados para identificação da quantidade de fogueiras existentes em dois bairros da cidade de Pombal-PB nas noites dos dias 12, 24 e 28, datas das festas juninas, e foram constatadas as quantidades de 23, 152 e 77 fogueiras, respectivamente. Isto corresponde a um total de 252 fogueiras. Sendo que o maior número de fogueiras foi registrado no bairro 2 com 57,54% do total pesquisado. A Tabela 8 abaixo mostra os dados registrados nos dois bairros pesquisados, mas o número de fogueiras da cidade deve estar relacionado com o número da população católica da cidade que de acordo com o IBGE, (2010), representa a maior parte dos habitantes.

Tabela 8 - Fontes de poluição no período de festas juninas de Pombal-PB

Total de fogueiras queimadas no mês de junho de 2014 em Pombal-PB			
Bairros	Dia 13	Dia 24	Dia 29
Bairro 1	10	65	32
Bairro 2	13	87	45

Fonte: Autoria própria.

Segundo os autores Arbex et al. (2004) a queima de biomassa é a que mais contribui para afetar a saúde humana, pois o material particulado é o poluente que apresenta maior

toxicidade, com 94% de partículas finas e ultrafinas e atingem as áreas mais profundas do sistema respiratório, e são responsáveis pelo desencadeamento do processo inflamatório.

Além de problemas relacionados com a saúde, pode se destacar a perda da flora nativa, visto que as fogueiras eram construídas de espécies nativas da região. Os autores Martins et al. (2010) citam que na região Nordeste são intensas as manifestações culturais e religiosas, das festas juninas, que tem como símbolo principal as fogueiras, representando sinal de fé, homenagem e agradecimento do povo aos santos juninos, pela colheita obtida, e se verifica que muitas das árvores utilizadas para fazer parte da chama e do calor da fogueira junina, são árvores em extinção, acarretando inúmeros e sérios prejuízos ao meio ambiente. Para minimização desses impactos, se percebe a necessidade de programas ambientais e esclarecimento da população quanto à fonte alternativa de energia para esse fim. Cunha e Silva (2012) indicam que a algaroba, planta exótica, adaptável à região é a mais indicada para a queima em fogueiras e fornos conservando as espécies nativas.

5.1.1 Levantamento das Fontes Móveis de Pombal-PB

A frota do município de Pombal em 2010, conforme os dados do IBGE (2010), contava com 8.058 veículos automotores, sendo que a grande maioria é de motocicletas, como pode ser visualizado na Tabela 9.

O levantamento mostra que a frota circulante é constituída de veículos antigos com mais de vinte anos de uso e veículos fabricado nos últimos cinco anos, esse número de carros novos aumentou com a chegada da Universidade Federal no município. Os veículos particulares que fazem o transporte de passageiros entre Pombal e outra cidade necessitam realizar um registro para organização do horário de saída e chegada de cada veículo, a fim de evitar desorganização no trânsito e para que o Detran tenha controle sobre esses veículos impedindo a lotação e o mesmo tracejar sem segurança para os passageiros. Assim, os dados do Denatran inserem todos os veículos cadastrados, incluindo os que não fazem mais esse serviço e que não deram baixa no registro de cadastro e ainda veículos emplacados em outros municípios, mas que também fazem parte desses dados.

No município de Pombal a maioria dos veículos cadastrados são os transportes alternativos, que fazem o percurso para as cidades vizinhas.

Tabela 9 - Frota veicular do município de Pombal-PB em 2010

Variável	Pombal-PB
Automóveis	1.667
Caminhões	309
Caminhões-trator	14
Caminhonetes	569
Caminhonetas	172
Micro-ônibus	39
Motocicletas	4.059
Motonetas	1.201
Ônibus	16
Tratores	0
Utilitários	12

Fonte: IBGE (2010).

5.2 Registro e Coleta de Dados Meteorológicos no Período de 17/05 a 24/05/2013

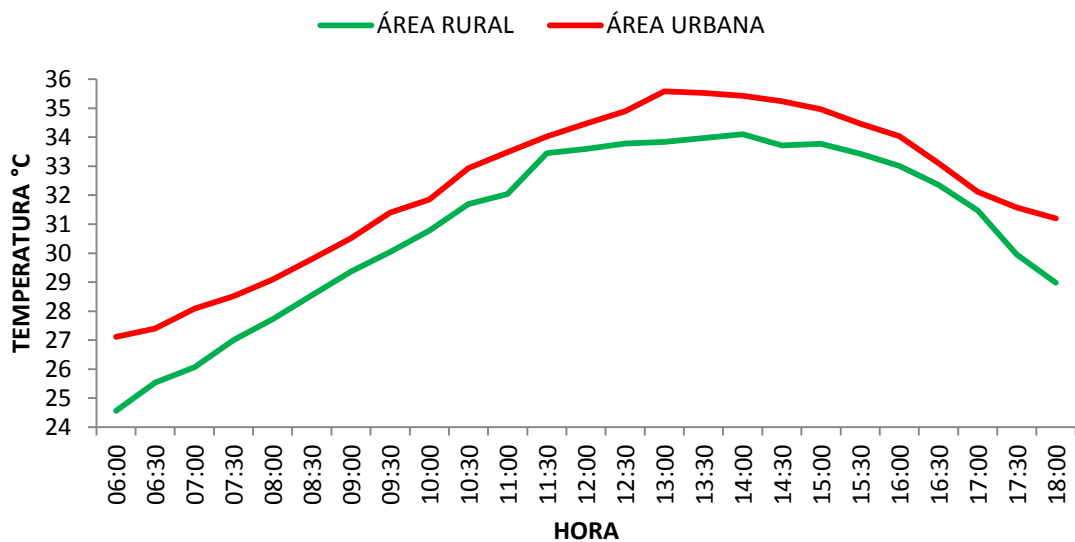
Na figura 8 estão sintetizados os dados meteorológicos da temperatura média do ar, na semana de 17/05 a 24/05/2013 nos pontos 1 e 2. Observa-se que às 11:00 horas e 14:30 horas houve horários em que ocorreu uma pequena queda de temperatura, que pode ser justificado pela presença de nuvens, interferindo nas medições.

Percebe-se que na zona rural foram registrados os menores valores de temperaturas durante toda semana analisada, como era esperado, pois o concreto absorve mais radiação que o solo natural aumentando as temperaturas máximas. Já Mendonça (2007) relata que no campo as copas, os troncos e os galhos de árvores atuam como barreira à radiação solar direta, diminuindo a disponibilidade da energia que aquece o ar, e pela contribuição da matéria orgânica no solo que aumenta a capacidade do solo de transmitir o calor absorvido, retardando o tempo de aquecimento do ar.

Nota-se que mesmo após o pôr do sol às 18:00h a temperatura na zona urbana foi maior 2,3°C que a zona rural. A superfície urbana possui uma capacidade maior de absorver energia durante o dia e após o fim do período de insolação, essa superfície tende a liberar lentamente essa energia para a atmosfera, mantendo as temperaturas altas nas primeiras horas

da noite, isso concorda com a explicação dada por Saraiva et al. (2010). Na zona rural como existem mais áreas vegetadas ocorre a evapotranspiração, que libera mais vapor d'água na atmosfera, deixando menos calor disponível para o aquecimento do ar. Jardim (2011) também explica esse fato da perda de calor no final da tarde na zona rural devido o tipo de material que compõe a mesma, que cede calor para o meio circundante, mais rápido e com o pôr-do-sol, essa superfície resfria rapidamente, o que, por condução, tende a tornar a camada de ar próxima a superfície mais fria durante a noite.

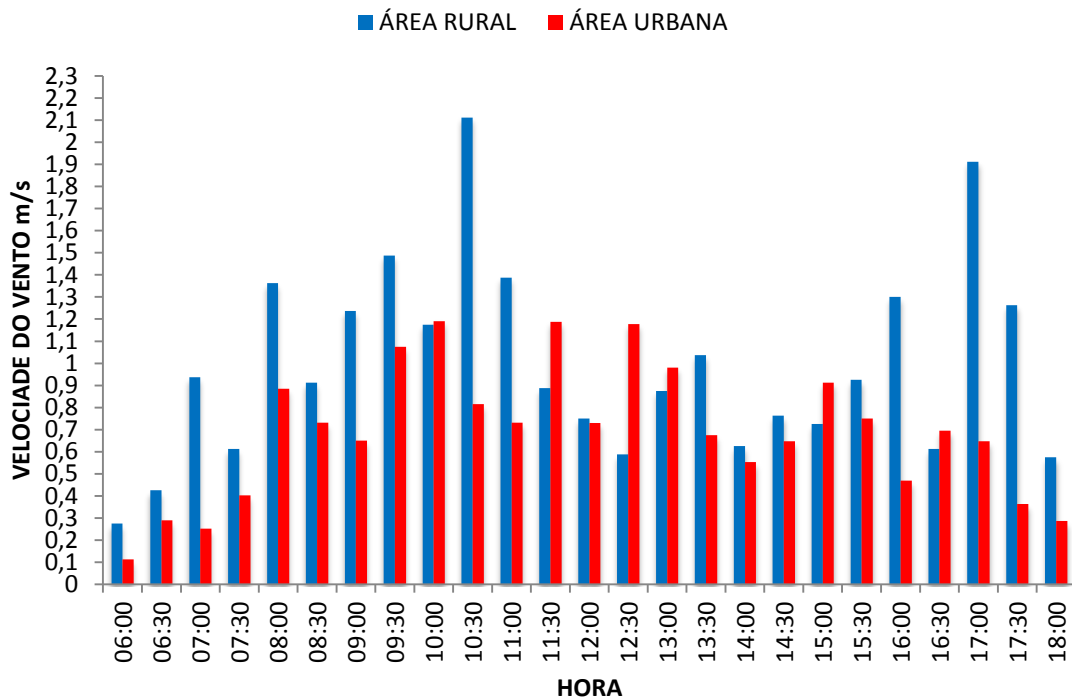
Figura 8 - Temperatura média entre 17/05 a 24/05/2013 na zona urbana e rural do município de Pombal-PB



Fonte: Autoria própria.

Os dados da velocidade do vento para o período de 17/05 a 24/05/2013 estão sintetizados na figura 9. A velocidade na zona urbana fica alternando, com valores máximos em torno de 1,2m/s que ocorreram às 10:00h, 11:30h e 12:30h; caracterizando-se como o período de maior possibilidade de dispersão dos poluentes. Na zona rural manteve-se crescente até atingir seu máximo de 2,1 m/s às 10:30h, depois diminuiu, apresentou outro máximo de 1,9 m/s no final da tarde, às 17:00h. Observa-se também, na maioria dos horários, a velocidade do vento é maior na zona rural do que na zona urbana. Isto pode estar relacionado ao fato da zona urbana apresentar diversas construções de vários tamanhos que impede o movimento do vento.

Figura 9 - Velocidade média do vento entre 17/05 a 24/05/2013 na zona urbana e rural do município de Pombal-PB



Fonte: Autoria própria.

5.3 Registro e Coleta de Dados Meteorológicos no Período de 03/08/2013 a 22/02/2014

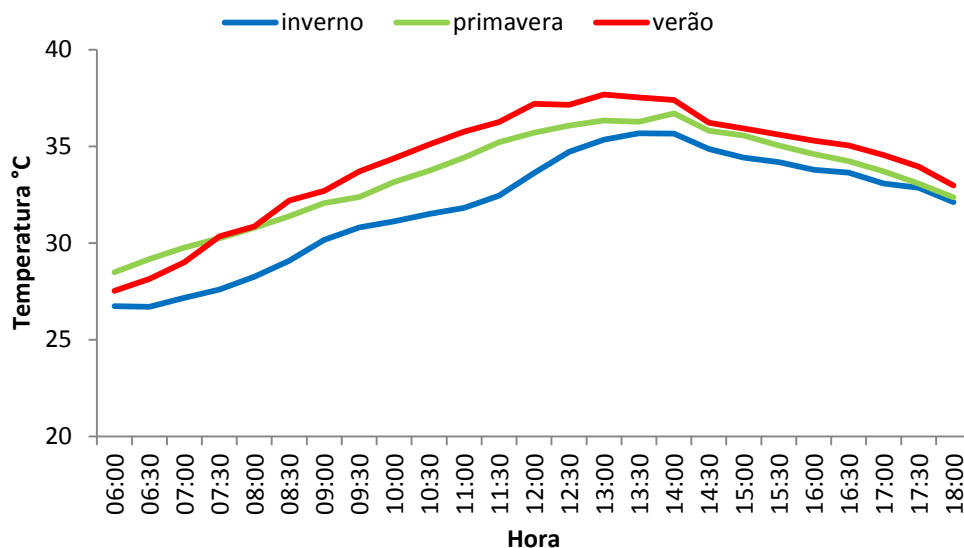
Nesse período foram analisados a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento de acordo com três estações desse ano no ponto 1 (zona urbana). Com base na Figura 10 se observa as temperaturas mais baixas durante a estação do inverno como já era esperado, registrando a máxima de 35,6°C às 14:00h e a mínima de 26,7°C às 6:00h da manhã. Naturalmente o inverno austral recebe menos radiação solar, portanto a estação apresenta os menores valores de temperatura.

Na primavera o maior valor de temperatura ocorreu às 14:00h com 36,7°C e o menor valor foi de 28,4° C às 06:00h da manhã. Leal, Tabarelli e Silva (2013) descreveram as seguintes características para a primavera: alta radiação solar, baixa nebulosidade, altas temperaturas e baixas taxas de umidade relativa; explicando dessa forma o comportamento da temperatura nessa estação que segundo Sobrinho, Santos e Sousa (2010) descrevem esse comportamento da temperatura em função da maior perpendicularidade dos raios solares na região, como consequência da menor declinação solar no período. Analisando a figura

percebe-se que a curva da temperatura apresentou um comportamento de transição entre as duas estações e de acordo com Abreu, Moreira e Toscano (1998) a primavera apresenta caráter transicional entre as duas estações mais bem definidas do ponto de vista térmico.

Analisando a Figura 10 nota-se que a maior temperatura foi registrada no verão, com a máxima de 37,6°C às 13:00h e a mínima de 27,5°C às 6:00h da manhã. A estação do verão inicia-se em dezembro sucedendo a primavera e antecedendo o outono, é caracterizada por dias mais longos que as noites e pelo aumento da temperatura do ar. Na Paraíba de acordo com a AESA (2014), está relacionado com o período das chuvas na região do Sertão. O principal sistema meteorológico responsável pela estação chuvosa é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que no período analisado foi responsável por 62,2mm de precipitação no mês de dezembro e 50,5mm no mês de fevereiro, enquanto janeiro não houve registro de precipitação. Onde algumas dessas ocorrências de precipitação foram registradas nas noites anteriores às medições, fazendo com que nas primeiras coletas do dia fossem registrados valores inferiores à estação da primavera.

Figura 10 - Temperatura média diária nas três estações do ano na zona urbana de Pombal-PB



Fonte: Autoria própria.

Na Figura 11 estão os dados de umidade relativa do ar para a área urbana analisada no período de 03/08/2013 à 22/02/2014. Percebe-se que a umidade relativa do ar no inverno apresentou oscilações nos valores nas três estações, sendo mais perceptível na estação do inverno.

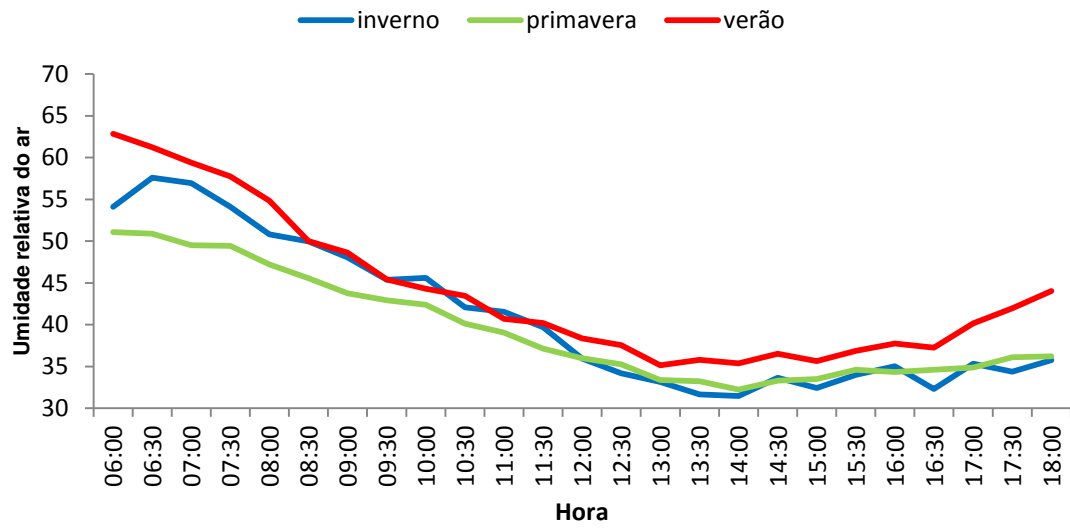
Durante o inverno de 2013, correspondente aos meses de junho, julho e agosto não foram registrados nenhuma ocorrência de precipitação, visto que essa estação não corresponde ao período chuvoso da cidade, que de acordo com a AESA (2014) tem início em janeiro e término em maio.

Na primavera foram observados os menores valores de umidade relativa média, principalmente pela manhã e durante os horários da tarde na estação do inverno. Segundo Franco et al. (2010), pôde-se verificar a influência do trânsito de veículos automotores e do tipo de atividade exercida que contribui para o aumento da temperatura e conseqüentemente na diminuição da umidade do ar, considerando que os dados foram coletados em uma área de tráfego acentuado de veículos e pedestres.

Em relação à estação do verão, podem-se perceber os maiores valores de umidade relativa. Já o inverno apresenta valores altos de umidade relativa, principalmente no período da manhã. Em certos horários da manhã durante as observações os funcionários lavaram os estabelecimentos comerciais e calçadas destes próximos ao local das medições (veja figura 12), o que contribuiu para o aumento da umidade do ar instantaneamente devido a sensibilidade do aparelho e isso deve ter comprometido as observações. Além disso, foi observado que a umidade do ar esteve alta também no período do final da tarde, pelo mesmo motivo que pela manhã, as lanchonetes também eram lavadas nesses horários, além disso, alguns frízeres de sorveteria eram descongelados nesse horário e o gelo era depositado na rua próximo ao local das medições. Resultados semelhantes foram encontrados por Anjos (2012), que estudou o comportamento da umidade em áreas com as mesmas características, segundo ele devido à presença das águas cinza dos estabelecimentos que devido aos sistemas de drenagem urbanos, a evaporação é rápida e favorece a esse comportamento da umidade do ar. Alves (2009) relata que essas alterações que acontecem no ambiente urbano, origina um clima urbano diferente.

Além dessas informações, não devem ser descartadas a possibilidade de falhas humanas no processo de medição, o que mais pode ter acentuado esse comportamento. Essas falhas podem ter ocorrido em virtude de diversos fatores tais como: registro da umidade no momento em que o aparelho estava coletando a velocidade do vento e umidade e não quando se estava coletando a umidade com a temperatura; como também a participação de outras pessoas na coleta dos dados.

Figura 11 - Umidade Relativa média diária nas três estações do ano na zona urbana de Pombal-PB



Fonte: Autoria própria.

Figura 12 - Atividades que pode ter interferido nas medições do ponto 1: (A, B) Lavagens do piso e (C e D) fluxo de veículos



Fonte: Autoria própria.

Observa-se que na zona urbana a umidade relativa do ar teve seu valor mínimo às 14:00h, no horário em que a temperatura estava mais alta. Nota-se também que os maiores valores de umidade foram nas primeiras horas da manhã, onde coincidiram com os menores valores de temperatura, enquanto os maiores valores de temperatura ocorreram simultaneamente aos menores valores de umidade relativa. A umidade relativa é resultante de da equação $UR = \frac{e}{e_s}$ onde a pressão de vapor de saturação está no denominador, quanto maior a temperatura menor será a umidade relativa do ar e vice-versa. Segundo Januário (2011) o ar em menores temperaturas possui mais dificuldade de armazenar vapor, e apresenta menor ponto de saturação.

Segundo Ayoade (2006) a umidade relativa do ar tende a ser menor nos períodos de maior aquecimento do dia e nas áreas urbanas. No inverno, a menor taxa de evapotranspiração ajuda a reduzir os índices de umidade, associando-se esses menores valores de umidade relativa às maiores temperaturas observada nos centros urbanos, tem-se uma situação crítica de valores mínimos de umidade relativa.

A umidade relativa do ar é um indicador da qualidade do ar e do conforto térmico e a ocorrência de baixa umidade relativa durante o inverno resultava em reclamações de desconforto das pessoas de Pombal. Segundo Damilano (2008) a baixa umidade do ar causa desconforto na população, podendo agravar doenças e causar incômodos nas pessoas saudáveis.

Analisando a Figura 14 por estação do ano, destaca-se que no inverno ocorreu às maiores velocidades médias dos ventos e no verão as menores velocidades, nesse período de observação.

Durante o inverno, a velocidade média diária do vento esteve com o valor máximo em 1,4 m/s, enquanto que na primavera a máxima foi 1,1m/s. Para o verão verificou-se que durante toda a estação a velocidade média diária do vento apresentou valores abaixo de 1m/s, ao contrário da zona rural na figura 17 que apresentou as maiores velocidades de vento nessa estação. Isso ocorre porque na zona rural a rugosidade da superfície é menor, ou seja, apresenta menor atrito para o vento. Já na área urbana a maior quantidade de construções e prédios oferece maior atrito a passagem do vento, além disso, não há gradientes de temperatura em superfície que é composta basicamente por concreto ou asfalto (na figura 13), o que não favorece a circulações termicamente induzidas. Assim, as variações das velocidades médias dos ventos nos pontos analisados devem-se entre outros fatores a localização.

Percebe-se que a velocidade dos ventos na zona urbana não apresentaram valores constantes para nenhuma das estações, ficando variando entre 0 a 1,4m/s e pode ser explicados devido a barreiras como prédios e veículos longos que passavam no local no momentos de coleta, visualizados na figura 13, justificativas semelhantes as observados por Anjos, Ganho e Araújo (2013) para Aracaju/SE que relata velocidades baixas devido aos empecilhos da zona urbana como os prédios por exemplos.

Com isso é possível notar também que as diferenças de uma estação para outra foi de 0,4m/s. Entretanto, nota-se que a velocidade do vento é maior no período da manhã para a maioria dos dias, independente das condições do tempo.

De modo geral, o comportamento da velocidade dos ventos foi muito variável e baixa nas três estações de estudo, havendo um aumento médio nas velocidades dos ventos na parte da manhã em todo o período analisado em relação as da tarde.

Essa velocidade baixa de acordo com Pereira et al. (2002), contribui para renovação de gás carbônico e manutenção da transpiração das plantas. Já Sentelhas (2009), relata que em velocidades extremas, o vento pode causar transpiração excessiva, levando ao fechamento dos estômatos, e provocando prejuízo para as plantas.

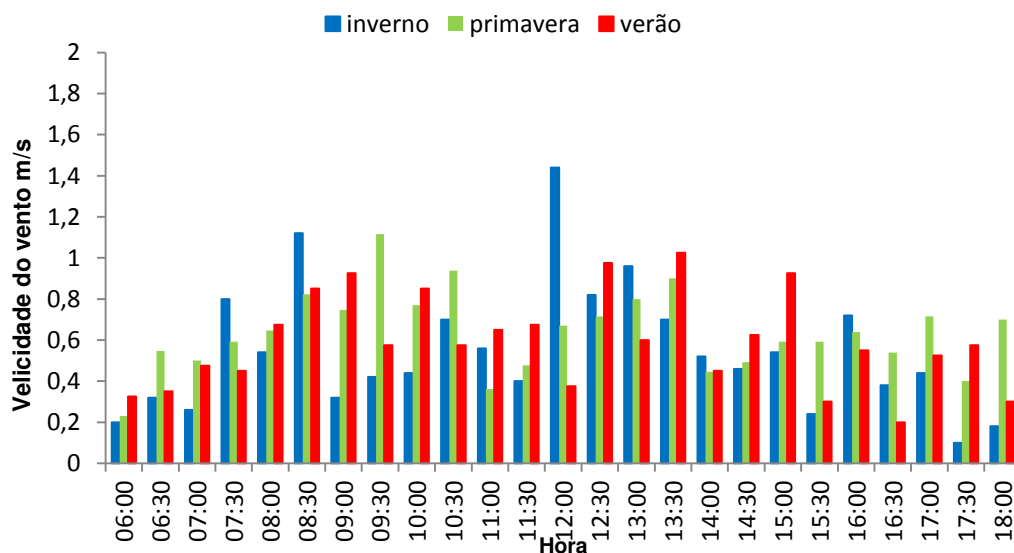
Figura 13 - Barreiras que pode ter interferido nas medições do ponto 1: (A) Prédios e (B, C e D) veículos longos que passavam no local no momento das coletas





Fonte: Autoria própria.

Figura 14 - Velocidade média diária dos ventos em três estações do ano na zona urbana de Pombal-PB

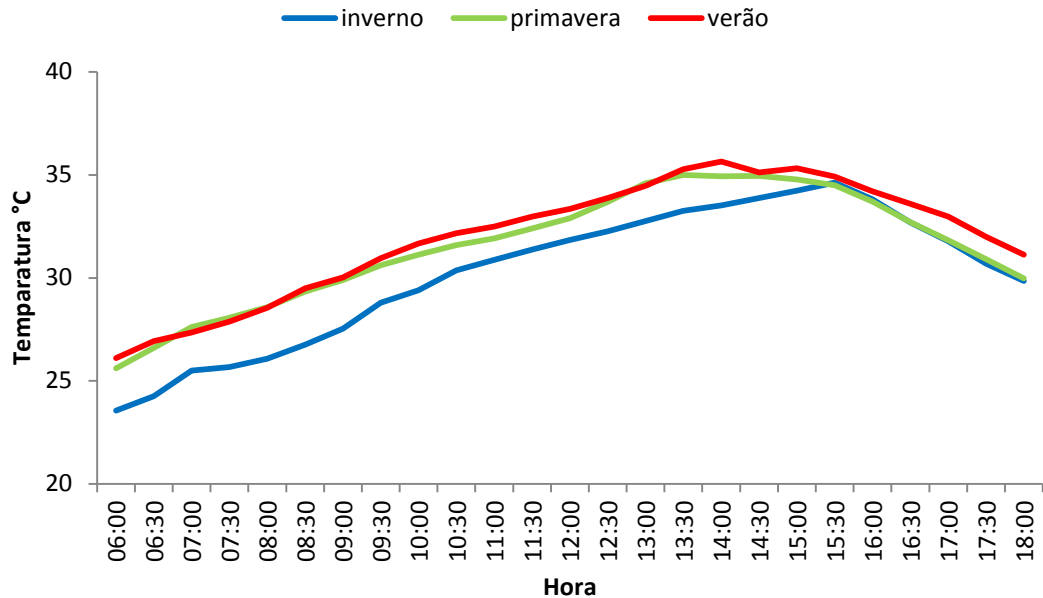


Fonte: Autoria própria.

Avaliando a temperatura na figura 15 nota-se que 15 h foi observado o maior valor de temperatura no local estudado devido ao tempo necessário para que a maior incidência de radiação solar aqueça a superfície e esta aqueça o ar. Tavares (2002) relata que isso ocorre devido às próprias características naturais, que são áreas abertas possibilitando um aquecimento mais rápido do solo e, conseqüentemente, um resfriamento mais acelerado não se prolongando para além do período da tarde.

Os valores mais altos de temperatura foram registrados na estação do verão, porém no início da manhã e da tarde foram registrados valores inferiores a primavera às 7:00 e 13:00h, o que pode ser justificado pela presença de nebulosidade.

Figura 15 - Temperaturas médias diárias em três estações do ano na zona rural de Pombal-PB

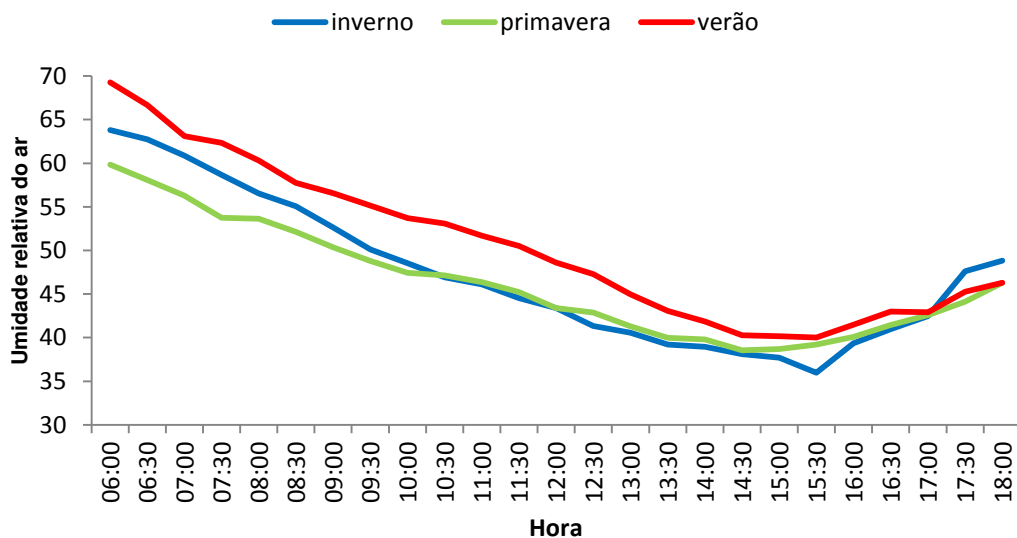


Fonte: Autoria própria.

Analisando a umidade do ar (Figura16) durante o inverno (período seco da região) percebe-se que nessa estação foi registrado o menor valor de umidade com 37,7%. Esta observação está de acordo com a relatada em Feitosa (2010) que cita que quando são registrados os menores valores de precipitação pluviométrica, surgem os menores valores de umidade relativa do ar.

Na estação da primavera o menor valor de umidade relativa do ar foi de 38,5% às 15:30h. Nota-se também que os maiores valores de umidade, nos dois pontos, foram nas primeiras horas da manhã, onde coincidiram com os menores valores de temperatura, enquanto os maiores valores de temperatura aconteceram simultaneamente aos menores valores de umidade relativa.

Figura 16 - Umidades médias diárias em três estações do ano na zona rural de Pombal-PB



Fonte: Autoria própria.

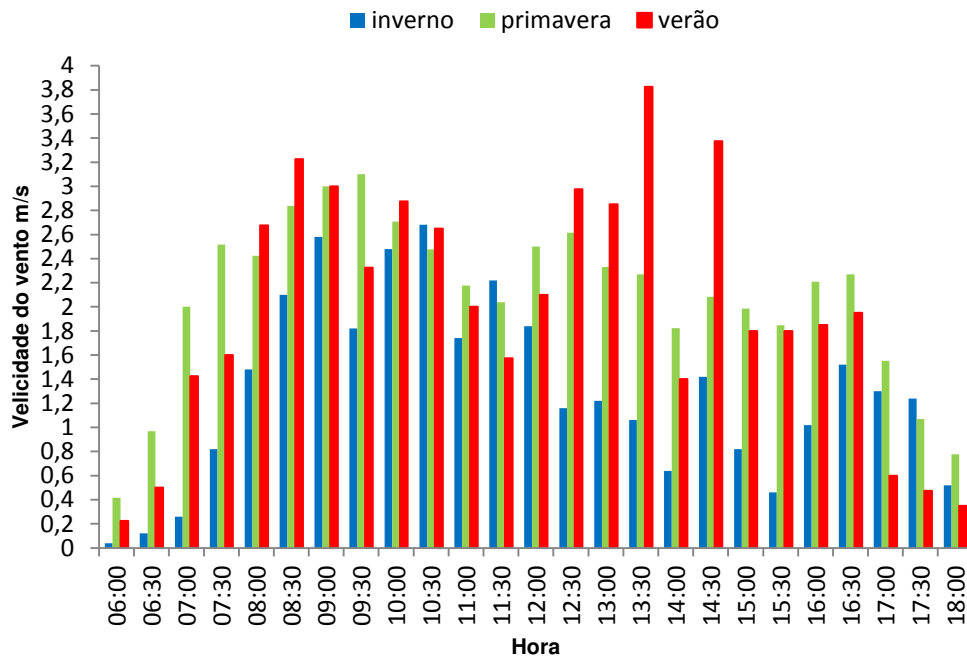
Observando a figura 17 com relação à diferença entre os ventos no período da manhã e tarde, observa-se que as velocidades dos ventos tenderam aumentar de valor, desde o nascer do sol, até por volta do meio dia, diminuindo novamente e voltando a subir, para depois diminuir ao final da tarde, comportamento semelhante ao observado por Munhoz e Garcia (2007).

Observa-se que nos meses mais quentes (Dez – Fev) os ventos sopraram com mais intensidade que nos meses mais frios (Jun – Ago).

Esta convergência de ventos maiores nos meses quentes deve-se ao maior contraste de temperaturas entre as superfícies (solo, água, vegetação) gerando gradientes térmicos que geraram gradientes de pressão.

Na análise por estação do ano, destaca-se os meses mais quente (verão) com as maiores velocidades 3,8 m/s, e os meses mais frios (inverno) com as menores velocidades 0,4m/s, dados semelhantes aos observados por Silva et al. (1997) para Pelotas-RS. Na primavera a velocidade média mais alta foi 3,1 m/s ocorrendo no mês de setembro, o que demonstra um comportamento da velocidade dos ventos em meses mais quentes.

Figura 17 - Velocidades médias diárias dos ventos em três estações do ano na zona rural de Pombal-PB



Fonte: Autoria própria.

5.4 Registro e Coleta de Dados Meteorológicos no Período de 03/05/2014 a 25/10/2014

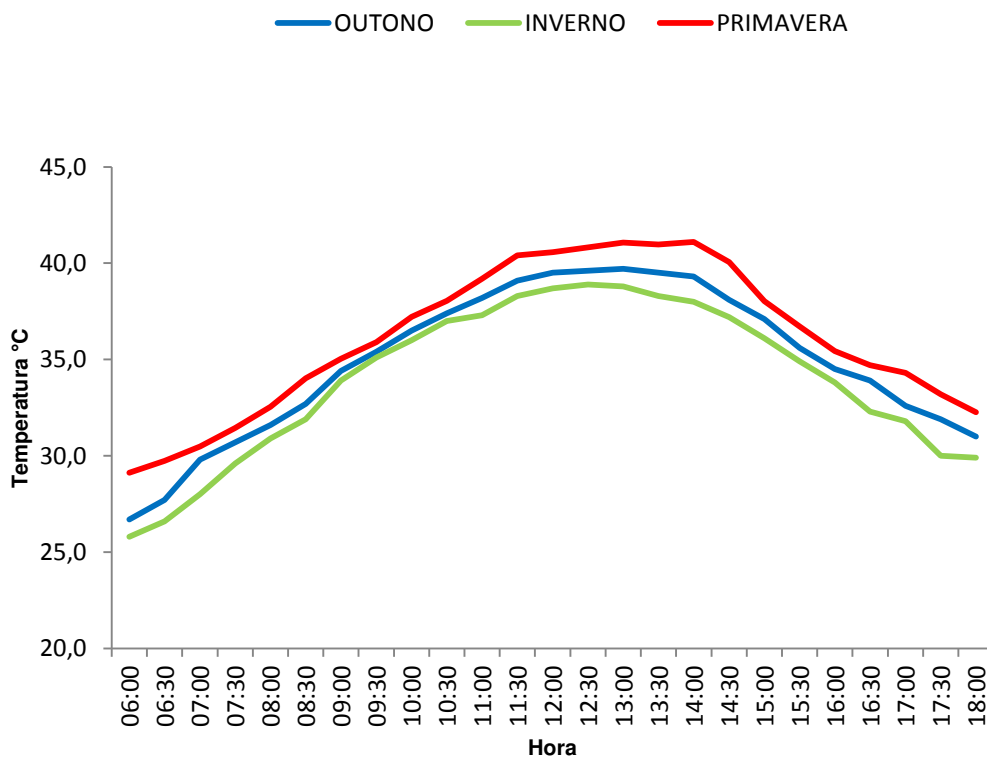
Os resultados obtidos na figura 18, mostram que das três estações analisadas a mais quente foi a primavera no ponto 1, com pico de temperatura máxima às 13:00h, e a mínima de 29,1°C. Essa elevação de temperatura para o período estudado pode ter ocorrido devido às características da área urbana como tráfego de veículos e de pedestres. Ichiba et al. (2005) relata que o aumento de temperaturas em áreas urbanas podem ocorrer devido o tráfego veicular, das modificações das paisagens naturais e da concentração populacional. Já Mendonça (2007) explica esse fato pela ausência de arborização e discorre que a vegetação desempenha um papel regulador de umidade e temperatura, mantendo temperaturas inferiores em áreas com vegetação e temperatura mais elevadas em áreas com cobertura do solo diferentes.

Nota-se na figura 18 que nas três estações, a elevação da temperatura em quase 1° C das 6 horas até às 11 horas, com a temperatura máxima entre 12 horas e 15 horas. Entretanto, após esse período, até às 18 horas, ocorreu a diminuição da temperatura, aproximando-se aos valores marcados às primeiras horas de coleta da manhã. Isso advém devido à maior

magnitude de radiação solar na parte da tarde, reduzindo-se ao anoitecer, esse fato também foi observado por Sousa e Silva (2011).

Percebe-se ainda que a temperatura durante o outono apresentou um comportamento transicional entre a primavera e o inverno, em Abreu, Moreira e Toscano (1998) também observado resultado semelhante.

Figura 18 – Temperaturas do ar nas três estações do ano na Rua Odilon Lopes



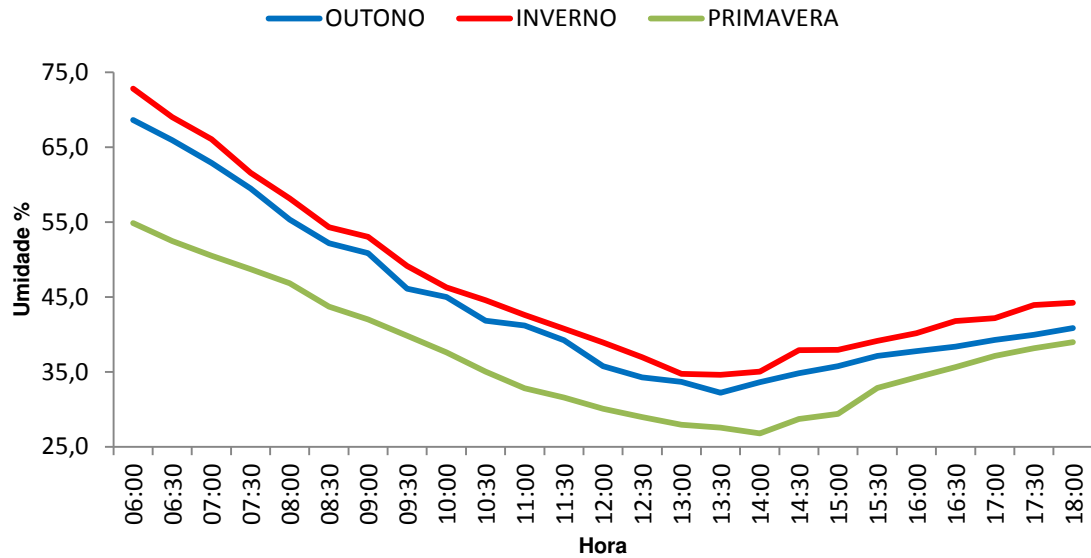
Fonte: Autoria própria.

Na figura 19, observa-se o comportamento da umidade o inverso da temperatura para o mesmo período analisado. Oliveira, Mota e Sousa, (2013) citam que ambas apresentam comportamentos inversos.

Nota-se ainda que ao contrário da figura 11 a umidade do ar apresentou pouca oscilação, que pode ser justificado pelo o fechamento de um dos estabelecimentos e mudanças nos dias de limpeza da loja de veículos ao lado do ponto analisado, para a semana em dias não analisados.

Os maiores valores de umidade na estação do inverno foi de 72,8%, no outono com 68,6% e por último a primavera com 54,9%. Enquanto a menor umidade do ar ocorreu na primavera com 26,7%, o outono com 32,2% e o inverno com 34,6%.

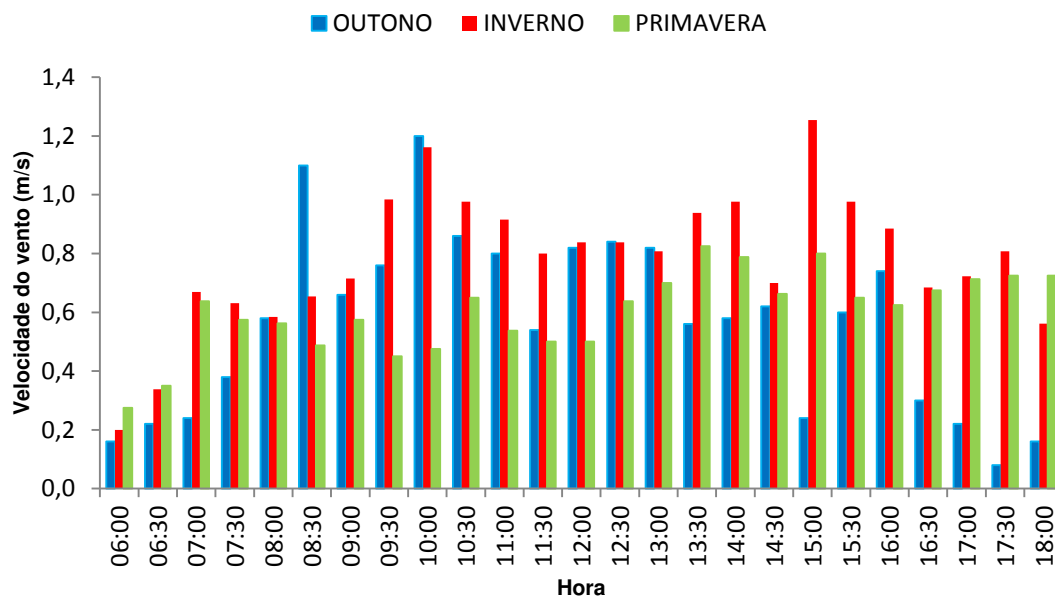
Figura 19 – Umidade relativa do ar nas três estações do ano na Rua Odilon Lopes



Fonte: Autoria própria.

Na figura 20, observa-se que a maior velocidade dos ventos no ponto 1 foi de 1,2 m/s e aconteceu no inverno e no outono, sendo a primavera a estação mais quente e por isso com as menores velocidades de vento, atingido a máxima de apenas 0,8m/s.

Figura 20 – Velocidade média dos ventos nas três estações do ano na Rua Odilon Lopes



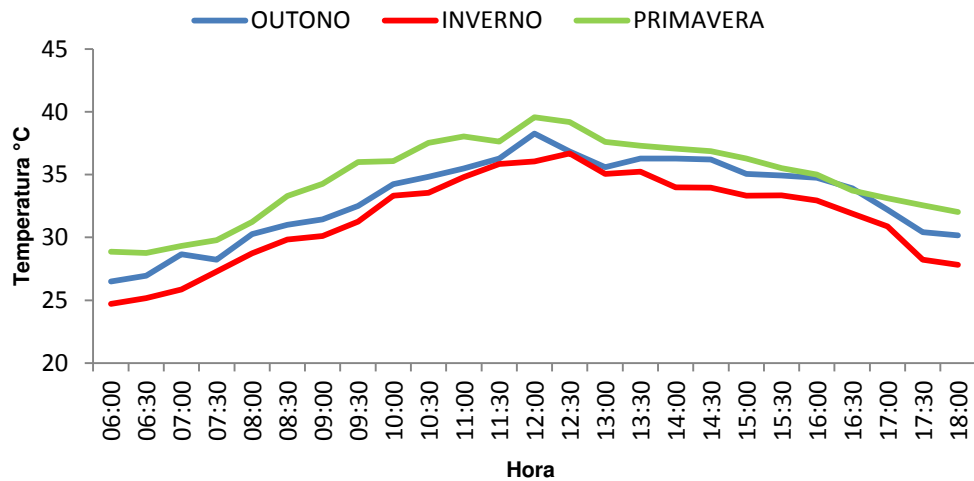
Fonte: Autoria própria.

Na figura 21 percebe-se a influência da vegetação nas temperaturas, pois as temperaturas do ar apresentaram-se sempre menores em relação ao Ponto 1. Em todo o período analisado as temperaturas apresentaram variação, o que pode ser justificado pelas as sombras dos galhos das árvores que influenciaram nas observações. Isso também ocorreu no trabalho de Martini (2013) que cita a interferência das sombras das árvores de copas falhas no momento das coletas.

Verificando a temperatura do ar nas três estações estudadas, nota-se que no outono foi registrado o maior valor de temperatura com a máxima média de 38,2°C seguida da primavera com 38,1°C com diferença mínima entre os valores das duas estações. A temperatura máxima observada no inverno foi de 36,8°C.

Verifica-se uma diferença em média de 1,5°C para a maioria dos valores registrados entre as duas áreas analisadas.

Figura 21 – Temperaturas do ar nas três estações do ano na Praça Getúlio Vargas

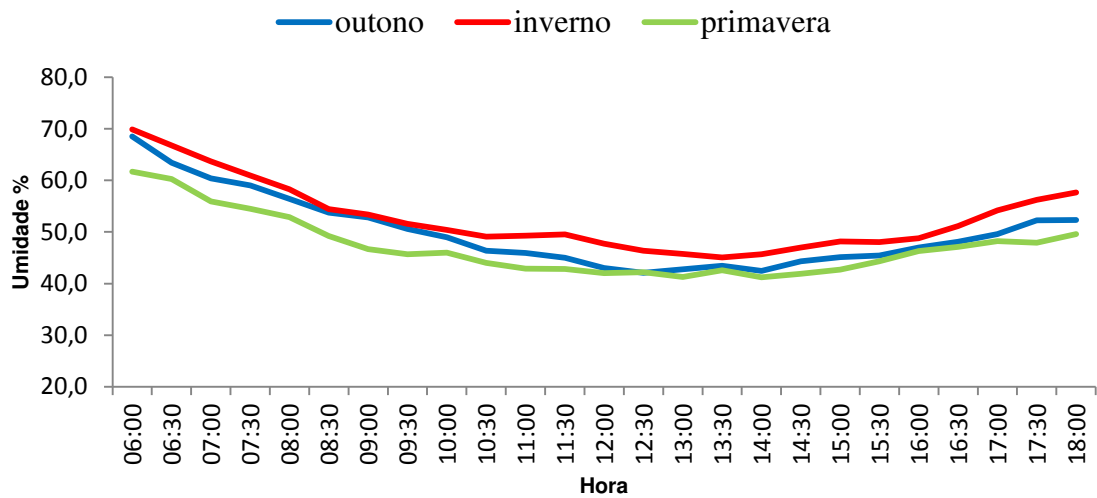


Fonte: Autoria própria.

Na figura 22 abaixo, observa-se o comportamento da umidade do ar também oposto ao da temperatura. Tendo a estação da primavera os menores valores com 40,8%, enquanto no outono e inverno os menores valores foram de 46,2% e 42,6%.

Esses valores comparados aos do ponto 1, mostra que áreas mais arborizadas apresentam temperaturas mais amenas e conseqüentemente umidades mais favoráveis, como afirmado em Silveira e Pereira (2011) que relatam que áreas arborizadas mantêm um microclima mais agradável e de melhor qualidade do ar.

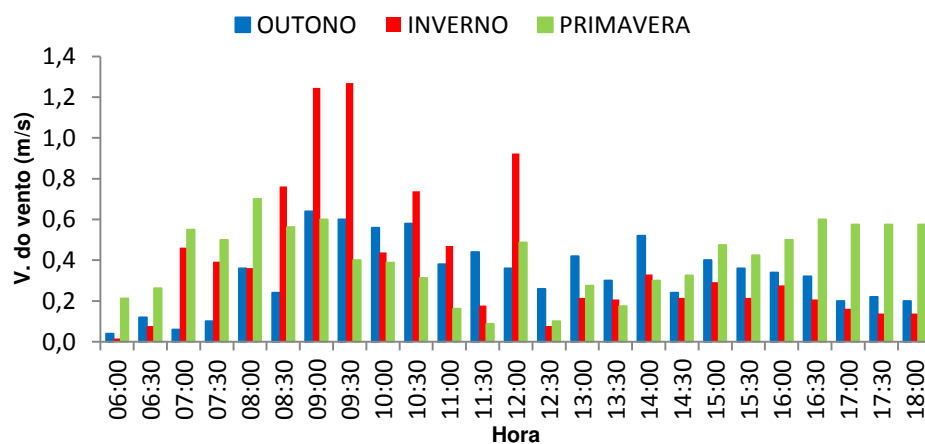
Figura 22 – Umidade relativa do ar nas três estações do ano na Praça Getúlio Vargas



Fonte: Autoria própria.

Verificando os dados observados na figura 23 percebe-se que a estação mais ventilada foi o inverno com 1,3 m/s e também a com temperaturas mais amenas, como já era esperado. Isso mostra que apesar das duas áreas estarem localizadas na mesma cidade, ambas sofrem influência da cobertura do solo e da arborização.

Figura 23 – Velocidade média dos ventos nas três estações do ano na Praça Getúlio Vargas



Fonte: Autoria própria.

De forma geral, avaliando os resultados apresentados nas figuras observa-se que nos três locais houve diferença significativa entre a área com vegetação, área desprovida de vegetação e a arborizada, em todos os horários avaliados.

De modo geral, a área sem vegetação apresentou valores das temperaturas sempre maiores, em relação à rural e à arborizada. Neste sentido, Moreno (2006) argumenta que a vegetação, principalmente a de porte arbóreo, tende a uma maior influência no microclima, proporcionando um efeito adequado, pois, absorvem a radiação solar, acomodando sombreamento, reduzem a quantidade de energia adquirida pela cobertura do solo na área urbana.

Comparando os períodos analisados percebe-se que as estações foram mais quentes no ano de 2014 que de 2013, sendo a primavera a estação mais quente dos dois anos estudados.

5.5 Medições no Período de 15/11/2014 a 27/12/2014

5.5.1 Emissões Atmosféricas Analisadas

Nessa etapa foram monitorados o monóxido de carbono, sulfeto de hidrogênio, gases combustíveis e o oxigênio, pelo detector de 4 gases modelo DG-500.

Com base nas coletas de dados foi verificado que o equipamento só registrou emissões de CO. No primeiro dia de medição 15/11 a concentração máxima de monóxido de carbono foi de 35ppm sendo registrada apenas uma vez e no momento em que um carro velho estava parado e acelerando, sendo esse valor considerado acima do permitido pela Resolução CONAMA 03/1990. De acordo com Balbinoti et al., (2012), esse fato ocorre devido à situação precária do automóvel “antigo e desregulado” que emite mais monóxido de carbono para a atmosfera do que um modelo novo e regulado.

Em relação à concentração do gás sulfídrico (H_2S), observa-se que ela se manteve nula durante todas as amostragens.

Em relação à concentração do oxigênio (O_2) nota-se que seu valor permaneceu inalterado de 20,9% em todas as coletas, dados semelhantes aos encontrados no trabalho de Inês (2014), que também ao avaliar as concentrações dos 4 gases com um detector portátil do modelo GasAlert MAX XT II se manteve inalterada.

Nos dias 22/11, 29/11, 06/12 e 13/12 todos os gases analisados foram nulos para uma altura de 1,5m, altura dos instrumentos para medições dos dados meteorológicos. Já para uma altitude de 50 cm, mais próximo aos canos de escapamentos dos veículos foram registradas

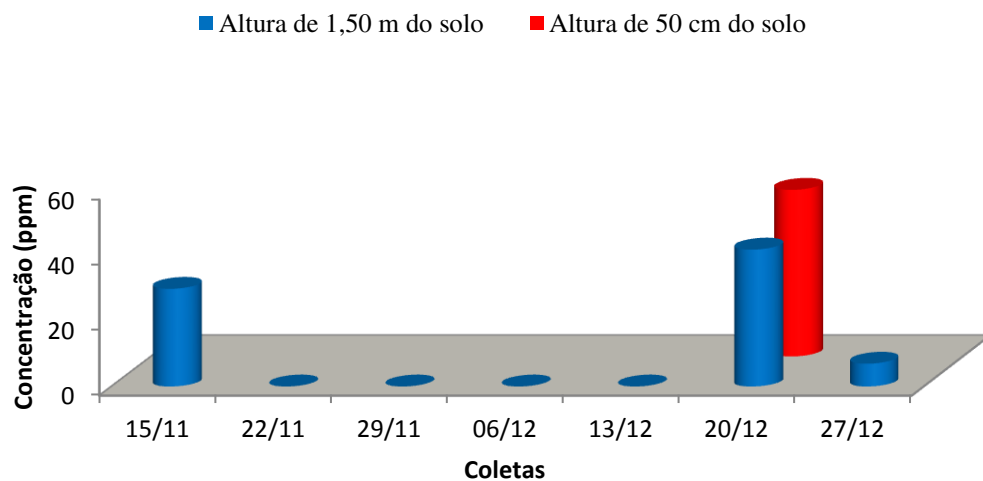
três detecções com valores acima do permitido, o que pode ser justificado de acordo com Paca, Fortes e Mattos, (2012), que relata a proximidade do aparelho com a fonte de emissão.

No dia 20/12 foram obtidas duas detecções no momento em que dois veículos longos e antigos estavam parados na faixa de pedestre com os valores de 42ppm e 51ppm, valores considerados acima do permitido. Razera et al., (2012) relatam que as ações climática tem efeito direto sobre a dispersão dos poluentes quando os veículos estão parados.

No dia 27/12 foi detectado 7ppm, valor dentro dos limites aceitáveis de acordo com a Resolução Conama 03/90.

Os dados acima se encontram sintetizados na figura 24.

Figura 24 – Registros de monóxido de carbono no ponto 1



Fonte: Autoria própria.

5.5.2 Fluxo de Veículos Contabilizados no Ponto 1

O horário de maior fluxo de veículos no ponto 1 correspondeu aos horários de monitoramento das emissões.

Os veículos foram contados a partir de cinco minutos antes das medições e eram anotados em frequência de cinco minutos de uma contagem para outra.

Foi observada a maior frota de veículos às 7 horas, devido esse ser o horário de chegada dos veículos das cidades vizinhas, visto que a área dar acesso a outros municípios. No total, durante os dias analisados foram registrados 14658, mesmo não havendo aulas nas

escolas públicas não foi reduzida a frota veicular em virtude de o dia analisado ser um dos dias de feira livre da cidade e atrair pessoas da zona rural e cidades vizinhas.

A tabela 10 mostra o fluxo de veículos e o total registrado em todos os horários de monitoramentos.

Tabela 10 – Contagem manual dos veículos no horário do monitoramento das emissões atmosféricas

Horário	Contagem manual de veículos	Horário	Contagem manual de veículos
06:55	351	07:30	597
07:00	724	07:35	840
07:05	498	07:40	787
07:10	455	07:45	447
07:15	543	07:50	443
07:20	478	07:55	530
07:25	473	08:00	476
10:55	477	11:30	585
11:00	804	11:35	513
11:05	502	11:40	404
11:10	419	11:45	524
11:15	453	11:50	404
11:20	478	11:55	358
11:25	679	12:00	416

Fonte: Autoria própria.

6 CONCLUSÕES

Através de todas as informações discutidas no presente trabalho é possível observar que em relação às fontes pontuais o microclima de Pombal-PB tem pouca influência das fábricas devido ao pequeno número desses estabelecimentos na cidade e que os poucos impactos ambientais existentes em decorrência dessas fontes poderiam ser minimizados através de equipamento de controle de poluição.

Em relação às fontes móveis verificou-se que a maior parte delas é constituída de veículos antigos.

Verificou-se que a diferença do uso do solo entre a zona urbana e rural há foi o que mais contribuiu para as diferenças nos valores dos parâmetros climáticos analisados entre as duas áreas.

Em relação às medições de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos, constatou-se que a arborização influencia nos parâmetros climáticos mesmo que em pequenas distâncias e podem melhorar o microclima da cidade.

Em relação às medições de monóxido de carbono, sulfeto de hidrogênio, oxigênio e os gases combustíveis emitidos pelos os veículos de Pombal-PB, constatou-se que os valores máximos de monóxido de carbono acima do permitido pela legislação ocorreram no momento em que veículos antigos transitavam no local de amostragem e não no momento de maior tráfego veicular, o que mostra que os veículos antigos e desregulados emitem mais gases que os modelos novos.

7 SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES

Recomendam-se a partir desta pesquisa os seguintes trabalhos a serem desenvolvidos:

Como na pesquisa foi realizado um levantamento das principais fontes de poluição na área urbana mais voltada para as emissões gasosas, estender essa mesma metodologia para o material particulado sem o processo de combustão em todos os bairros.

Seria muito interessante desenvolver esse mesmo trabalho em mais pontos dentro da cidade, visando determinar as diferenças microclimáticas em áreas próximas.

Realizar estudo para outras variáveis ainda não avaliadas neste estudo como a radiação solar, direção dos ventos, temperatura do solo e chuva (mm), a fim de detectar como a poluição atmosférica influencia nos parâmetros climáticos.

Com base nos resultados do monóxido de carbono, sugerimos fazer um levantamento de dados no ponto 3, onde apresenta veículos mais antigos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. L. de; MOREIRA, A. A. M.; LUCIO, P. S.; TOSCANO, E. M. M. de. **Comportamento de séries climáticas. Parte I: Climatologia de Belo Horizonte – MG (BRASIL)**. Departamento de Geografia – IGC / Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte-Minas Gerais, 1998.
- AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: www.aesa.pb.gov.br. Acesso em: 27/07/ 2014.
- ALMEIDA, I. T. de. **A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto**. São Paulo, 1999. 194 p. Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- ALVES, E. D. L. **Ilha de Calor ou Ilha de Energia Térmica: um conceito aberto à discussão**. Revista Espaço Acadêmico – n° 110. 2010. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/EspacoAcademico/article/viewFile/9751/5786>>;
- ALVES, E. D. L.; SPECIAN, V. **Variação termohigrométrica em espaços intra-urbanos: estudo de caso em Iporá-GO**. Universidade de Iporá-Go, 2009.
- AMBIENTE GLOBAL. Disponível em: http://www.prof2000.pt/users/colégio/ambiente_global/ambiente_global/air/airintro.html. 2000. Acesso em 15 de junho de 2013.
- ANP. **Agência Nacional do Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/>. Acesso em 18 de julho de 2013.
- ANJOS, M. W. B. dos. **Ambiente urbano: contrastes térmicos e higrométricos espaciais em Aracaju-Sergipe (Brasil)**. Dissertação de Mestrado, apresentada ao Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 2012.
- ANJOS, M. W. B. dos; GANHÓ, N.; ARAÚJO, H.M. de. **Uma análise dos contrastes topoclimáticos no espaço urbano e periurbano de Aracaju/SE: os campos térmicos e higrométricos**. Revista Brasileira de Climatologia. Ano 9 – Vol. 13 – JUL/DEZ 2013.
- ANTUNES, F. C. B. **Efeitos da vegetação no conforto ambiental interno em edifícios corporativos**. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 136 p. 2003.
- ARBEX, M. A.; CANÇADO, J. E. D.; PEREIRA, LUIZ A.A.; BRAGA, A. L. F.; SALDIVA, P.H. N. **Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde**. In: *Jornal Brasileiro de Pneumologia* 30(2) - Mar/Abr de 2004.
- AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 13°. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

BALBINOTI, Jonas. R. ARAUJO, José H. B. **Diagnóstico das Emissões Atmosféricas de Origem Veicular Por Meio De Analisador Portátil de Gases No Município de Campo Mourão – Pr.** Seminário de Iniciação Científica e Tecnologia da UTFPR (SICITE), Campo Mourão – PR, UTFPR campus Campo Mourão, 2012.

BARCELLOS, F. C.; MORENO, R. de A.; SILVA, L. C. D. da; SILVA, L. A. da. **Poluição do ar por fontes fixas nos municípios brasileiros.** 2005.

BELTRÃO, B. A.; MORAIS, F.; MASCARENHAS, J. C.; MIRANDA, J. L. F.; JUNIOR, L. C. S.; MENDES, V. A. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea. Diagnóstico do Município de Pombal, Estado da Paraíba.** CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Recife, 2005.

BIASOTTO, Mano E. **Meio Ambiente, poluição e reciclagem.** 2. Ed. São Paulo: Blucher, 2005.

BOETTGER, R. J. C. de S. **O controle da poluição sonora na zona urbana de Macapá na esfera penal,** 2009. Dissertação - (Mestrado em Direito Ambiental e Políticas Públicas) – Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2009.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre a qualidade do ar, previstos no PRONAR. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil.** Brasília, DF, 22 ago. 1990. Disponível em: <http://www.pda.ufpr.br/portal/legislacoes/006.pdf>. Acesso em 27 de dez. de 2014.

CARVALHO M. B. F. **Poluição Atmosférica e Mudanças Climáticas.** 2008. Disponível em: http://www.pucrio.br/pibic/relatorio_resumo2009/relatorio/dir/mariana_carvalho.pdf. Acesso em 20 de fev. de 2013.

CEMIG, Companhia Energética de Minas Gerais. **Alternativas Energéticas: uma visão Cemig.** Belo Horizonte: 2012. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/Inovacao/AlternativasEnergeticas>. Acesso em 19 de dez. de 2013.

CETESB. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/Informa??es-B?sicas/21-Poluentes>. Acesso em 19 de maio de 2014.

CIÊNCIA VIVA. Disponível em: <http://www.cienciaviva.pt/divulgacao/eventos/diasemcarros/poluentes.asp>. Acesso em 19 de maio de 2014. Acesso em 19 de maio de 2014.

CIMM, 2014. Disponível em: http://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/3672-control-de-poluentes-atmosfericos#.VKFY7sCRA. Acesso em 14 de fev. de 2013.

CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. C. **Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologias e gestão.** 2. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

CUNHA, L. H.; SILVA, R. A. G. da. **A trajetória da algaroba no semiárido nordestino: dilemas políticos e científicos.** In: Raízes, v.32, n.1, jan-jun / 2012.

DAMILANO, D. C. R. **Estudo da influência da poluição atmosférica e Das condições meteorológicas na saúde em São José dos campos**, São José dos Campos - SP 2006.

DERÍSIO, José C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. São Paulo: Signus Editora, 2007.

DETRAN. **Departamento Estadual de Trânsito**. 2013. Disponível em: www.detran.pb.gov.br. Acesso em 12 de jun. de 2014.

DOZENA, Edvaldo Cesar. **Poluição atmosférica: uma análise crítica da legislação ambiental aplicada à indústria**. Monografia. Universidade Federal da Bahia, 2000.

FEITOSA, S. M. R. **Alterações climáticas em Teresina - PI decorrentes da urbanização e supressão de áreas verdes**. 2010. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Piauí, 2010.

FOGLIATTI, Maria C. **Avaliação de impactos ambientais: aplicação aos sistemas de transporte**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

FRANCO, F. M. ; NOGUEIRA, M. C. J. A. ; ROSSETI, K. A. C. ; NOGUEIRA, J. S. . **Microclima e morfologia urbana: um estudo em cidade de clima tropical continental**. In: PLURIS, 2010, Faro. PLURIS 2010 The Challenges of Planning in a web Wide world. Faro: Universidade do Algarve, 2010. v. 1. p. 314-314.

GIODA, F. R. **A influência da qualidade do ar nas doenças respiratórias**. Health and Environment Journal, v. 7, n.1, 2006.

Google Earth. Software Google Earth, 2007. Disponível em: <http://www.panoramio.com/photo/7325706#comment>. Por: Marcos Lacerda. Acesso em: 08 de Dezembro de 2014.

HABERMANN, M.; GOUVEIA, N. **Tráfego Veicular e Mortalidade por Doenças do Aparelho Circulatório em Homens Adultos**. *Revista de Saúde Pública*. São Paulo, v. 46, n. 1, p. 26-33. Fev, 2012.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**. Disponível em: http://www.censo2010.ibge.gov.br/primeiros_dados_divulgados/index.php?uf=00 Acesso em: 28 junho. 2013

ICHIBA, Sueli Hiromi Kay; SOUSA, Patrícia de; AZEVEDO, Luiz Carlos de; NERY, Jonas Teixeira. **Variabilidade da temperatura máxima, média e mínima para o estado do Paraná**. In: Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, USP – 05 a 09 de setembro de 2005.

IMMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas 1961 a 1990**. INMET. Brasília, 2010.

INEA. Instituto Estadual do Ambiente. **Relatório Anual da Qualidade do Ar do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/downloads/relatorios/qualidade_ar_2009.pdf>. Acesso em: 17 de Janeiro 2014.

INEA. Instituto Estadual do Ambiente. **Boletim diário da qualidade do ar**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/fma/qualidade-ar.asp>, Acesso em: 17 de Janeiro 2014.

INÊS, G. A. L. **Monitoramento da qualidade do ar no município de Cianorte – PR de fontes móveis**. 2014. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2010**. Pombal-PB, 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=251210&search=paraibal_pombal>. Acesso em: 29/06/2014.

JANUÁRIO, Ana Luísa S.; LOPES, Larissa C. S. MENEZES, Karina S. **Análise comparativa entre o clima em área rural e urbana na região metropolitana de Belo Horizonte**. In: I SEURB, 2011.

JARDIM, C. H. **Relações entre temperatura, umidade relativa do ar e pressão atmosférica em área urbana: comparação horária entre dois bairros no município de São Paulo-SP**. Geografias artigos científicos, Belo Horizonte, janeiro-junho de 2011.

JÚNIOR, F. R.; MELO, R.R. de; CUNHA, T. A. da; STANGERLIN, D. M. **Análise da arborização urbana em bairros da cidade de Pombal no Estado da Paraíba**. REVESBAU, Piracicaba – SP, v.3, n.4, p.3-19, 2008.

KELESOGLU, C. T.F. **A influência do tráfego urbano na qualidade do ar do rio de janeiro - o caso do ozônio troposférico**. Rio de Janeiro, RJ – Brasil, Março de 2008.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da. **Ecologia e Conservação da Caatinga**. – Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 822 p.: il., fotos, mapas, gráf., tab.

LIMA, Bruna R. de O.; NERY, Jonas T. **Poluentes da atmosfera urbana e a influência dos sistemas meteorológicos na quantificação destes compostos no município de Ourinhos/SP**. Revista Geonorte. V.2, N.4, p.1035 – 1047, 15 de fev. 2012.

LIMA, Y.da L.; FARIAS, F. F.; LIMA, A. de M. da L.; ELISA, Maria. **Poluição atmosférica e clima: refletindo sobre os padrões de qualidade do ar no Brasil**. Revista Geonorte. V.2, N.5, p.555 – 564, 18 de jun. 2012.

LUÍS A. J.; QUELHAS, O. L. G.; LIMA, G. B. A.; SOUZA, O. E. de. **Poluição do ar por veículos automotores**. Niterói – RJ, 1999.

LYRA, D. G. P.; TOMAZ, E. **A influência da meteorologia na dispersão dos poluentes atmosféricos da Região Metropolitana de Salvador.** In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis. XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006.

MATOS, Antônio T. de. **Poluição Ambiental: impactos no meio físico.** 1960 – Viçosa, MG. Ed.UFV, 2010. 260p.

MARTINI, A. **Microclima e conforto térmico proporcionado pelas árvores de rua na cidade de Curitiba.** – Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, 2013.

MARTINS, P. de L.; BARACUHY, J. G. V.; TROVÃO, D. M. B. de M.; COSTA, G. M. da; FARIAS, M. L. C.; ALMEIDA, M. V. A. de. **As essências florestais utilizadas nas fogueiras de São João, na cidade de Campina Grande PB.** Revista de Biologia e Ciências da Terra, vol. 4, núm. 1, primer semestre, 2010.

MEDEIROS, R. M. de; SOUSA, F. de A. S.; FILHO, M. F. G.; FRANCISCO, Pa. R. M. **Variabilidade da umidade relativa do ar e da temperatura máxima na bacia Hidrográfica do rio Uruçuí preto.** Revista Educação Agrícola Superior Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior - ABEAS - v.28, n.1, p.44-50, 2013.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MESQUITA, M. E. A., **Clima e Saúde.** Enciclopédia Biosfera, N.01, 2005. Ministério do Meio Ambiente(MMA). **Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental Esplanada dos Ministérios.** Brasília-DF, 2009.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.17, p.1-10, 2002.

MOREIRA, José. C.; SENE, Eustáquio de. **Geografia: volume único.** 2.ed. São Paulo: Scipione, 2005.

MORENO, M. M. **Parâmetros para implantação efetiva de áreas verdes em bairro periféricos de baixa densidade.** Tese (Dissertação em Arquitetura e Urbanismo do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 139 p. 2006.

MOTA, Daniel. **Caracterização físico-química do material particulado emitido por forno de pizzaria: estudo de caso da Pizzaria Achiropizza.** Ciência e Natura, Santa Maria, v. 36 n. 2 ma-ago. 2004 p. 258–267.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Emissão de Poluentes Atmosféricos por Fontes Móveis**, 2009. Disponível em:

http://www.mma.gov.br/pnia/Arquivos/Temas/Atmosfera_e_Mudancas_Climaticas_AMC/3_Qualidade_do_AR/AMC%203.1/Texto_AMC_3_1.pdf. Acesso em 22 de dez. de 2014.

MUNHOZ, F. C.; GARCIA, A. **Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de Ituverava, SP.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.23, n.1, p.30-34, 2008.

NETO, M. S. N.; A. C. S. NOGUEIRA; J. B. SACOMANO; J. L. A. de Lima. **Mais Demanda por Recursos com os Mesmos Recursos: o Aumento da Frota de Veículos em São Paulo.** In: 3 International Workshop: “cleaner production initiatives and challenges for a sustainable world. São Paulo – Brazil – May. de 2011.

NÓBREGA, L. A.da. **Modelagem da influência de poluentes atmosféricos veiculares e fatores meteorológicos em afecções respiratórias** / Luciana Alves da Nóbrega.- João Pessoa, 2013.

NTU. Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano. **Mobilidade Sustentável: para um Brasil mais competitivo.** Brasília: Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano, 2013, 77p.

OLIVEIRA, M. do Ca. F. de O. MOTA, M. A. S. da; SOUSA, P. F. de. **Influência da temperatura e umidade do ar na cidade de Belém-PA.** In: Departamento de Meteorologia – CG – UFPA – 1998.

OLIVEIRA, ANGELA SANTANA DE. **Influência da vegetação arbórea no microclima e uso de praças públicas.** Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental. - Cuiabá:, 2011.

PACA, V. H. da M.; FORTES, J. D. N.; MATTOS, U. A. de O. **Processo de avaliação de influência da poluição atmosférica em áreas urbanas mistas.** In: XXVIII – Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Cancun México, 27 a 31 de outubro de 2012.

PARANÁ (Estado). Secretaria do Estado da Segurança Pública – **Departamento de Transito do Paraná – DETRAN PR.** Anuário estatístico. Paraná. 2010. 138p.

Disponível em: <

<http://www.detrان.pr.gov.br/arquivos/File/estatisticasdetrان/انuario/انuario2010.pdf>>. Acessado em 19 de outubro. 2013.

PCPV. **Plano de Controle de Poluição Veicular do Estado de São Paulo.** 2011/2013.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Porto Alegre: Livraria e Editora Agropecuária, 2002.

PEREIRA, D. P. **Potencial de redução da poluição do ar causada pelas emissões de motores dieiseis, com a implementação do uso do biodiesel.** Monografia do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras. MINAS GERAIS, 2007.

PINO, J. C. D.; KRÜGER, V.; FERREIRA, M. **Poluição do ar.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Instituto de Química Área de Educação Química. 2000.

PIRES, D. O. **Inventário de Emissões Atmosféricas de Fontes Estacionárias e sua Contribuição para a Poluição do Ar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2005-VI, 188 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M. Sc., Planejamento Energético, 2005) Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

Projeto inspeção veicular: capacitação e avaliação inicial / Fundação Estadual do Meio Ambiente. --- Belo Horizonte: FEAM, 2005. 93p.: il. ; mapas.

RAZERA, Bruno. M, BASANE, Paulo. G, RODRIGUES, Renan Vinicius, ARAUJO, José H. B. **Diagnóstico das Emissões Atmosféricas de Origem Veicular Por Meio De Analisador Portátil de Gases No Município de Campo Mourão - PR e Análise Dos Efeitos Na Saúde Da População**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão. Julho de 2012.

RESENDE, F. **Poluição atmosférica por emissão de material particulado: avaliação e controle nos canteiros de obras de edifícios**. 2007. 232p. Dissertação - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

SANTANA, I. **Emissão de gases poluentes por descarga de veículos do ciclo diesel provocadores de deterioramento do meio ambiente: busca de soluções para amenizar ou controlar o problema**. Faculdade de engenharia de Minas Gerais – FEAMIG. Belo Horizonte Novembro – 2012.

SARAIVA, A. L. B. C.; GRIGIO, M. A.; MOURA, S. R. F. **Estudo do campo térmico da cidade de Mossoró- RN: episódio de outono** IN: Anais do 9º Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Fortaleza – CE, de 26 à 30 de setembro, 2010.

SENAMBI – Serviço Nacional de Meteorologia e Hidrologia Del Peru. **Aprendendo Meteorologia**. In:http://www.senambi.gob.pe.pefaprediendo/apen_meteo.htm. 2004.

SENTELHAS, P. C.; DE ALMEIDA MONTEIRO, J. E. B. **Agrometeorologia dos Cultivos**. Brasília, DF: INMET, 2009.

SERVIÇO DE COMUNICAÇÃO SOCIAL. **Boletim dos funcionários**. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - FFLCH USP, 2008.

SILVA, J. B.; ZANUSSO, J. F.; SILVEIRA, D. L. M. **Estudo da velocidade e direção dos ventos em Pelotas, RS**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.5, n.2, p227-235, 1997.

SILVEIRA, M. H. D.; PEREIRA, L. R.. **Influência da arborização urbana no microclima de duas áreas na região central de Rondonópolis – MT**. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/ciencias%20ambientais/influencia%20da%20arborizacao.pdf> acessado em 03/04/2014.

SOBRINHO, J. E.; SANTOS, H. B. dos; SOUSA, G. M. M. de. **Análise do comportamento da temperatura e da umidade relativa do ar em diferentes locais da cidade de Mossoró-RN durante as quatro estações do ano**. UFERSA, 2010.

SOUZA, S. M. de; SILVA, A. G. da. **Influência da vegetação no comportamento da temperatura do ar, na cidade de Vitória, ES.** In: XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e XI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2011.

TAVARES, F. V. F.; BARRETO, A. A.; DUTRA, E. G.; JACOMINO, V. M. F. **Estudo do processo de dispersão de emissões veiculares em uma microrregião de Belo Horizonte (MG) utilizando simulação numérica.** In: EngSanitAmbient | v.15 n.4 | out/dez 2010.

TAVARES, R. **O Clima de Sorocaba-SP: aspectos regionais, locais e urbanos.** In: Os climas das cidades brasileiras. Presidente Prudente: FCT/UNESP. P.115-143, 2002.

TORRES, F. T. P.; MARTINS, L. A. **Determinação dos fatores que influenciam na concentração do material particulado inalável na cidade de Juiz de Fora – MG. JATAÍ, GOIÁS, 2005.**

VESENTINI, José W. **Sociedade e espaço: geografia geral e do Brasil.** 44. ed. São Paulo: Ática, 2005.

ZAMBRANO, G. J. D. **Modelagem matemática da dispersão atmosférica de material particulado em uma cerâmica estrutural.** Criciúma. 16 de jun. de 2010.