

TÉCNICA DE ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO NOS ESTUDOS DE CLIMA URBANO: INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO TOTAL EM SUSPENSÃO (MPTS) NA QUALIDADE DO AR DE DOURADOS/MS

INFRARED SPECTROSCOPY TECHNIQUE IN URBAN CLIMATE STUDIES: INFLUENCE OF THE CONCENTRATION OF TOTAL SUSPENDED PARTICULATE MATERIAL (MPTS) IN AIR QUALITY OF DOURADOS/MS

TÉCNICA DE ESPECTROSCOPIA INFRARROJA EN ESTUDIOS DE CLIMA URBANO: INFLUENCIA DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULAR TOTAL EN SUSPENSIÓN (TSP) SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE EN DOURADOS/MS

Vladimir Aparecido Sorana dos Santos¹

Resumo: No Brasil os estudos de clima urbano têm ganhado força e se intensificado, isso graças às elevadas necessidades de compreensão e resolução de problemas ambientais que se apresentam nas/para sociedades, principalmente as urbanas, e, destacando as poluições atmosféricas como um dos grandes problemas da atualidade. Nesse sentido observa-se vigorosamente a utilização de variados métodos e tecnologias que possibilitam melhor e maior vislumbre dos dados climatológicos atrelados ao entendimento das concentrações de poluentes e suas espacializações. Esse trabalho tem o intuito apresentar modelos de obtenção e análises das poluições por material particulado total em suspensão (MPTS) em estudo do clima urbano. A cidade objeto do estudo é Dourados/MS, nas estações de inverno e primavera de 2017, utilizando-se dos métodos de captação de MPTS adaptado de Troppmair (1988) e de espectroscopia de infravermelho, este permite compreender de forma qualitativa os picos de absorção dos tipos de materiais, sejam orgânicos e/ou inorgânicos presentes na atmosfera urbana. Os métodos citados demonstram que para os MPTS as concentrações são maiores na primavera do que no inverno, pois nela há o aumento de microrganismos, pólen, insetos, entre outros tipos de matéria orgânica.

Palavras-chave: MPTS; Espectroscopia de infravermelho; Poluição atmosférica; Clima urbano; Qualidade do ar.

Abstract: In Brazil, urban climate studies have gained strength and intensified, thanks to the high needs for understanding and solving environmental problems that arise in/for societies, especially urban ones, and highlighting air pollution as one of the major problems of present. In this sense, it's vigorously observed the use of various methods and technologies that allow a better and greater glimpse of climatological data linked to the understanding of pollutant

¹ Doutor em Geografia pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Dourados/MS. E-mail: vladimirvas@yahoo.com.br. Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/6745851936529435>. Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-4979-9741>.

concentrations and their spatialization. This work aims to present models for obtaining and analyzing pollution by total particulate matter in suspension (MPTS) in a study of the urban climate. The city object of the study is Dourados/MS, in the winter and spring seasons of 2017, using the MPTS capture methods adapted from Troppmair (1988) and infrared spectroscopy, which allows for a qualitative understanding of the absorption peaks types of materials, whether organic and/or inorganic present in the urban atmosphere. The methods mentioned demonstrate that concentrations of MPTS are higher in spring than in winter, as there is an increase in microorganisms, pollen, insects, among other types of organic matter.

Keywords: MPTS; Infrared spectroscopy; Atmospheric pollution; Urban climate; Air quality.

Resumen: En Brasil, los estudios de clima urbano han cobrado fuerza y se han intensificado, gracias a las altas necesidades de comprensión y solución de los problemas ambientales que surgen en / para las sociedades, especialmente las urbanas, y destacando la contaminación del aire como uno de los mayores problemas del presente. En este sentido, se observa con vigor el uso de diversos métodos y tecnologías que permiten vislumbrar mejor y más los datos climatológicos vinculados a la comprensión de las concentraciones de contaminantes y su espacialización. Este trabajo tiene como objetivo presentar modelos para la obtención y análisis de la contaminación por material particulado total en suspensión (MPTS) en un estudio del clima urbano. La ciudad objeto de estudio es Dourados/MS, en las temporadas de invierno y primavera de 2017, utilizando los métodos de captura MPTS adaptados de Troppmair (1988) y espectroscopia infrarroja, que permite una comprensión cualitativa de los tipos de picos de absorción de materiales, ya sea presentes orgánicos y/o inorgánicos en el ambiente urbano. Los métodos mencionados demuestran que las concentraciones de MPTS son mayores en primavera que en invierno, ya que hay un aumento de microorganismos, polen, insectos, entre otros tipos de materia orgánica.

Palabras clave: MPTS; Espectroscopia infrarroja; Contaminación atmosférica; Clima urbano; Calidad del aire.

Introdução

O clima e os seres humanos são interdependentes e nesta relação, como é bem conhecido, o clima influencia o homem e suas atividades, embora não necessariamente bem compreendido. Ainda menos conhecidos são a multiplicidade de maneiras pelas quais o homem tem e está mudando seu ambiente climático (CHANDLER, 1962; LOWRY, 1967). Nesse processo, suas tentativas deliberadas de modificar os processos meteorológicos atraíram mais atenção do que o grau de modificação parece justificar, e neste sentido, a sociedade são acometidas de forma inesperada as consequências de suas investidas, Chandler (Op. cit.).

Como reforça Landsberg (1970, p. 1265 – tradução nossa), “nos últimos anos, algumas pessoas expressaram a suspeita de que as atividades humanas alteraram o clima global, além de ter demonstrado efeitos nos microclimas locais”.

O conceito de clima urbano nas palavras de Monteiro (1976, p. 53) é: “o clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”.

Sem dúvida, “a cidade, materialização do processo de urbanização e cuja concepção pode ser expressa, genericamente, pela aglomeração de pessoas com suas construções e atividades num determinado local [...]”, Mendonça (2013b). “A cidade, [...] não é somente uma construção humana; ela é esta construção somada a todo um suporte que a precedeu – Natureza – mais as atividades humanas”. (MENDONÇA, 2004, p. 185).

E “qualquer alteração no ambiente natural, modifica até certo ponto, microclimas existentes. [...] Individualmente, o grau de modificação é pequeno, mas quando as forças sociais e econômicas congregam casas, fábricas, estradas e estações de energia nas cidades, uma nova entidade climática é produzida, um clima urbano”. (CHANDLER, 1962, p. 279 – tradução nossa).

“De longe, os efeitos mais pronunciados e de alcance local das atividades do homem no microclima foram nas cidades”, Landsberg (1970, p. 1270 – tradução nossa).

Sabendo que a população mundial no fim do século XX mudou sua característica predominantemente rural para urbana, inflando as cidades. Nessas condições, as populações essencialmente urbanas já somam pouco mais de 50% do total mundial, sendo que, ultrapassa 75% nos países desenvolvidos. No caso do Brasil a passagem de característica de população rural para urbana, acontece por volta dos anos de 1960, e acelerando cada vez mais nas décadas seguintes, hoje sua população urbana é de quase 85%, conforme os dados do IBGE no censo de 2010 (MENDONÇA, 2013; SANT’ANNA NETO, 2013).

É estimado pelas Nações Unidas que até o ano de 2050 a população mundial atingirá o número de 9,6 bilhões e desse total 6,4 bilhões de pessoas estarão residindo nos ambientes urbanos. Com o crescimento dessa população mundial, conseqüentemente a expansão das cidades é um fato irremediável. Além disso, há o inadvertido aumento do tráfego de veículos automotores, indústrias, monoculturas, etc.; que promovem emissões dos mais diversos tipos de poluentes atmosféricos, reduzindo assim, a qualidade ambiental e saúde da população (ROCHA et al., 2016).

Monteiro (1976, p. 56) indaga que “uma linha especial de enfoque da atmosfera sobre as cidades é consagrada à poluição, de tal maneira numerosa em resultados [...]”, e “[...] a poluição atmosférica representa, no presente, o problema básico da climatologia das modernas cidades industrializadas” (Ibid., p. 57-58).

É possível afirmar que o homem influencia o clima deliberadamente, em escala local ou mesmo em mesoescala. Ele pode até influenciar o clima do globo terrestre de forma inadvertida por meio de inúmeros processos, como por exemplo, urbanização, industrialização,

irrigação de monoculturas, mineração, desmate de vegetação para confinamento de animais, drenagem de pântanos, construção de lagos artificiais, desvio e represamento de rios, entre outros (CHANDLER, 1962; LANDSBERG, 1970; OKE, 1987; LOWRY, 1998; AMORIM & MONTEIRO (2011); BOUNOUA et al., 2015; CHIQUETTO et al., 2016).

Os efeitos colaterais climáticos das atividades humanas são muitos e variados. Eles são o resultado de interferências na operação de sistemas naturais. A manipulação de energia natural e ciclos de água muitas vezes resulta em ramificações bastante complexas em todo o sistema, incluindo efeitos de *feedback*. Em muitos casos, a rede completa de ligações de causa e efeito é tão grande que o impacto climático da alteração de uma parte de um sistema é amplamente desconhecido (OKE, 1987, p.262).

Uma das formas de alterações das propriedades de superfície de uma área é a remoção da vegetação, que marcadamente irá modificar os saldos de energia e de massa do ambiente. Esta remoção por de ser temporária, como em colheitas de monoculturas, ou ser permanentes, no caso de limpeza de terra para a agricultura. Também pode ser acidental, como o resultado de queimadas e/ou excesso de pastoreio. E se a área envolvida for extensa, os saldos de temperatura e umidade podem dar origem a alterações em escala local, mesoescala e até mesmo de macroescala no clima e hidrologia (LEE, 1984; OKE, 1987; ARAÚJO, 2014).

Clima urbano e modelos

No Brasil, os estudos de clima urbano enquanto como sistema foram concretizados por Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro em 1975 – sob a influência de Bertalanffy – com o título “Teoria do Clima Urbano”, tornando-se um referencial teórico básico nos dias atuais. Daí para cá intensificaram-se o número de trabalhos em torno do clima urbano e qualidade ambiental urbana, sob referencial teórico e metodológico capaz de construir a compreensão do processo de urbanização como influenciador direto dos climas da cidade, Tarifa (1981) e Amorim (2012).

Pode-se elencar três enunciados básicos dos dez apontados por Monteiro (1976), sobre o Sistema Clima Urbano (SCU): 1 – o clima urbano é um sistema que abrange um ponto específico de dado espaço terrestre urbanizado; 2 – o meio urbano, que se identifica a partir do sítio urbano, se estabelece como núcleo do sistema, relacionando-se com o ambiente regional ao qual está inserido; 3 – o SCU tem a capacidade de importar energia do seu ambiente, responsável por variados eventos, como mudanças de estados, mudanças e transformações internas gerando produtos e exportando para o ambiente, configurando-se como sistema aberto.

O S.C.U. visa compreender a organização climática peculiar da cidade e, como tal, é centrado essencialmente na atmosfera, que, assim, é encarada como o operador. Toda a ação ecológica natural e as associações ao fenômeno da urbanização constituem o conjunto complexo sobre o qual o operador age. Por isso, tudo o que não é atmosférico e que se concretiza no espaço urbano, incluindo o homem e demais seres vivos, constitui elemento do sistema, estruturando-se em partes que, através de suas relações, definem atributos especiais. Assim, esse conjunto complexo e estruturado constitui o operando do sistema. Pela sua natureza, é um tipo especial de operando, que não é estático ou passivo (MONTEIRO 1976, p. 97).

A estrutura do SCU está ligada à percepção humana, pois é a partir do estabelecimento dos subsistemas – Subsistema Temodinâmico; Subsistema Físico-Químico; Sistema Hidrometeorológico – formadores do SCU, que Monteiro (1976), propõe um quadro (quadro 1) composto por três canais de percepção: o I Conforto Térmico, II Qualidade do ar e III Impacto Meteorológico (ARAÚJO, 2014; SANTOS, 2014). O autor afirma que “esses canais perceptivos se associam intimamente aos principais níveis de resolução do sistema, separando (tanto quanto possível, nessa decisão sempre arbitrária) os grandes conjuntos de fenômenos dentro do universo climático” (MONTEIRO, 1976, p. 125).

Quadro 1 – Sistema Clima Urbano (S.C.U.) – Articulação dos sistemas segundo os canais de percepção.

Subsistemas Canais	I Termodinâmico Conforto Térmico	II Físico-Químico Qualidade do ar	III Hidrometeorológico Impacto meteorológico
Caracterização	Atmosfera Radiação Circulação horizontal	Atividade urbana Veículos automotores Indústrias obras-limpas	Atmosfera estados espaciais (desvios rítmicos)
Fonte	Atmosfera Radiação Circulação horizontal	Atividade urbana Veículos automotores Indústrias obras-limpas	Atmosfera estados espaciais (desvios rítmicos)
Trânsito no Sistema	Intercâmbio de operador e operando	De operando ao operador	Do operador ao operando
Mecanismos de ação	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção	Interação Núcleo Ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódio (eventual)
Observação	Meteorológica especial (T. de campo)	Sanitária e meteorológica especial	Meteorológica hidrológica (T. de campo)

Correlações disciplinares tecnológicas	Bioclimatologia Arquitetura Urbanismo	Engenharia sanitária	Engenharia sanitária e infraestrutura urbana
Produtos	“Ilhas de Calor” Ventilação Aumento de precipitação	Poluição do ar	Ataque à integridade urbana
Efeitos diretos	Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas sanitários Doenças respiratórias, oftalmológicas etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle de uso do solo Tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infraestrutura urbana e regularização fluvial Uso do solo
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

Fonte: Santos, V. A. S. (2020, p. 61) adaptado de Monteiro (1976, p. 127).

Dentro do SCU, a poluição da atmosfera urbana é o menos estudado, mesmo sabendo que os processos de urbanização e industrialização refletem em resultados negativos que impactam diretamente toda a sociedade, seja por implicações físicas-biológicas, econômicas e/ou meteorológicas (CHIQUETTO, 2016).

A poluição como é um termo naturalmente abrangente, que inclui poeiras e minerais de solos, pedreiras, estradas, pólen de plantas e produtos de combustão. Para cidades da Inglaterra no fim do século XIX e início do XX, a maior parte dos poluentes é proveniente do carvão, Chandler (1962).

O homem impacta o clima, principalmente nas áreas urbanas, onde tem exercido impactos cruciais, pois o clima urbano, por suas características, difere das áreas rurais circundantes. Além disso, há mudança da composição química da atmosfera, bem como de suas propriedades térmicas e hidrológicas (LEE, 1984; MONTEIRO, 1990a; ANDRADE, 2005).

A poluição do ar é definida como substâncias que, quando presentes na atmosfera sob certas condições por longos períodos, podem ser prejudiciais para a vida humana, animal, vegetal ou microbiana, ou para as propriedades e bens materiais; ou que podem interferir com o uso e o gozo da vida ou da propriedade. Este conceito enfatiza os efeitos sobre os receptores e inclui modificações devido as fontes naturais e antropogênicas (OKE, 1987; DUCHIADE, 1992; SILVA et al., 2016).

Santos (2014, p. 65) indaga que a mensuração de concentração dos poluentes atmosféricos é na identificação “do grau em que os receptores estão expostos ao resultado final das emissões de poluentes, bem como suas interações e reações com a atmosfera”.

De acordo com Oke (1988, p. 106 – tradução nossa) um dos fatores que influenciam diretamente na concentração da poluição é “a geometria urbana, pois, afeta a capacidade de dispersar poluentes em uma cidade em pelo menos duas escalas (micro e mesoescala). O conjunto total de elementos de rugosidade afeta a produção de turbulência mecânica, a forma do perfil vertical do vento e a profundidade da camada de mistura urbana”.

Cerca de 90% de todas as partículas atmosféricas são derivadas de fontes naturais. As fontes antropogênicas são principalmente associadas à combustão (incineração de carvão e incineração de carvão doméstico e de usina), processamento industrial (obras de cimento e tijolos, fundições de ferro, usinas de processamento de metais), distúrbios de superfície devido a atividades de construção (casa e construção de estradas) (OKE, 1987), e também o manuseio da terra para monoculturas em alguns lugares, onde o agronegócio se estabelece como uma das principais fontes do setor econômico.

O termo material particulado inclui partículas sólidas e líquidas, abrangendo uma ampla quantidade de tamanhos que variam de mais de 100 μm a menos de 0,1 μm de diâmetro. Aqueles maiores que 10 μm consistem em poeira, grão, cinzas e fumos, e devido ao seu peso tendem a se depositar rapidamente após sua emissão. Eles são, portanto, de maior incômodo quando próximo da fonte – por exemplo, sujando roupa, casas, carros, vegetação, etc. –, as partículas menores que 10 μm permanecem suspensas por mais tempo no ambiente. O estado da atmosfera é um fator determinante para sua dispersão. Se tais partículas for menor que 01 μm de diâmetro, pode permanecer na camada limite atmosférica por vários dias, e se a ventilação for fraca leva à acumulação de uma névoa na malha urbana (OKE, 1987; CHIQUETTO, 2016).

Para Conama (2012, p. 487) “material particulado – MP: todo e qualquer material sólido ou líquido, em mistura gasosa, que se mantém neste estado na temperatura do meio filtrante [...]”. Sua unidade de medida usuais são microgramas (μg) de material particulado por metro cúbico de ar, ou seja, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (BAIRD & CANN, 2011).

De acordo com Lora (2000) os MP's são divididos dois grupos, ou seja, em “primários” e “secundários”. As partículas primárias são produzidas por processos químicos e físicos liberados diretamente das fontes de emissões para a atmosfera; os secundários, se formam no ambiente atmosférico pelas reações químicas com os gases lá preexistentes.

Para Cançado (2003, p. 63) “o tamanho das partículas é expresso em relação ao seu tamanho aerodinâmico, definido como o diâmetro de uma esfera densa que tem a mesma velocidade de sedimentação que a partícula em questão”. Tais MP’s classificam-se em: - finos, com um diâmetro $< 2,5 \mu\text{m}$; - grossos, com diâmetro $> 2,5 \mu\text{m}$ (LORA, 2000).

Conforme Baird & Cann (2011) e Cetesb (2011) as partículas inaláveis finas ($\text{MP}_{2,5}$) tem o tamanho aerodinâmico inferior a $2,5 \mu\text{m}$, e, partículas inaláveis grossas (MP_{10}) com tamanho aerodinâmico entre $2,5 \mu\text{m}$ e $10 \mu\text{m}$.

Nos últimos anos, as agências governamentais em muitos países, incluindo os Estados Unidos e Canadá, têm monitorado MP_{10} , i.e., a concentração total de todas as partículas com diâmetros menores que $10 \mu\text{m}$, que corresponde à faixa de todas as partículas finas mais uma pequena fração da faixa das grossas. Estas são chamadas partículas **inaláveis**, uma vez que podem ser aspiradas para os pulmões [...]. Deforma crescente, os reguladores estão usando o índice $\text{MP}_{2,5}$, i.e., aquele que inclui todas e apenas as partículas finas, que também são chamadas de partículas **respiráveis**. A faixa das respiráveis somente partículas que podem penetrar fundo nos pulmões, onde não existe um mecanismo natural como os cílios que se alinham nas paredes dos tubos bronquiais para capturar as partículas e movê-las para cima e para fora (BAIRD & CANN, 2011, p. 159-161).

E as partículas totais em suspensão (PTS): é a concentração de todos os particulados suspensos no ar, isto é, partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc.; com faixa de tamanho $\leq 50 \mu\text{m}$ (CETESB, 2017).

Há diversas maneiras da poluição do ar perturbar o clima urbano, pois os contaminantes atmosféricos desempenham importante papel no equilíbrio energético no meio urbano, os quais possuem a capacidade de dispersar, refletir e absorver a radiação solar. Como já foi dito, a insolação sobre as cidades, em relação às aquelas das áreas rurais circundantes, é de 15 a 20% menor, e também, a duração da insolação é reduzida, entre 5 e 15% menor nas áreas urbanas (LANDSBERG 1970; LEE, 1984).

A maior dispersão e reflexão da radiação espectral infravermelho (onda longa) e ultravioleta (onda curta) por poluentes de materiais particulados, são responsáveis por diminuições na visibilidade urbana e da percepção de cores. Tais efeitos são mais evidentes ao ver um objeto em direção ao sol, tendendo a obscurecer seus detalhes quando olhados de longe, e parecerem com cores mais claras quando estão mais distantes estiver o objeto do observador. E também, a cor do céu sem nuvens irá depender da poluição constituinte na atmosfera. As partículas que poluem o ar urbano, conforme a concentração de materiais particulados, tendem

a deixar o céu com cor de azul pálido ao branco, isso por que o espectro de luz visível é afetado (LEE, 1984; OKE, 1987; LANDSBERG, 2006).

Os estudos de poluição atmosférica têm como uma de suas principais razões os impactos na saúde, no meio ambiente e na sociedade de modo geral. Pois ao incorporar informações relacionadas a essa temática, agrupa de forma substancial e enriquecedora no que se refere à dimensão aplicada do estudo de poluição (CHIQUELTO, 2016).

É importante dizer que, mesmo que as emissões e concentrações de poluentes em determinadas áreas permaneçam constantes, a qualidade do ar pode exibir uma ampla gama de condições adversas. Haverá constante variabilidade nos tipos de tempo e, portanto, deficiência da capacidade da atmosfera para transportar, diluir, transformar e remover poluentes. Em geral, a atmosfera tem grande capacidade de dispersão, mas em certos momentos e locais, esta dinâmica pode ser substancialmente reduzida. Nessas condições, a poluição do ar pode causar sérios problemas (OKE, 1987).

A resolução do CONAMA 03/90, indica que partículas inaláveis (0 a 10µm de diâmetro), padrão primário e secundário para uma concentração média aritmética anual de 50 µg/m³ para máxima permitida, e concentração média de 24 horas de 150 µg/m³ que não deve ser excedida mais que uma vez ao ano.

Ainda é estabelecido pelo CONAMA 03/90 os critérios para os episódios críticos de qualidade do ar para os MP's, como segue na tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Critérios para episódios agudos de poluição do ar (Resolução CONAMA nº 3 de 28/06/90).

Parâmetros	Atenção	Alerta	Emergência
Partículas totais em suspensão (µg/m ³) - 24 h	375	625	875
Partículas inaláveis (µg/m ³) - 24 h	250	420	500
Fumaça (µg/m ³) - 24 h	250	420	500

Fonte: Santos, V. A. S. (2020, p. 90) de Cetesb (2017, p. 26)

Conforme a Cetesb (2017), “para efeito de divulgação, utiliza-se o índice mais elevado, dentre os índices calculados para cada poluente, isto é, embora a qualidade do ar de uma estação seja avaliada para todos os poluentes monitorados, a sua classificação é determinada pelo maior índice (pior caso)”, como segue tabela 2 de índice geral, classificada por cores para melhor interpretação do PQAr.

Tabela 2 – Classificação do Índice Geral do PQA_r do indicador MP

Qualidade	MP ₁₀ (µg/m ³) 24h	MP _{2,5} (µg/m ³) 24h	PTS* (µg/m ³) 24h	Significado
BOA	0 – 50	0 – 25	0 – 80	
MODERADA	>50 – 100	>25 – 50	>80 – 240	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
RUIM	>100 – <150	>50 – 75	>240 - 375	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
MUITO RUIM	>150 – <250	>75 – 125	>375 - 625	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda apresentar falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com problemas cardiovasculares).
PÉSSIMA	>250	>125	>625	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Fonte: Santos, V. A. S. (2020, p. 91) – Adaptado: Santos, V. A. (2018) da Cetesb (2011* – utilizado deste ano, pois em 2017 não possui a classe do PTS na tabela –; 2017).

A área de estudo

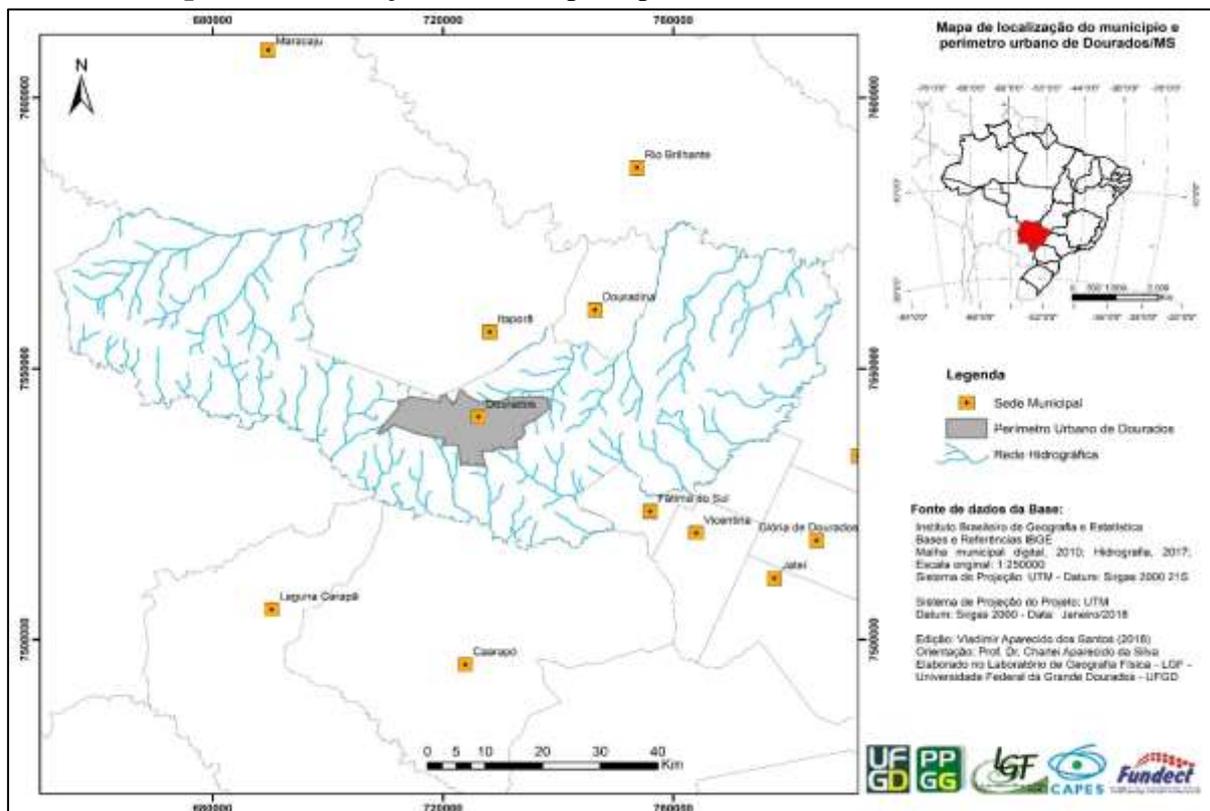
Esta pesquisa será executada na cidade de Dourados no estado de Mato Grosso do Sul, conforme mapa 1.

A cidade de Dourados é a segunda maior cidade do estado de Mato Grosso do Sul, segundo o IBGE é classificada como de médio porte, e de acordo com censo de 2010 sua população é de 196.035 habitantes, mas com projeção estimada para 2017 de 218.069 habitantes. Sua área territorial é de 4.086,237 km² e densidade demográfica é de 47,97 hab/km².

Para Monteiro (1990b, p. 89) uma cidade brasileira torna-se de médio porte “cuja periferia está composta de favelas e a paisagem em torno degradada por uma prática agrícola decadente, de solos esgotados e desnudos expostos à erosão acelerada”.

Dourados vem sendo foco de variados estudos inerentes às dinâmicas urbanas e ambientais, uma vez que nas últimas décadas os meios técnicos industriais instalaram-se na cidade em proporções numéricas crescentes, e em decorrência disso, a malha urbana passou e ainda passa por recorrentes modificações e reestruturações arquitetônicas, e de infraestrutura, Santos (2014).

Mapa 1 – Localização do município e perímetro urbano de Dourados/MS



Fonte: Santos, V. A. S. (2020, p. 121)

No que se refere as poluições por materiais particulados, as queimas de biomassa no entorno rural do município, no interior da área urbana e nos limites do urbano/rural, são características frequentes na cidade de Dourados, sejam elas induzidas e/ou acidentais. O INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) na divisão do CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos), registrou no ano de 2015 o total de 197 focos de queimadas no município, ficando em 19º colocação no ranking dos incêndios no MS, porém, em 2017 esse número subiu expressivamente para 1.573 focos, alcançando o 4º lugar no ranking estadual.

No geral as recorrências de incêndios são responsáveis pelas concentrações de fumaças, materiais particulados e gases nocivos que se concentram na atmosfera urbana da cidade, acarretando a má qualidade do ar. Um dos exemplos mais notórios da depredação da saúde humana pelas emissões de poluentes advindos da queima de biomassa são as infecções do trato respiratório, das quais se agravam nos períodos de estabilidade atmosférica, ou seja, na estação de inverno.

Outo fator muito comum para as concentrações de materiais particulados – por processos naturais e ao mesmo tempo induzidos pelo agronegócio – em Dourados são as tempestades que ocorrem na transição da estação de inverno para a primavera, pois provocam a suspensão de material particulado total e inalável em grande volume para a atmosfera e, por vezes, cobrem toda a cidade mudando sua paisagem, a qualidade do ar; e por sua vez, afetando a saúde da população.

Pelo fato do agronegócio se constituir como maior parte da base econômica do município – com vastas áreas destinadas para monoculturas variadas –, é alvo de recorrentes tempestades de poeira (Figura 1) em períodos em que as terras estão sendo preparadas para o replantio (vazio sanitário), deixando o céu com uma coloração avermelhada devido à re/suspensão de partículas sólidas, advindas do solo pelas turbulências atmosféricas.

Figura 1 – Tempestades de poeira – 2012 e 2016



Fonte: Santos, V. A. S. (2020, p. 123)

Diante dos motivos mencionados acima, estudos inerentes a qualidade do ar (por processos de concentração de materiais particulados) de Dourados já foram abordados por

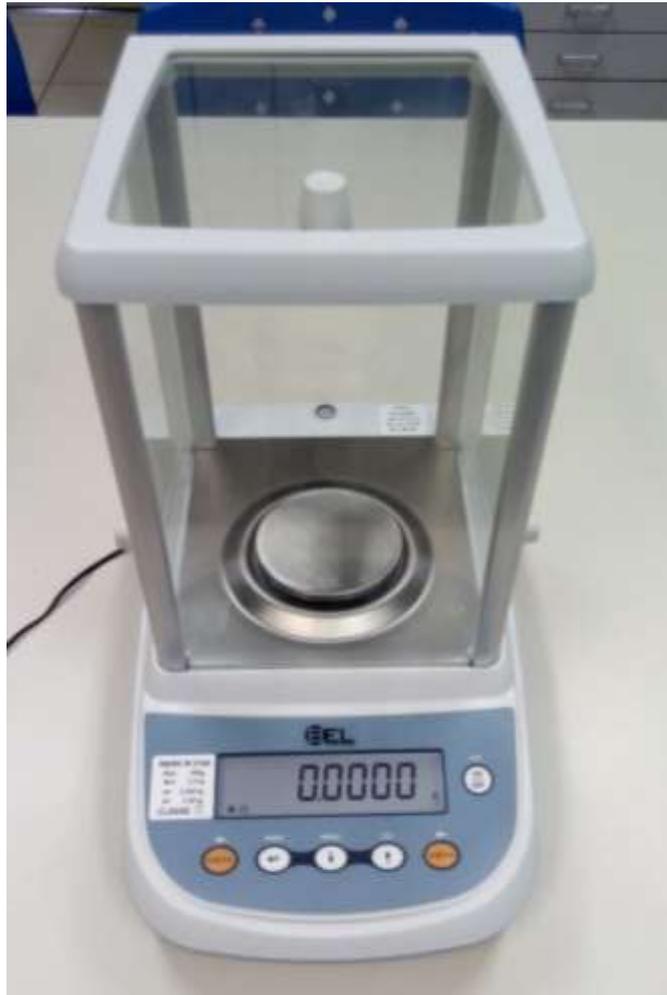
Santos (2011; 2014; 2016), Santos e Silva (2012; 2013; 2014a; 2014b; 2016a; 2016b; 2017) e Silva (2014; 2016), onde estabelecem um efetivo roteiro teórico-metodológico-prático, principalmente por discutirem e apresentarem de forma detalhada os procedimentos técnicos empíricos para coleta dos dados primários em pesquisas com essa temática.

Metodologia

Para confecção dos equipamentos de captação de MPTS – um indicador de qualidade do ar –, optou-se por adaptar a proposta de Troppmair (1988), que propõe uma metodologia simples e acessível para mensurar a quantidade de material particulado total existente na atmosfera. A técnica propõe utilizar coadores de papel descartáveis e uma balança analítica de precisão, para determinar a quantidade de partículas sólidas presentes no ar de forma pontual de uma dada área, em especial das áreas urbanas. Vale ressaltar que essa técnica foi aprimorada por Santos (2011) e está presente em Santos e Silva (2012), e, para essa pesquisa passou por mais adequações e aprimoramentos.

No momento da instalação, é feita leitura panorâmica do terreno, para que o equipamento possa contemplar perfeita localização e subsequentemente venha a reter a poluição que se deseja analisar.

Para a construção de um equipamento foi necessário: 1 – um cabo de “vassourão” de madeira de 1,80 metros; 2 – uma garrafa *pet* plástica descartável de no mínimo dois litros; 3 – um coador de café de PVC; 4 – filtros de papel descartáveis, tamanho 102; 5 – duas abraçadeiras de *nylon* de 4,8 X 500 mm; 6 – duas abraçadeiras de *nylon* de 2,5 X 150 mm; 7 – rolo de fita adesivas transparentes do tipo *Durex*; 8 – tubos de cola de silicone; 9 – rolo de arame galvanizado 18AWG; 10 – alicate de corte; 11 – uma abraçadeira zincada D 3/8”; 12 – quatro arruelas zincadas lisas 1/4”; 13 – dois parafusos sextavados zincados 1/4” X 1.1/4”; 14 – duas porcas sextavadas zincadas 1/4”. Segue figura 2.

Figura 3 – Balança analítica de precisão

Fonte: Santos, V. A. S. (2020, p. 147)

Concomitante ao procedimento descrito acima de trocas de filtros, foi medida com um pluviômetro a quantidade de chuva retida na garrafa nesse intervalo de tempo, caso tenha chovido. Assim é possível compreender a dinâmica da precipitação de cada bairro, ou seja, do ponto/local observado, além disso, no término de 60 dias, o último filtro instalado foi utilizado para filtrar a água retida na referida garrafa.

No que se refere aos cálculos de concentração dos MPTS, foi utilizada a equação já mencionada anteriormente para os dados de MPI:

$$c = \frac{m}{V}$$

Somente essa equação, pois, a massa já foi obtida na deposição dos MPTS nos dez dias de capitação. Para o volume de ar, optou-se por utilizar o valor de sete litros de ar por minuto (7 L/min) que é relativo ao que uma pessoa inspira em média, conforme Barret et al. (2010). E ao final também é aplicada a Resolução do Conama 03/90, e, as classificações da Cetesb (2011) quanto ao índice geral de PQAr (tabela 2).

O método de espectroscopia de infravermelho, foi utilizado para compreender de forma qualitativa os picos de absorção dos tipos de materiais, sejam orgânicos e/ou inorgânicos presentes nos filtros de papel das amostragens do MPTS.

Nesse método, a eficácia está no entendimento de que todos os compostos com ligações covalentes, sejam eles orgânicos ou inorgânicos, possuem a capacidade de absorção da frequência de radiação eletromagnética na região do infravermelho do espectro eletromagnético. Dessa forma, na região do espectro infravermelho a transição de energia é do tipo vibracional, ou seja, quando as moléculas absorvem radiação no infravermelho, são excitadas para atingir um estado maior de energia (PAIVA et al., 2015).

Essas técnicas vibracionais, que utilizam a radiação infravermelha para excitar as moléculas, são comuns em muitos laboratórios e têm certas vantagens sobre alguns métodos tradicionais de análise, como, por exemplo: a pequena quantidade de amostra requerida, a rapidez, a facilidade de preparo de amostra e o curto tempo de análise. O número de amostras analisadas pode ser triplicado, com redução de custo, pois elimina o uso de reagentes dispersantes. Ela também permite o estudo simultâneo de espécies orgânicas e inorgânicas, sendo bem atrativa para o monitoramento ambiental, modelagem e agricultura de precisão (FERRARESI, et al., p. 1770, 2012).

“Um espectrômetro de infravermelho determina as posições e intensidades relativas de todas as absorções, ou picos, na região do infravermelho e os registra graficamente [...]. Esse gráfico de intensidade de absorção *versus* número de onda (ou, comprimento de onda) é chamado de espectro infravermelho do composto”, Paiva et al. (2015, p. 26).

Foram analisadas quatro amostras, isto é, dois locais distintos nas duas estações. O equipamento utilizado foi o Espectrômetro FT/IR-4100 Série (Transformada de Fourier – FT) – figura 4) – do Laboratório de Materiais em Eletroquímica (LME) da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologias (FACET) da UFGD.

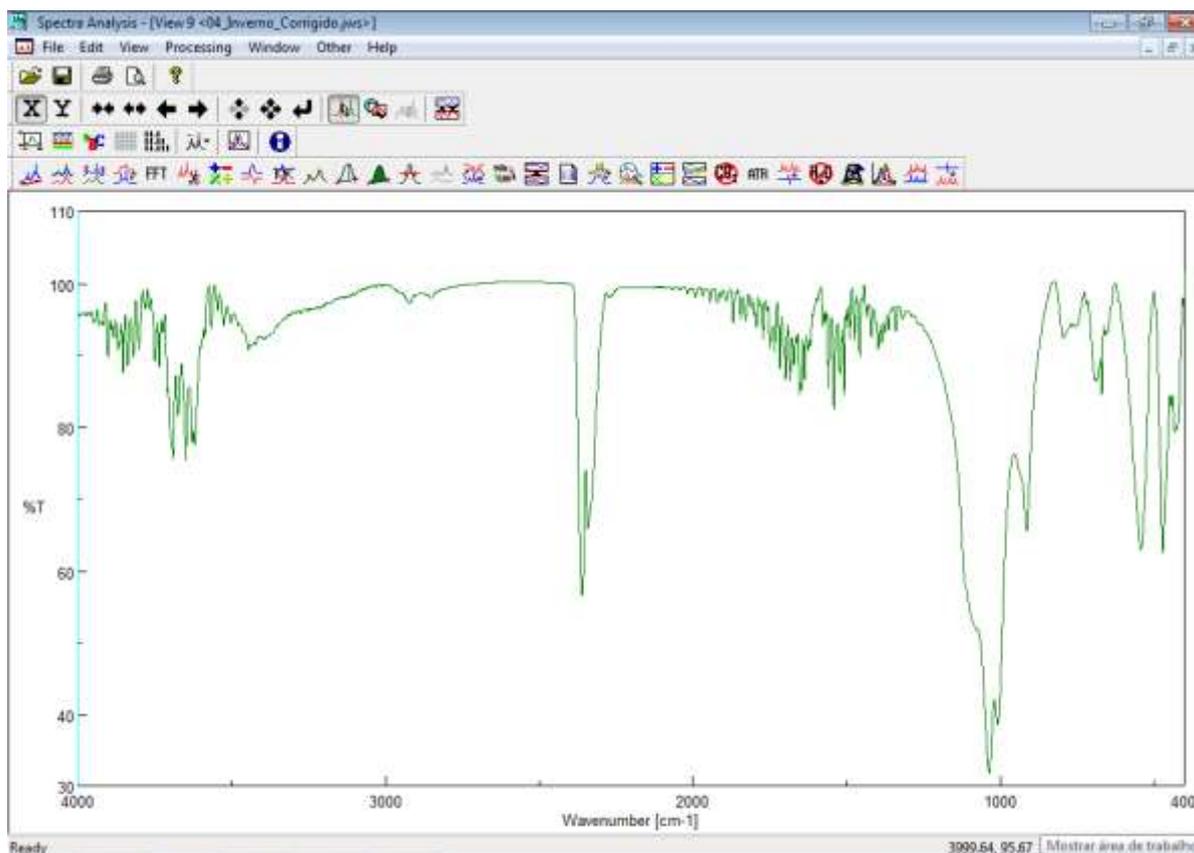
Para geração dos espectros infravermelhos a partir das amostras (ou celas) sólidas retidas nos filtros de MPTS, foram moídas com brometo de potássio (KBr – substância iônica, e mais útil em uma faixa de 4000 a 400 cm^{-1}), comprimida em alta pressão, fazendo com que o KBr se fundisse com a amostra, disso, o resultado é uma “pastilha de KBr” que foi inserida no

espectrômetro para leitura dos picos dos compostos. O *software* utilizado para gerar os gráficos foi o *Spectra Analysis*, figura 5, e contou-se com a ajuda de uma profissional em química orgânica para interpretar os espectros.

Figura 4 – Espectrômetro de infravermelho



Fonte: Santos, V. A. S. (2020, p. 154)

Figura 5 – *Software Spectra Analysis*

Fonte: Santos, V. A. S. (2020, p. 153)

A seguir serão apresentados os dados coletados nas estações citadas com discussão e análise dos mesmos.

Resultados e Discussão

Aqui serão discutidos os resultados alcançados de MPTS (material particulado total em suspensão) nas medições das estações de inverno e primavera de 2017 – cada estação com seis episódios agrupados em 10 dias – em 15 pontos fixos no interior urbano de Dourados, formando uma rede simultânea na obtenção de dados.

O quadro 2 é formado pelas concentrações de MPTS em seis episódios de cada estação. As cores em destaque, isto é, verde, amarelo, laranja, vermelho e roxo conferem à classificação de concentração do poluente indicado pela Cetesb (2011) pautada na legislação do Conama (2012).

É importante dizer que no episódio 6, após a retirada do equipamento – nas duas estações – a água que estava retida no recipiente foi coada com último filtro instalado, e dessa

forma, o valor de concentração do MPTS nesse episódio, obviamente ficaria elevado, como se pode observar no quadro 2. Assim, o episódio 6 não entra para o cálculo de média total na construção dos mapas 2 e 3, pois isso descaracterizaria a dinâmica da qualidade do ar do período estacional.

Quadro 2 – Concentração de MPTS dos pontos fixos – Inverno 2017

Concentração de MPTS dos pontos fixos – Inverno/2017															LEGENDA: QUALIDADE DO AR	
Jardim Europa	Jardim Água Boa	Jardim Santa Maria	Jardim Guatubara	Canal I	Novo Horizonte	Jardim Raaiem	Monte Carlo	Pq. Nações II	Centro I - Praça dos Cinquentários	Centro II - IMAN	Campina Verde	Terra Rosa	Jardim dos Estados	Centro II - Praça Antônio João		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Episódio 01	85,58	144,84	89,20	230,10	988,43	91,27	35,71	90,53	102,70	989,33	25,78	188,87	134,92	78,39	89,20	MODERADA
Episódio 02	74,40	96,23	1048,93	218,25	91,27	88,31	152,78	123,02	870,83	832,34	27,78	188,51	4,38	1341,27	223,21	RUIM
Episódio 03	3,97	2,98	204,37	87,30	3,97	113,10	1058,45	91,89	99,21	114,09	90,78	285,71	111,11	880,38	838,29	MUITO RUIM
Episódio 04	18,84	11,90	180,98	88,93	98,93	101,19	200,40	94,88	48,91	2527,79	30,83	138,91	38,71	148,83	3,97	PÉSSIMA
Episódio 05	99,52	82,58	83,33	84,33	87,78	87,22	902,78	82,70	77,38	53,87	88,48	28,78	135,91	136,90	160,71	
Episódio 06	326,58	788,01	1826,83	2314,48	833,93	973,43	1144,84	838,29	439,38	3129,99	983,93	1838,88	783,73	1048,81	828,88	
Concentração de MPTS dos pontos fixos – Primavera/2017																
Episódio 01	245,84	308,82	408,73	873,42	488,48	343,25	845,24	488,78	284,72	738,12	338,21	338,29	887,88	188,88		
Episódio 02	100,20	882,98	312,44	871,83	344,08	179,88	307,84	308,83	191,47	848,80	221,23	303,87	98,87	817,48	174,80	
Episódio 03	342,08	888,48	399,80	788,84	335,12	287,70	841,47	222,22	283,87	788,90	407,88	298,81	Si registra*	308,83	237,10	
Episódio 04	888,88	931,28	811,88	883,88	243,08	248,03	798,88	285,71	387,14	788,88	347,22	284,88	Si registra*	488,48	257,84	
Episódio 05	212,30	884,88	238,10	408,81	328,44	78,82	1089,88	1088,83	184,78	1788,88	29,78	174,80	Si registra*	248,83	308,82	
Episódio 06	738,11	2418,88	2093,48	3882,10	808,78	1288,84	8238,10	2018,84	1818,87	3408,78	2187,74	1288,87	1882,88	1718,28	1284,88	

Fonte: Santos, V. A. S. (2020, p. 250)

*Amostras não disponíveis pelo fato de o morador da residência estar viajando, sendo impedida a entrada para trocas dos filtros.

O resultado dessa metodologia do poluente MPTS, conforme sua concentração, e forma de obtenção do particulado total em campo, percebe-se que na primavera, os elementos orgânicos estão presentes na atmosfera em maior quantidade do que no inverno, como por exemplo pólenes, microrganismos, insetos etc. Tal informação pôde ser comprovada por meio da espectroscopia de infravermelho, que é um método qualitativo utilizado para identificar os indícios de percentuais dos resíduos orgânicos e inorgânicos retidos nos filtros.

A concentração de MPTS na estação de inverno se comporta de forma heterogênea nos episódios entre os 15 pontos/locais pesquisados. As classificações da qualidade do ar nos episódios (EP) são:

EP 01: 33% (5 locais) “boa”; 53% (8 locais) “moderada”; e 13% (2 locais) “muito ruim”;

EP 02: 20% (3 locais) “boa”; 53% (8 locais) “moderada”; e 27% (4 locais) “péssima”;

EP 03: 33% (5 locais) “boa”; 40% (6 locais) “moderada”; 7% (um local) “ruim”; 7% (um local) “muito ruim”; e 13% (2 locais) “péssima”;

EP 04: 60% (9 locais) “boa”; 3% (5 locais) “moderada”; e 7% (um local) “péssima”;

EP 05: 53% (8 locais) “boa”; 40% (6 locais) “moderada”; e 7% (um local) “péssima”.

Já a concentração de MPTS na estação de primavera comporta-se de forma mais homogênea nos episódios entre os 15 pontos/locais pesquisados. As classificações da qualidade do ar nos episódios (EP) são:

EP 01: 53% (8 locais) “ruim”; 33% (5 locais) “muito ruim”; e 13% (2 locais) “péssima”;

EP 02: 7% (um local) “boa”; 33% (5 locais) “moderada”; 33% (5 locais) “ruim”; 7% (um local) “muito ruim”; e 20% (3 locais) “péssima”;

EP 03: 20% (3 locais) “moderada”; 40% (6 locais) “ruim”; 13% (2 locais) “muito ruim”; 20% (3 locais) “péssima”;

EP 04: 47% (7 locais) “ruim”; 33% (5 locais) “muito ruim”; 13% (2 locais) “péssima”;

EP 05: 13% (2 locais) “boa”; 27% (4 locais) “moderada”; 20% (3 locais) “ruim”; 13% (2 locais) “muito ruim”, e 20% (3 locais) “péssima”.

Logo após, seguem os mapas 2 e 3, com representação espacializada de interpolação das concentrações médias de MPTS de 5 episódios para cada estação. Esta interpolação foi possível com a utilização do *software ArcGis 10.2.2*, com o método de análise espacial IDW (Ponderação pelo Inverso da Distância), este atribui pesos ponderados aos pontos amostrais existentes da tabela de atributos do *software*, de modo que a influência de um ponto sobre outro diminui ou aumenta conforme a distância do novo ponto estimado.

Nos mapas citados acima vislumbra-se claramente os “arquipélagos de MPS” (material particulado em suspensão), de forma mais específica os arquipélagos de MPTS.

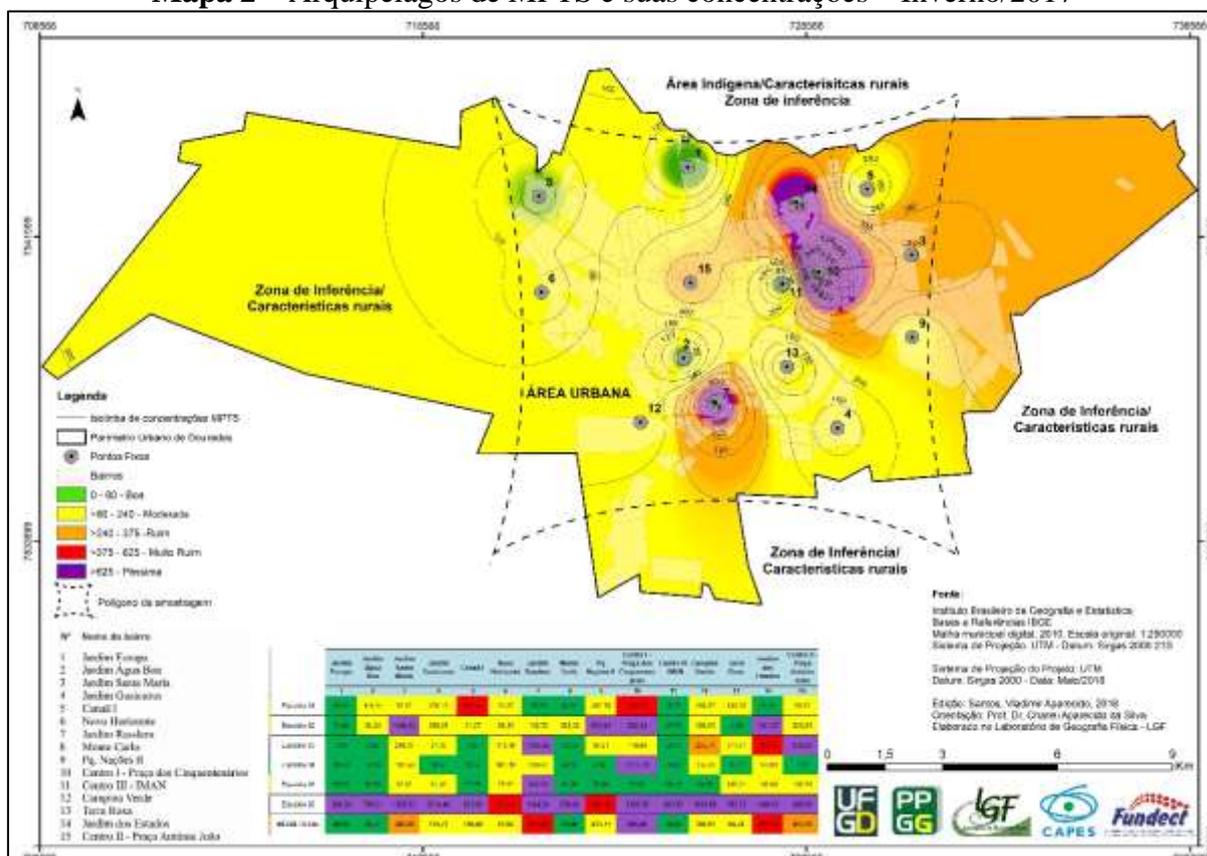
De acordo com as médias das concentrações em cinco episódios de MPTS na estação de inverno descritas no mapa 2, é possível perceber que a qualidade do ar “boa” se estabelece em quatro locais: ponto 01 (Jardim Europa), 02 (Jardim Água Boa), 08 (Monte Carlo), e ponto 11 (Centro III-IMAN). Tal condição se confere pela paisagem urbana onde as estações de medição foram localizadas, ou seja, conforme o uso e ocupação do solo, bem como as características do solo, entorno e fluxo de trânsito.

Quanto à qualidade do ar “moderada”, estabeleceu-se nos pontos 04 (Jardim Guaicurus), 05 (Canaã I), 06 (Novo Horizonte), 09 (Parque das Nações II), 12 (Campina Verde), e ponto 13 (Terra Roxa).

Já a qualidade do ar “ruim” ocorreu nos pontos 03 (Jardim Santa Maria) e 15 (Centro II - Praça Antônio João). E para “muito ruim” nos pontos 07 (Jardim Rasslem) e 14 Jardim dos Estados

Para qualidade do ar “péssima”, ocorreu apenas no ponto 10 (Centro I - Praça dos Cinquentenários). Este local, onde o equipamento foi instalado é uma empresa que comercializa mudas de plantas para paisagismo, portanto a quantidade matéria orgânica retida no filtro é alta.

Mapa 2 – Arquipélagos de MPTS e suas concentrações – Inverno/2017

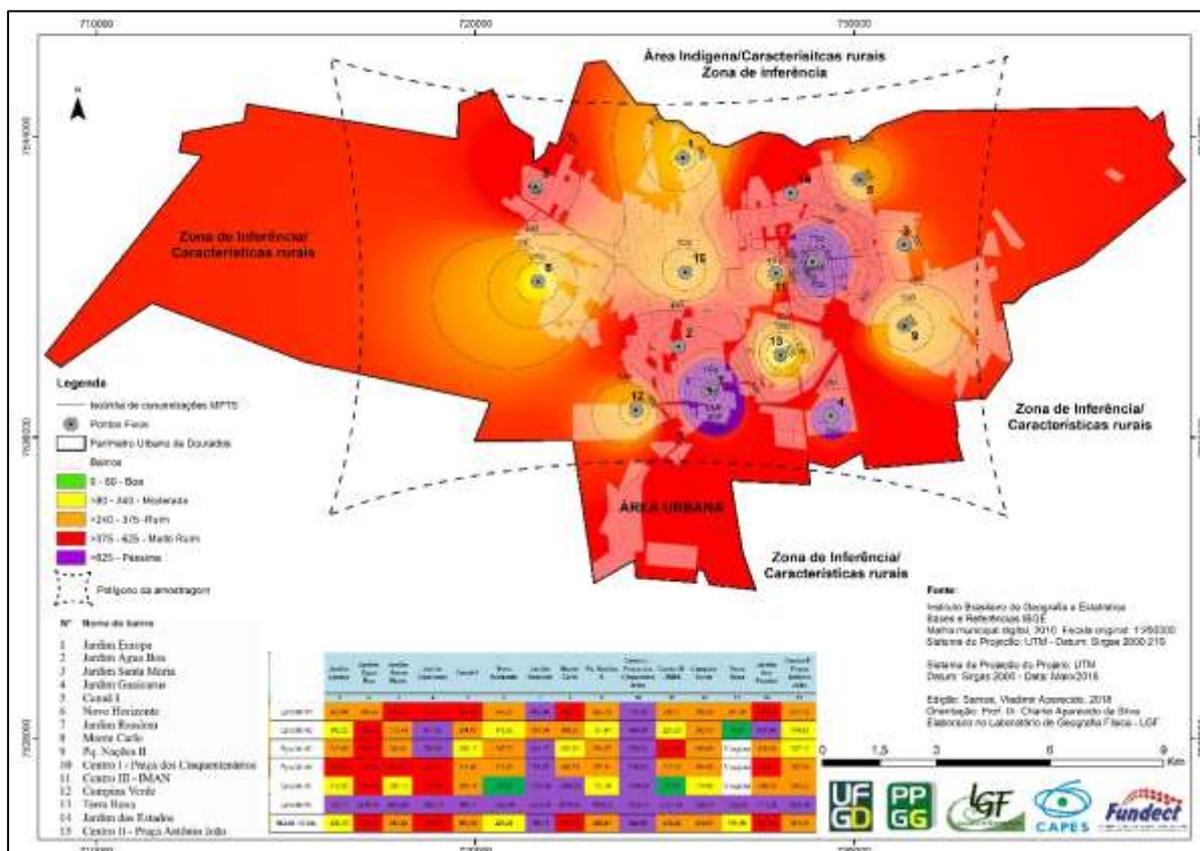


Fonte: Santos, V. A. S. (2020, p. 252)

Já no mapa 3 a condição de qualidade do ar “péssima” se restabelece nos pontos 07 (Jardim Rasslem), o qual está posicionado em frente de um parque municipal com grande quantidade de vegetação, lagoa e nascente de córrego; e no ponto 10 (Centro I - Parque dos Cinquentenários), onde foi dito anteriormente possuir entorno com muitas plantas das mais variadas espécies. Sendo assim é possível justificar nessa estação que, a maioria dos pontos se

classificam entre ruim e péssima pelo fato do aumento dos microrganismos na atmosfera, e consequentemente nos filtros de coleta.

Mapa 3 – Arquipélagos de MPTS e suas concentrações – Primavera/2017



Fonte: Santos, V. A. S. (2020, p. 253)

Espectroscopia de infravermelho: Resultados e Conclusões

Nas páginas a seguir serão apresentados gráficos dos espectros de infravermelho a partir da amostragem do conteúdo de quatro filtros de papel das coletas dos MPTS, ou seja, dois de inverno e dois da primavera, dos pontos/locais fixos 01 (Jardim Europa) e 04 (Jardim Guaicurus).

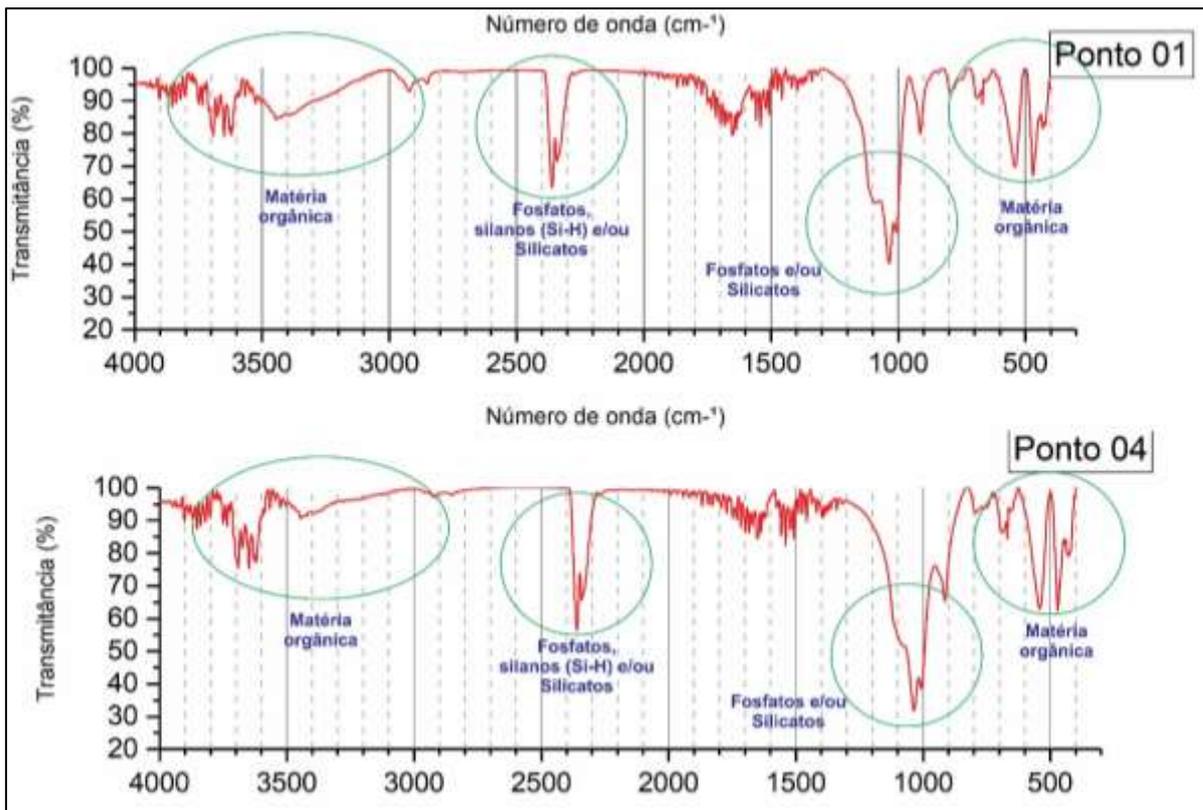
Para compreensão dos dados qualitativos dos resíduos sólidos depositados nos filtros, estão descritos nos gráficos os “indícios” de matéria orgânica e/ou inorgânica (materiais silicosos) com os picos fortes e/ou fracos dos mesmos.

Podemos destacar que na primavera há o aumento de microrganismos, pólen, insetos, entre outros tipos de matéria orgânica. E é justamente por esse motivo, que se atribui o aumento

da concentração de MPTS (retidos nos filtros) nessa estação, o qual é muito superior ao do inverno, conforme gráficos 1 e 2.

O gráfico 1 é relativo à espectroscopia de infravermelho da estação de inverno, se pode vislumbrar que na transmitância os picos mais “fortes” de onda sugerem fosfatos, silanos e/ou silicatos, ou seja, matéria inorgânica, composição básica do solo.

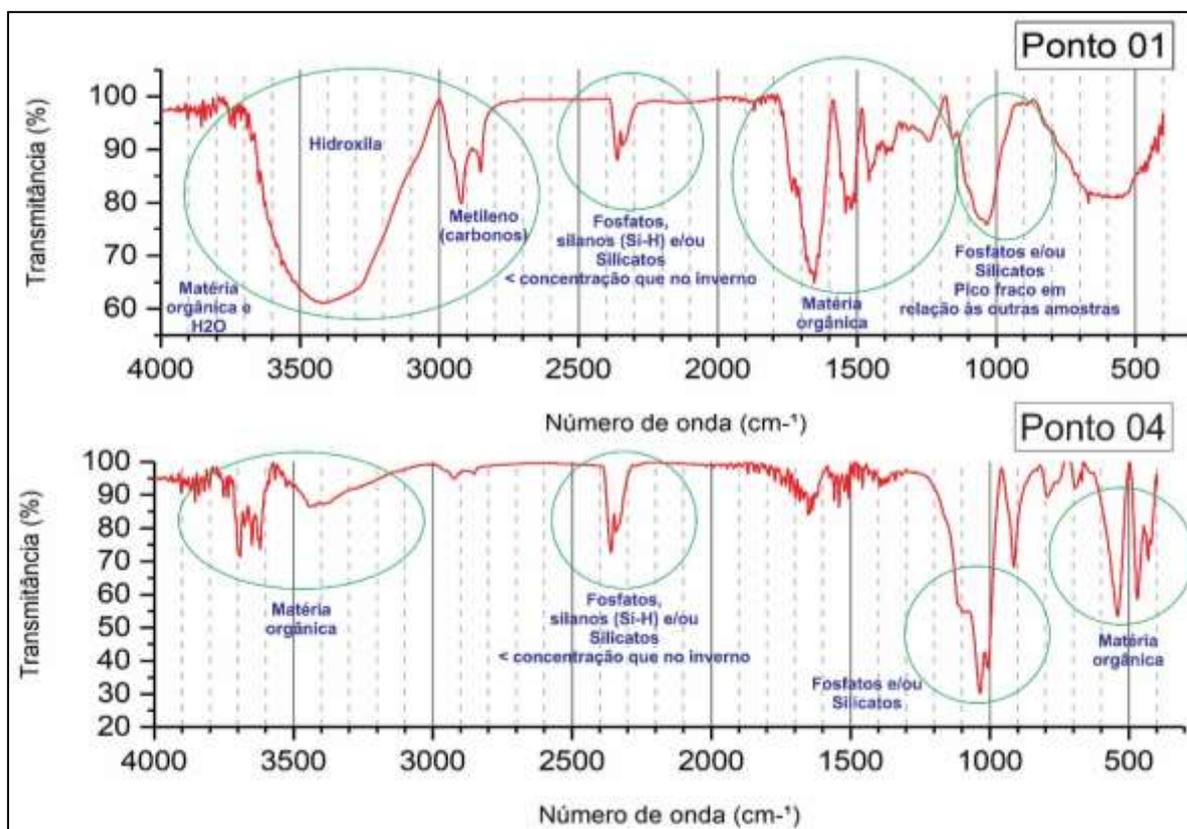
Gráfico 1 – Espectroscopia de infravermelho – Inverno 2017



Fonte: Santos, V. A. S. (2020, p. 255)

Já no gráfico 2 a estação de inverno demonstra picos sutis de fosfatos e/ou silicatos, mas tem preponderância no comprimento de onda mais “larga” e “forte” em hidroxila, metileno (carbonos) e matéria orgânica. Isto principalmente no ponto 01, onde a matéria orgânica tem expressividade na faixa de onda 1500 cm^{-1} .

Então, em síntese, conforme o método de espectroscopia de infravermelho, há presença marcante de materiais orgânicos na composição dos resíduos sólidos retidos nos filtros da pesquisa de MPTS. Justificando assim, o porquê da concentração de MPTS na primavera ser maior que na de inverno, conforme apresentam os mapas 2 e 3.

Gráfico 2 – Espectroscopia de infravermelho – Primavera 2017

Fonte: Santos, V. A. S. (2020, p. 256)

Considerações Finais

Os avanços dos estudos de clima urbano tem propiciado com mais ênfase a identificação de que as cidades e o ambiente urbano, são resultados das ações/interferências sociais que ocorre essencialmente no seu interior. As cidades, por sua vez, principalmente nos países pobres e/ou em desenvolvimento, são cada vez mais complexas as manifestações de problemas ambientais, uma contradição na prática de sua preservação. Neste cenário, a depender do poder econômico, a saúde e o bem-estar dos indivíduos que nelas vivem muitas vezes são fragilizados.

O SCU importa energia através do seu ambiente, é sede de uma sucessão de eventos que articulam diferenças de estados, mudanças e transformações internas, a ponto de gerar produtos que se incorporam ao núcleo e/ou são exportados para o ambiente, configurando-se como um todo de organização complexa que se pode enquadrar na categoria dos sistemas abertos (Ibid., 1976, p. 96). Os fatos/transformações ocorridos no interior dos ambientes urbanos são convertidos ao clima da cidade, implicando determinantemente em consideráveis transformações, como os arquipélagos de poluição do ar. Estes exemplos são, indubitavelmente as demonstrações mais eloquentes, como bem aponta o autor citado.

Os estudos pertinentes às poluições enquadram-se no Subsistema Físico-Químico com o Canal II - Qualidade do ar. Os impactos na saúde, e o agravamento ou desenvolvimento de algumas doenças são causadas pelo grau da má qualidade do ar, e, esta é reflexo das atividades intra-urbanas, as quais acabam por refletir a dinâmica socioambiental da paisagem urbana.

Para Monteiro (1976) a Qualidade do Ar enquanto canal de percepção, aponta a poluição como um dos males do século passado – e obviamente pode ser adaptado para o século presente –, e talvez é aquele, por seus efeitos mais dramáticos, e que conseqüentemente atraia mais a atenção da sociedade.

Diante do trabalho de pesquisa anteriormente abordado, foi possível elucidar discussões a partir dos resultados adquiridos em campo para compreender e apontar da qualidade do ar - poluição atmosférica por material particulado total em suspensão –, e, conseqüentemente a formação dos arquipélagos de concentração de MPTS de Dourados, como também correlacioná-los às dinâmicas climáticas partindo da escala regional para a local no ano de 2017, nas estações inverno e primavera.

Então, conforme o método de espectroscopia de infravermelho, é importante ressaltar a presença marcante de materiais orgânicos na composição dos resíduos sólidos na atmosfera das cidades, os quais foram retidos nos filtros da pesquisa de MPTS. Justificando assim, o porquê da concentração de MPTS na primavera ser maior que na de inverno.

Como o produto de estabelecimento do Clima Urbano, em especial do subsistema físico-químico e da paisagem urbana da cidade de Dourados no Mato Grosso do Sul/MS, é que se executou a espacialização dos arquipélagos de MPST e suas concentrações de poluição atmosférica. Lembrando que os usos e ocupações do solo de sua área urbana influencia diretamente na formação desses arquipélagos, além disso, a cidade tem uma paisagem urbana ímpar, quando comparada com outras cidades do Mato Grosso do Sul.

Sabe-se que as vastas áreas destinadas às variadas monoculturas no perímetro urbano e seu entorno, são alvo de recorrentes tempestades nos períodos de vazão sanitário, que por sua vez deixa o céu com uma coloração avermelhada devido à re/suspensão de partículas sólidas do solo revolvido pelas turbulências dos sistemas atmosféricos extratropicais.

Para o futuro, nos estudos de Clima Urbano essencialmente de cidades na configuração como Dourados, na qual há uma proximidade muito grande do periurbano às atividades rurais, deve haver pontos de controle em todo o periurbano no conjunto da rede de observação, para que se possa comparar as diferenças reais entre área rural e a área urbana. Essa pesquisa demonstrou isso com clareza, mesmo não sendo feito dessa forma, pois, naquele momento era

somente sobre a área urbana, mas é evidente que isso é um próximo passo para a pesquisa de clima Urbano nas cidades.

Referências

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Aspectos conceituais e práticos da pesquisa em clima urbano. In: SILVA, Charlei Aparecido; FIALHO, Edson Soares (Org.). **Concepções e ensaios da climatologia geográfica**. E-book. Dourados: Ed. UFGD, p. 61-82, 2012.

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade; MONTEIRO, Ana. As temperaturas intraurbanas: exemplos do Brasil e de Portugal. *Revue franco-brésilienne de géographie, Confins (Paris)*, número 13, p. 01-14, 2011.

ANDRADE, Henrique. O clima urbano – natureza, escalas de análise e aplicabilidade. *Finisterra*, XL, 80, pp. 67-91, 2005.

ARAÚJO, Ronaldo Rodrigues. **Clima e vulnerabilidade socioespacial: uma avaliação dos fatores de risco na saúde da população urbana do município de São Luís (MA)**. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP – Campus de Presidente Prudente/SP - Tese (Doutorado), 2014.

BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química ambiental**. 4ª ed. – Porto Alegre: Bookman, 2011. BARRET, Kim et al. **Ganong's Review of Medical Physiology**. 23rd edition. McGraw-Hill Medical, USA, 2010.

BOUNOUA, Lahouari et al. Impact of urbanization on US surface climate. *Environmental Research Letters*. DOI: 10.1088/1748-9326/10/8/084010, p. 01-09, july, 2015.

CANÇADO, José Eduardo Delfini. **A poluição atmosférica e sua relação com a saúde humana na região canavieira de Piracicaba – SP**. São Paulo. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 2003.

CHANDLER, Tony John. London's Urban Climate. *The Geographical Journal*, vol. 128, n°. 3, pp. 279-298, september, 1962.

CHIQUETTO, Julio Barboza. **Distribuição espacial da concentração de ozônio troposférico associada ao uso do solo na região metropolitana de São Paulo**. Universidade de São Paulo – USP, Departamento de Geografia. Tese (Doutorado), 2016.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. 2010. **Relatório de qualidade ambiental do Estado de São Paulo**, 2010. São Paulo: CETESB, 2011.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. 2016. **Relatório de qualidade ambiental do Estado de São Paulo**, 2016. São Paulo: CETESB, 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resoluções do Conama: resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. **Ministério do Meio Ambiente**. Brasília: MMA, 2012.

DUCHIADE, Milena Piraccini. Poluição do ar e doenças respiratórias: uma revisão. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p. 311-330, jul/set, 1992.

FERRARESI, Tatiana Maris; SILVA, Wilson Tadeu Lopes; MARTINS-NETO, Ladislau; SILVEIRA, Pedro Marques; MADARI, Beáta Emöke. Espectroscopia de infravermelho na determinação da textura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36, p. 1769-1777, 2012.

LANDSBERG, Helmut Erich. Man-Made Climatic Changes. **Science**. Volume 170, Number 3964, 18 December, 1970.

LEE, Derek O. Urban climates. **Progress in Physical Geography**, 8, p. 1-31, 1984.

LORA, Electo Eduardo Silva. **Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte**. Brasília: Aneel, 2000.

LOWRY, William P. The Climate of Cities. **Scientific American**, vol. 217, n° 2, p. 15-23, august, 1967.

LOWRY, William P. Urban effects on precipitation amount. **Progress in Physical Geography**, vol. 22, n°4, pp. 477-520, 1998.

MENDONÇA, Francisco. S.A.U. O Sistema Socioambiental Urbano: uma abordagem dos problemas socioambientais da cidade. In: MENDONÇA, Francisco (Org.) **Impactos Socioambientais urbanos**. Curitiba: Ed. UFPR, p. 185-208, 2004.

MENDONÇA, Francisco. O estudo de clima urbano no Brasil. In: MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo; MENDONÇA, Francisco (Org.). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, p. 175-192, 2013.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Teoria e clima urbano**. São Paulo, USP/FFLCH, Tese (Livre-Docência), 1976.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Geosul**, n° 09, ano V – 1° semestre, p. 61-79, 1990. (OBS: NO CAPÍTULO DE RITMO CLIMÁTICO, ALTERAR TODAS AS REFERENCIAS DE MONTEIRO 1990 PARA 1990^a)

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. A cidade como processo derivador ambiental e a geração de um clima urbano: estratégias na abordagem geográfica. **Geosul**, n° 09, ano V – 1° semestre, p. 61-79, 1990b.

OKE, Timothy Richard. City size and the urban heat island. **Atmospheric Environment** - Pergamon Press, Vol. 7, pp. 769-779, 1973.

OKE, Timothy Richard. **Boundary layer climates**. London: Mathuen & Co., second edition, 1987.

OKE, Timothy Richard. Street Design and Urban Canopy Layer Climate. **Energy and Buildings**, (11), pp. 103-113, 1988.

PAIVA, Donald L.; LAMPMAN, Gary M.; KRIZ, George S.; VYVYAN, James R. **Introdução à Espectroscopia**. Tradução: Pedro Barros e Roberto Torrejon. 2a edição – São Paulo: Cengage Learning, 2015.

ROCHA, Camille Arraes et al. Environmental Quality Assessment in Areas Used for Physical Activity and Recreation in a City Affected by Intense Urban Expansion (Fortaleza-CE, Brazil): Implications for Public Health Policy. **Expo Health**, DOI 10.1007/s12403-016-0230-x, 2016.

SANT'ANNA NETO, João Lima. Mudanças climáticas globais. In: AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade; SANT'ANNA NETO, João Lima; MONTEIRO, Ana. **Climatologia urbana e regional**. São Paulo: Outras expressões, p. 317-352, 2013.

SANTOS, Vladimir Aparecido. **Dinâmica Climática e Poluição Atmosférica na cidade de Dourados (MS)**. Monografia em Geografia. Dourados, MS: UFGD, 2011.

SANTOS, Vladimir Aparecido **A qualidade do ar de Dourados (MS): uma contribuição aos estudos de Clima Urbano com foco no subsistema físico-químico**. Universidade Federal da Grande Dourados. Mato Grosso do Sul: UFGD. Dissertação (Mestrado), 2014.

SANTOS, Vladimir Aparecido A qualidade do ar em Dourados/MS: uma contribuição aos estudos de clima urbano com foco no canal físico-químico. In: João Lima Sant'Anna Neto, Margarete C. de Costa Trindade Amorim e Charlei Aparecido da Silva. (Org.). **Clima e gestão do território**. 1ª ed. Presidente Prudente: PACO, p. 341-368, 2016.

SANTOS, Vladimir Aparecido Sorana. **A cidade de Dourados-MS, se há céu claro, calor; vento e céu alaranjado, poeira, poeirão: um estudo de clima urbano**. 2020. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, Dourados-MS, 2020.

SANTOS, Vladimir Aparecido; SILVA, Charlei Aparecido. **O clima de Dourados (MS) e a proposição de um roteiro-metodológico simples para entender a poluição atmosférica de áreas urbanas**. Revista GEONORTE, Edição Especial, v.2, n.4, p. 969 – 982, 2012.

SANTOS, Vladimir Aparecido; SILVA, Charlei Aparecido. **Abordagens climatológicas e Geografia da Saúde: espacialização de poluentes atmosféricos e suas relações com as morbidades hospitalares por infecção do trato respiratório nos habitantes de Dourados (MS) no período de 2008 a 2012**. In: X-ENANPEGE, 2013, Campinas (SP). X-ENANPEGE: Geografias, Políticas Públicas e Dinâmicas Territoriais. UFGD, v. 1. p. 9134-9145, 2013.

SANTOS, Vladimir Aparecido; SILVA, Charlei Aparecido. **Procedimentos de pesquisa no canal físico-químico, mensurando a qualidade do ar das cidades: o exemplo de Dourados (MS)**. In: XI- Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica/ V Simpósio Paranaense de Climatologia/ Reunião da CoC-UGI, 2014, Curitiba (PR). XI- Simpósio Brasileiro de

Climatologia Geográfica/ V Simpósio Paranaense de Climatologia/ Reunião da CoC-UGI. Curitiba (PR): ABCLima, p. 24-37, 2014a.

SANTOS, Vladimir Aparecido; SILVA, Charlei Aparecido. O Sistema Clima Urbano (S.C.U.): procedimentos de pesquisa no subsistema físico-químico, mensurando a qualidade do ar. In: SILVA, Charlei Aparecido; FIALHO, Edson Soares; STEINKE, Ercília Torres (Org.). **Experimentos em Climatologia Geográfica**. 1ªed.Dourados (MS): Editora da UFGD, p. 35-53, 2014b.

SANTOS, Vladimir Aparecido; SILVA, Charlei Aparecido. Qualidade do ar e clima urbano: material particulado inalável presente na atmosfera urbana da cidade de Dourados-MS/Brasil e seus possíveis desdobramentos na saúde humana. **IX Seminário Latino-Americano e V Seminário Ibero-Americano de Geografia Física**. UMDGEO - Departamento de Geografia. Guimarães – Portugal, p. 979-992, 2016a.

SANTOS, Vladimir Aparecido; SILVA, Charlei Aparecido. A produção do espaço urbano e a qualidade do ar da cidade de Dourados (MS/BRASIL). **Revista de Geografia** (Recife), v.33, p. 158 - 187, 2016b.

SANTOS, Vladimir Aparecido; SILVA, Charlei Aparecido. Teoria do clima urbano e o subsistema físico-químico: o material particulado inalável (mp_i) como indicador de qualidade do ar da atmosfera urbana de Dourados-MS e seus possíveis desdobramentos na saúde dos habitantes. In: BOIN, Marcos Norberto; MARTINS, Patrícia Cristina Statella (Org.). **Planejamento e análises ambientais**. 1ª ed. Tupã-SP: ANAP, p. 111-131, 2017.

SILVA, Charlei Aparecido. Technique de recherche sur le climat urbain axee sur le sous-systeme physico-chimique. **Environnement et géomatique: approches comparées France-Brésil**. Rennes - França: USP/Université Rennes, p. 379-386, 2014.

SILVA, Charlei Aparecido. Técnica de pesquisa em clima urbano com foco no subsistema físico-químico. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, Volume Especial, p. 175-184, 2016.

SILVA, Ícaro Breno et al. Uso da geoestatística na avaliação da distribuição de material particulado respirável na cidade de Fortaleza, Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Vol. 09, n. 02, p. 334-344, 2016.

TARIFA, José Roberto. A análise topo e microclimática e o trabalho de campo: o caso de São José dos Campos. Universidade de São Paulo – **Instituto de Geografia**, São Paulo, p. 01-13, 1981.

TROPPEMAIR, Helmut. **Metodologias simples para pesquisar o meio ambiente**. Rio Claro, Graff Set, 1988.

Recebido em 20 de junho 2023.

Aceito em 30 de julho de 2023.

Publicado em 04 de setembro de 2023.