

**CONCENTRAÇÕES DE MATERIAL PARTICULADO INALÁVEL (MPI) E
QUALIDADE DO AR NA CIDADE DE DOURADOS (MS): OS
ARQUIPÉLAGOS DE MPI NOS EPISÓDIOS DE INVERNO E PRIMAVERA
DE 2017**

CONCENTRATIONS OF INHALABLE PARTICULATE MATERIAL (IPM) AND
AIR QUALITY IN THE CITY OF DOURADOS (MS): THE IPM AQUIPELAGOS IN
THE WINTER AND SPRING EPISODES OF 2017

CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTÍCULA INHALABLE (MPI) Y
CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE DOURADOS (MS): LOS
AQUIPELAGOS DEL MPI EN LOS EPISODIOS DE INVIERNO Y PRIMAVERA
DE 2017

Vladimir Aparecido dos Santos Sorana¹

Charlei Aparecido da Silva²

Resumo: Este estudo investiga a interdependência entre clima e sociedade, reconhecendo a influência do clima nas atividades humanas e as repercussões dessas atividades na dinâmica climática. Apesar da complexidade dessa relação, as tentativas humanas de modificação do clima têm impactos na sociedade, gerando resultados nem sempre previsíveis. O foco está na aplicação das teorias do Sistema Clima Urbano (SCU) em Dourados/MS, especialmente no que diz respeito à qualidade do ar e à poluição atmosférica por material particulado inalável (MPI), buscando enriquecer a compreensão teórica e prática do ambiente atmosférico urbano. A pesquisa empírica foi conduzida nas estações de inverno e primavera de 2017, utilizando um contador de partículas inaláveis (Instrutemp Handheld Laser Particle Counter, modelo P311 da marca Airy Technology). Os resultados indicam que a qualidade do ar em Dourados é comprometida no inverno devido à estabilidade atmosférica e à atuação de sistemas como a massa Polar Atlântica. Na primavera, a má qualidade do ar é influenciada pelas tempestades durante a transição do inverno, resultando na re/suspensão de material particulado em grande volume para a

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

² Doutor em Geografia pelo Instituto de Geociências da Unicamp, área de concentração Análise Ambiental e Dinâmica Territorial. Docente e pesquisador do Curso de Graduação em Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Grande Dourados. Email: charleisilva@ufgd.edu.br. Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/1949183981749520>. Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0002-5598-7848>.

atmosfera, cobrindo a cidade e afetando sua paisagem. É relevante destacar que as extensas áreas de monoculturas no perímetro urbano e seus entornos são impactadas por tempestades durante os períodos de vazio sanitário, deixando o céu com tonalidade avermelhada devido à re/suspensão de partículas sólidas do solo revolvido pelas turbulências dos sistemas atmosféricos, como as Frente Polar Atlântica e a Repercussão da Frente Polar Atlântica.

Palavras-chave: MPI; arquipélagos de MPI; poluição atmosférica; clima urbano; qualidade do ar.

Abstract: This study investigates the interdependence between climate and society, recognizing the influence of climate on human activities and the repercussions of these activities on climatic dynamics. Despite the complexity of this relationship, human attempts to modify the climate have impacted society, generating results that are not always predictable. The focus is on applying Urban Climate System (UCS) theories in Dourados/MS, especially concerning air quality and inhalable particulate matter (IPM) pollution, aiming to enrich the theoretical and practical understanding of the urban atmospheric environment. Empirical research was conducted during the winter and spring seasons of 2017 using an Inhalable Particle Counter (Instrutemp Handheld Laser Particle Counter, model P311 from Airy Technology). The results indicate that air quality in Dourados is compromised in winter due to atmospheric stability and the influence of systems such as the Atlantic Polar Mass. In spring, poor air quality is influenced by storms during the winter-to-spring transition, resulting in the resuspension of particulate matter in large volumes into the atmosphere, covering the city and affecting its landscape. It is relevant to highlight that extensive areas of monocultures in the urban perimeter and its surroundings are impacted by storms during field fallowing, giving the sky a reddish hue due to the resuspension of solid particles from the soil stirred by atmospheric system turbulence, such as the Atlantic Polar Front and its repercussions.

Keywords: IPM; IPM archipelagos; atmospheric pollution; urban climate; air quality.

Resumen: Este estudio investiga la interdependencia entre el clima y la sociedad, reconociendo la influencia del clima en las actividades humanas y las repercusiones de estas actividades en la dinámica climática. A pesar de la complejidad de esta relación, los intentos humanos de modificar el clima tienen impactos en la sociedad, generando resultados no siempre previsibles. El enfoque se centra en la aplicación de las teorías del Sistema Clima Urbano (SCU) en Dourados/MS, especialmente en lo que respecta a la calidad del aire y la contaminación atmosférica por material particulado inhalable (MPI), con el objetivo de enriquecer la comprensión teórica y práctica del entorno atmosférico urbano. La investigación empírica se llevó a cabo durante las estaciones de invierno y primavera de 2017, utilizando un contador de partículas inhalables (Instrutemp Handheld Laser Particle Counter, modelo P311 de la marca Airy Technology). Los resultados indican que la calidad del aire en Dourados se ve comprometida en invierno debido a la estabilidad atmosférica y la influencia de sistemas como la Masa Polar Atlántica. En primavera, la mala calidad del aire se ve influenciada por las tormentas durante la transición de invierno a primavera, lo que resulta en la re/suspensión de material particulado en grandes cantidades hacia la atmósfera, cubriendo la ciudad y afectando su paisaje. Es relevante destacar que las extensas áreas de monocultivos en el perímetro urbano y sus alrededores se ven afectadas por tormentas durante los períodos de vacío

sanitario, dando al cielo una tonalidad rojiza debido la re/suspensión de partículas sólidas del suelo revuelto por las turbulencias de los sistemas atmosféricos, como la Frontera Polar Atlántica y la Repercusión de la Frontera Polar Atlántica.

Palabras clave: MPI; archipiélagos de MPI; contaminación atmosférica; clima urbano; calidad del aire.

Introdução

Hoje, sabe-se que há uma interdependência entre o clima e a sociedade. Nesta relação, como é conhecido, o clima influencia a sociedade, e suas atividades causam transformações na dinâmica climática, embora não conheçamos a essa complexa inter-relação e interdependência por completo. 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, as sociedades são acometidas de forma inesperada as consequências de suas investidas, Chandler (Op. cit.).

O conceito de clima urbano, nas palavras de Monteiro (1976, p. 53), “[...] é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”. Sem dúvida, a cidade, um reflexo tangível do processo de urbanização, é caracterizada de forma ampla pela concentração de indivíduos, suas edificações e ocupações em um local específico, Mendonça (2013). “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).

No século XX, a população mundial passou de predominantemente rural para urbana, superando 50% globalmente e ultrapassando 75% em países desenvolvidos. No Brasil, essa transição ocorreu em torno dos anos 1960, acelerando nas décadas seguintes, alcançando uma população urbana de quase 85% em 2010, segundo dados do IBGE. (Mendonça, 2013; Sant’Anna Neto, 2013).

Primeiramente, para compreender o clima urbano em essência, deve ser ressaltado que o “fenômeno urbano constitui um centro de interesse para o qual convergem vários campos de investigação, torna-se necessário também sondar as perspectivas metodológicas sob as quais tem sido focalizada a cidade” (Monteiro, 1976, p. 53). E, ainda, “à medida que as cidades aumentam de tamanho e se mesclam quase

imperceptivelmente umas com as outras, sua influência na atmosfera assumirá um significado ainda maior”, (Lee, 1984, p. 01).

No Brasil, os estudos de clima urbano enquanto 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 atualmente. Desde então 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, 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 (Santos, 2020). O autor afirma que “esses canais perceptivos associam-se 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).

Para tanto, o efetivo entendimento da formação das condições climáticas advindas da heterogeneidade tanto da estruturação do sítio como funcionalidade urbana deve-se atentar para o tipo do sítio onde o espaço urbano está localizado, e isso é pré-requisito em qualquer estudo sobre clima da cidade (Fialho, 2012).

Nesse ínterim, para estudar o clima urbano da cidade de Dourados no Mato Grosso do Sul (MS), enquanto cidade de médio porte continental, é importante considerar para análises dos elementos do clima, as características morfológicas topográficas, pois não possuem altitude tão expressiva, onde seu sítio urbano apresenta declives modestos, sendo os pontos mais altos 500m e os mais baixos 360m.

Dessa forma, a dispersão de poluentes torna-se facilitada na maior parte do ano, e tais forçantes da má qualidade do ar não se aplicam, ou seja, os poluentes industriais e automotivos não são os responsáveis pela degradação da atmosfera e da qualidade de vida em Dourados, como já foi ratificado no trabalho de Santos (2014).

Os objetivos desse trabalho é aplicar a teoria do Sistema Clima Urbano (SCU) e identificar as espacializações dos arquipélagos de poluição do ar na cidade de Dourados/MS, nos períodos do inverno e primavera de 2017. Com intuito de identificar e compreender a qualidade do ar (poluição atmosférica por material particulado inalável) local, a fim de subsidiar o entendimento teórico-prático acerca da qualidade do ambiente atmosférico urbano da cidade.

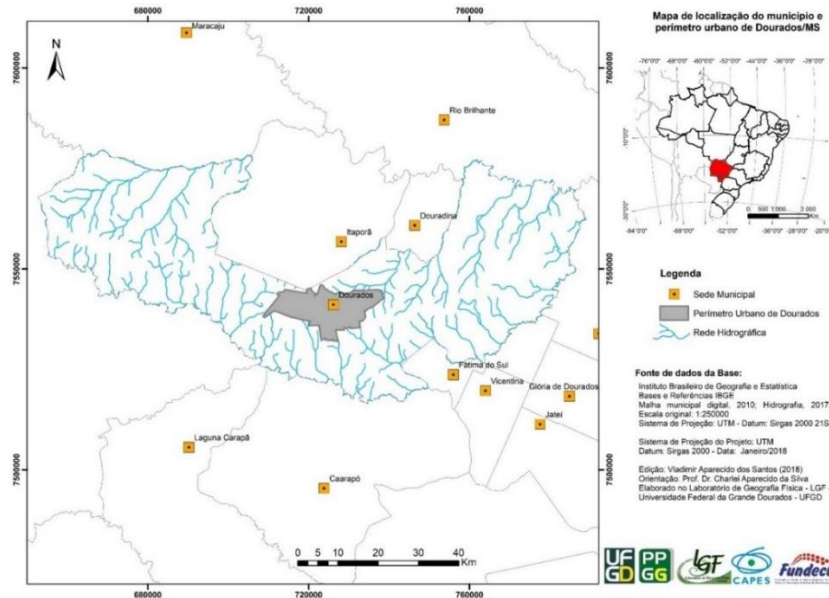
Para concretização da pesquisa foi averiguada, de forma empírica, por meio de técnicas específicas, os canais de percepção da qualidade do ar do subsistema físico-químico da teoria do SCU de Monteiro (1976) nas estações de inverno e primavera de 2017.

Sobre a cidade do estudo

A cidade de Dourados (figura 1) é a segunda maior cidade do estado do MS, 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 (Santos, 2020).

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”.

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



Org.: Santos, 2020, p. 121.

Por fim, 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).

A hipótese e a revisão da literatura

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 residirão 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).

Dentro do SCU o canal de percepção II, 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).

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

De acordo com Oke (1988) um dos fatores que influenciam diretamente na concentração da poluição é que a configuração espacial das cidades influencia diretamente a habilidade de dispersar poluentes em, pelo menos, dois níveis diferentes: micro e mesoescala. A soma de todos os elementos que compõem a rugosidade urbana impacta a geração de turbulência mecânica, o perfil do vento em alturas variadas e a extensão da camada de mistura urbana.

Sobre 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 o Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente) (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 (μm) de material particulado por metro cúbico de ar, ou seja, $\mu\text{m}/\text{m}^3$ (Baird & Cann, 2011).

De acordo com 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 μm ; - grossos, com diâmetro > 2,5 μm (Lora, 2000).

Conforme Baird & Cann (2011) e Cetesb (2011) as partículas inaláveis finas (MP_{2,5}) tem o tamanho aerodinâmico inferior a 2,5 µm, e, partículas inaláveis grossas (MP₁₀) com tamanho aerodinâmico entre 2,5 µm e 10 µm.

Nos últimos anos, as agências governamentais em muitos países, incluindo os Estados Unidos e Canadá, têm monitorado MP₁₀, i.e., a concentração total de todas as partículas com diâmetros menores que 10 µm, 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 [...]. De forma crescente, os reguladores estão usando o índice 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).

Segundo Aleixo e Sant'Anna Neto (2016) também afirmam que a poluição do ar tem a capacidade de potencializar a ocorrência de doenças do trato respiratório. Pois qualquer que seja as alterações da atmosfera, química ou física, afeta de maneira instantânea o sistema respiratório humano, ocasionando ou agravando seus efeitos deletérios, isto é, propicia os casos agudos ou crônicos da saúde em períodos de longa exposição.

No Brasil, o episódio bem conhecido e emblemático de má qualidade do ar e seus prejuízos na saúde, é aquele de Cubatão (SP). Em 1977 foram emitidas grandes quantidade de monóxido de carbono, benzeno, dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos, materiais particulados etc., na atmosfera da cidade pelas indústrias, sendo constatadas clinicamente alterações hematológicas induzidas nos habitantes (Santos, 2014).

Pode-se destacar estudos recentes no Brasil a respeito dos poluentes atmosféricos emitidos por frota veicular, na cidade de Juiz de Fora/MG, de Ferreira & Oliveira (2016). Neste foram feitos estudos da estimativa da poluição veicular, permitindo conhecer a quantidade de CO e NO_x /g/km/h.

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) foi criado pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelece um colegiado, de caráter deliberativo que é composto por representantes dos três níveis da federação brasileira, ou seja,

Governo Federal, Estadual e Municipal. Sua missão é restrita ao Regulamento das Leis: de como ele deve ser aplicada a fim de obter eficácia, proteger o meio ambiente e seus recursos naturais.

O CONAMA estabelece padrões primários e secundários da qualidade do ar no Art. 2º da Resolução nº 3/90:

Art. 2º Para os efeitos desta Resolução ficam estabelecidos os seguintes conceitos:

I – Padrões Primários de Qualidade do AR são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.

II – Padrões Secundários de Qualidade do AR são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. (CONAMA, 2012, p. 480).

Sobre os padrões nacionais de qualidade do ar (para MP's) estabelecido pela Resolução CONAMA nº 03 de 1990, segue figura 2.

Figura 2 – Padrões nacionais de qualidade do ar (CONAMA Nº 03/90) - PQAr.

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário (µg/m³)	Padrão Secundário (µg/m³)
Partículas totais em suspensão	24 horas ¹	240	150
	MGA ²	80	60
Partículas inaláveis	24 horas ¹	150	150
	MGA ²	50	50
Fumaça	24 horas ¹	150	100
	MGA ²	60	40

1 - Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.

2 - Média geométrica anual.

3 - Média aritmética anual.

Fonte: Cetesb (2017, p. 25).

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 figura 3 abaixo.

Figura 3 – 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/m³) - 24 h	375	625	875
Partículas inaláveis (µg/m³) - 24 h	250	420	500
Fumaça (µg/m³) - 24 h	250	420	500

Fonte: 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 figura 4 de índice geral, classificada por cores para melhor interpretação do PQAr.

Figura 4 – Classificação do Índice Geral do PQAr 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 (2020, p. 91)

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.

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 boa parcela da base econômica do município; conforme a notícia veiculada dia 09 de janeiro de 2024 pela Gazeta do Campo,

Dourados é o 8º no ranking do agronegócio nacional da revista Exame (<https://www.gazetadocampo.com/2024/01/09/dourados-e-o-8o-no-ranking-do-agronegocio-da-revista-exame/>) – com vastas áreas destinadas para monoculturas variadas –, é alvo de recorrentes tempestades de poeira (figura 5) 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.

Dessa forma, há clareza que vastas áreas destinadas às variadas monoculturas no perímetro urbano e entorno de Dourados (MS), são alvo de recorrentes tempestades, justamente nos períodos de vazios sanitários, 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, como as Frentes Polar Atlântica (FPA) e as Repercussão da Frente Polar Atlântica (REP) - Santos (2020), a seguir (figura 5) estão demonstradas as referidas tempestades em anos distintos.

Figura (mosaico) 5 – Tempestades de poeira em Dourados/MS – 2012 a 2021



Dezembro de 2012



Novembro de 2016



Outubro de 2017



Outubro de 2021

Autor: Santos e Silva (2022)

Espera-se que os estudos relacionados ao monitoramento e diagnóstico do Clima Urbano, em especial às poluições atmosféricas por Material Particulado Inalável (MPI), permitam contribuir para compreensão e entendimento da qualidade do ar e ambiental das áreas urbanas de cidades de médio porte, em especial a Dourados.

Materiais e Métodos

Monteiro (1990a) enfatiza que, em face das realidades econômicas das cidades brasileiras, das condições técnicas e de seus recursos disponíveis para se estudar o clima urbano, torna a análise um problema local, e ao mesmo tempo forçam os estudos a utilizar recursos e técnicas experimentais mais simples e de baixo custo.

Dessa forma, para obter dados primários *in loco* e estabelecer discussões acerca da qualidade do ar urbana, ou seja, arquipélagos de poluição por MPI de Dourados, foi utilizado equipamento contador de partículas inaláveis, que será apresentado mais à frente.

Foram feitas sistemáticas medições com equipamento confiável, e nesta pesquisa, os poluentes de materiais particulados em duas estações do ano de 2017: inverno e primavera; sendo que a primeira por ser habitualmente mais seca e a segunda mais úmida.

Os MPI's foram coletados em 10 pontos diferentes dentro do perímetro urbano, chamados aqui de “pontos não fixos”.

Para a amostragem do MPI dos pontos não fixos deram-se em duas estações (inverno e primavera de 2017), foi utilizado o equipamento *Instrutemp Handheld Laser Particle Counter* do modelo P311³ da marca *Airy Technology* (figura 6). Este, faz amostragens das quantidades de particulados existentes no ambiente externo, isto é, faz contagens de partículas sólidas com diâmetros específicos – 0,5µm, 2,5µm e 5,0µm por metro cúbico (m³) – de materiais provenientes do óxido de silício (material inorgânico). O aparelho tem capacidade de registro de até oito mil amostras e já vem aferido da indústria, porém, cada vez que for ser utilizado, deve-se antes, executar a limpeza interna

³ Este equipamento é capaz de contar partículas exclusivamente formadas por óxido de silício, ou seja, produtos advindos da minerais, areias e silicatos. Dessa forma não tem a capacidade de mensurar partículas orgânicas biogênicas, onde sua base principal de composição molecular é o carbono.

para zerar suas contagens anteriores, eliminando qualquer erro e para que não haja interferências nas contagens do momento.

Figura 6 – Equipamento P311



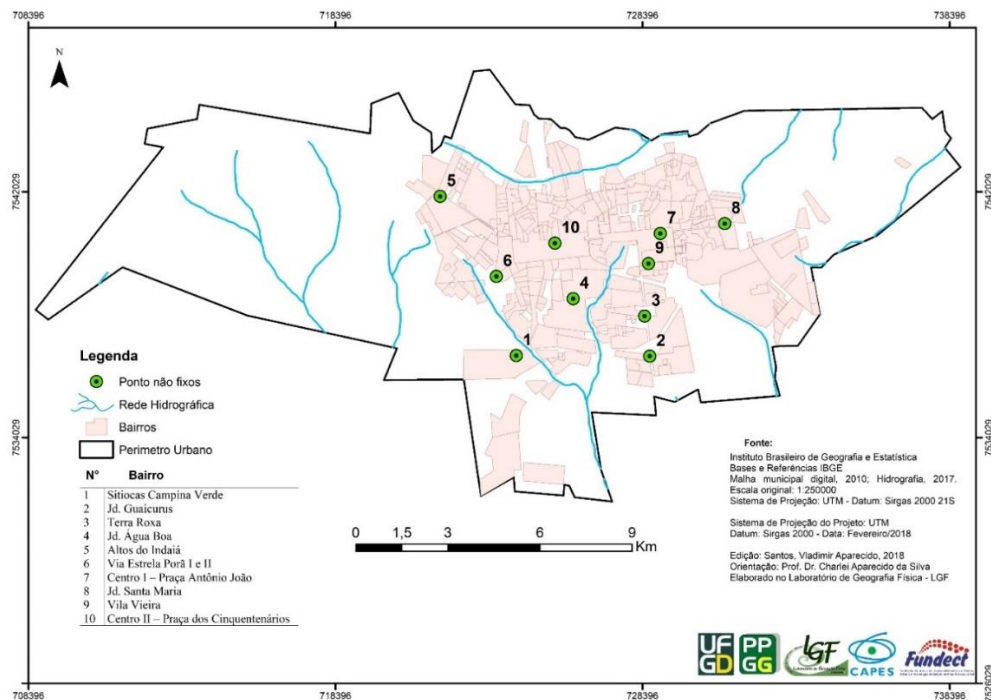
Fonte: autor

Especificamente, os períodos de amostragem foram de 06 de julho a 05 de agosto (inverno), e, de 02 de novembro a 09 de dezembro de 2017. Foram amostrados dez locais distintos da área urbana de Dourados em cruzamento de vias, classificados por número de identificação, nome do bairro, coordenada geográfica, altitude, características do tipo de cobertura de solo e grau do fluxo de trânsito (baixo, moderado e alto), como segue na figura 7 e especializado na figura 8.

Figura 7 – Pontos de amostragem Não Fixos de MPI

Nº	Bairro	Coordenada		Altitude (m)	Característica solo das ruas	Nível fluxo de trânsito
		21k	UTM			
1	Sitiocas Campina Verde	724284	7536698	392	Solo exposto.	Moderado a Alto
2	Jd. Guaicurus	728629	7536679	404	Avenida principal coberta com asfalto e ruas transversais de solo exposto.	Alto
3	Terra Roxa	728466	7537984	408	Ruas cobertas com asfalto, porém, existem terrenos no entorno com solo exposto.	Alto
4	Jd. Água Boa	726136	7538551	420	Ruas cobertas com asfalto e calçadas.	Alto
5	Altos do Indaiá	721802	7541879	460	Avenida principal coberta com asfalto e ruas paralelas e transversais com solo exposto.	Moderado a alto
6	Via Estrela Porã I e II	723633	7539277	408	Rua principal que dá acesso a outros bairros e centro coberta de asfalto rua transversal com solo exposto.	Alto
7	Centro I – Praça Antônio João	728976	7540675	440	Todas as ruas cobertas de asfalto e calçadas.	Alto
8	Jd. Santa Maria	731072	7540992	417	Ruas cobertas com asfalto, porém, na frente da maioria dos imóveis é solo exposto.	Baixo a moderado
9	Vila Vieira	728587	7539695	422	Ruas cobertas com asfalto e calçadas.	Moderado a alto
10	Centro II – Praça dos Cinquentenários	725544	7540356	423	Todas as ruas cobertas de asfalto e calçadas.	Alto

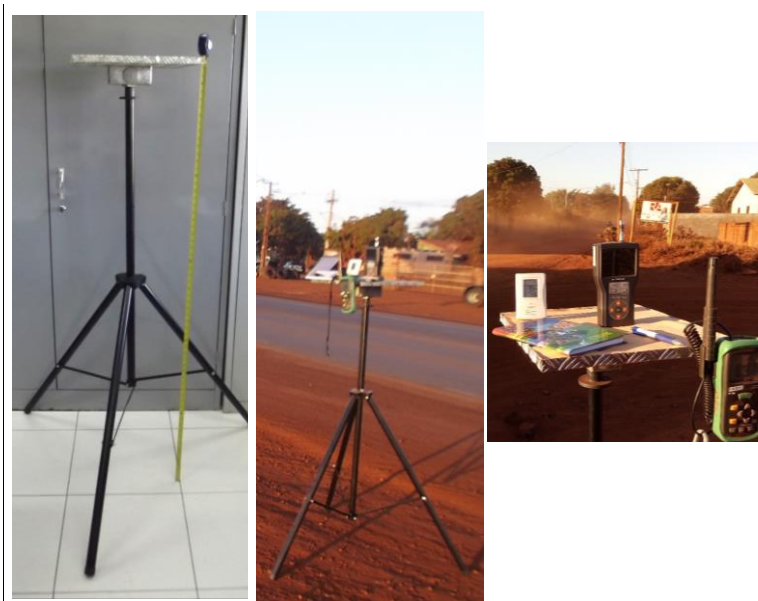
Fonte: Santos (2020, p. 139).

Figura 8 – Espacialização/localização dos pontos não fixos

Fonte: Santos (2020, p. 140).

Para cada ponto, foram feitas amostragens dos MPI's a cada dez minutos das 06:00 à 08:00 horas da manhã, e, das 17:00 às 21:00 horas, por três dias consecutivos, totalizando 38 amostras diárias para cada local. É importante destacar que devido ao custo elevado, utilizamos apenas um único aparelho para coleta de amostras (P311). Essas amostras foram obtidas em momentos distintos ao longo de cada ponto de coleta, o que significa que realizamos três dias consecutivos de amostragem no ponto 01, seguidos por mais três dias consecutivos no ponto 02, e assim sucessivamente.

O equipamento mencionado anteriormente (figura 6) foi estacionado/posicionados sobre uma base de 1,5 metros de altura, ou seja, altura média em que as pessoas respiram. Esta base foi criada especificamente para esta pesquisa. Os materiais utilizados formam: um tripé de caixa de som, e uma adequação de placa de alumínio revestida na parte superior com isopor, e, na parte inferior um encaixe do tipo *Dailet Múltiplo* para ser fixado ao tripé. Segue figura 9 dos materiais e da base mencionada, que é “montável”.

Figura 9 – Base para estacionar equipamentos

Fonte: Santos (2020, p. 142)

O P311 apenas conta o número de partículas existentes no ar, dessa forma, é necessário utilizar equações específicas para conversão aritmética logarítmica das contagens para massa g/m^3 em seguida para concentração em $\mu g/m^3$. Essa técnica de tratamentos aritméticos foi realizada por Santos (2014), e reaplicada nesse trabalho. Somente após esses cálculos é possível compreender a concentração dos MPI's com base na legislação do Conama 03/90 e nas classes da Cetesb (2011; 2017).

Após as coletas dos MPI's nas duas estações do ano já mencionadas, os dados foram tratados com *software Microsoft Excel* versão 2013.

Conforme Santos (2014, p. 105-107) a seguir consta a equação 01 que permite calcular a massa total das partículas:

$$m = \frac{\pi \cdot d^3}{6} \cdot \rho \cdot n$$

Eq. 01

Em que:

m = massa da partícula

$\frac{\pi}{6}$ = constante da equação

n = números de partículas medidas de dada classe

d = diâmetro médio das partículas de dada classe

ρ = densidade do material que deu origem às partículas

Santos (2001) justifica esta equação para conversão, pois considerando que o impacto de diferentes tipos de poeira tóxica inalada varia conforme a área do trato respiratório onde se depositam, o que está ligado ao tamanho das partículas e à sua concentração no ambiente, é possível obter uma avaliação mais precisa do risco ocupacional ao analisar as concentrações por massa das diversas categorias de tamanho de partículas que se acumulam no sistema respiratório.

“Admitindo que o solo é formado basicamente por quartzo, mica, argilas, feldspato e silicatos coloidais, considera-se, portanto, que sua densidade média é 2,65g/cm³. Além disso, admite-se também de forma geral que todas as partículas são de formato esférico”, Santos (2014, p. 106). Burden e Sims (1999, p. 05 – tradução nossa) afirmam que:

As densidades de partículas para a maioria dos solos minerais variam de 2,60 a 2,75 g/cm³, uma vez que a maior parte dos solos é composta geralmente de quartzo, feldspato, micas e argilas de silicato coloidal, com densidades de partículas na mesma faixa. Se um solo contém minerais com altas densidades de partículas (por exemplo, magnetite, granada ou hornblende), a densidade de partículas pode exceder 2,75 g/cm³. A matéria orgânica tem uma menor densidade de partículas, variando de 1,1 a 1,4 g / cm³. Os solos de superfície, com maior teor de matéria orgânica, geralmente apresentam menores densidades de partículas do que os solos subterrâneos. No entanto, para cálculos gerais, o solo médio com 3% a 5% de matéria orgânica pode ser considerado como tendo uma densidade de partículas de 2,65 g/cm³.

Para se calcular a concentração do MPI foi utilizada a seguinte equação 02:

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

Eq. 02

Em que:

c = concentração das partículas sobre o local amostrado

m = massa total das partículas contadas

V = volume em litros da quantidade de ar que é contraído pelo equipamento de medição (valor de 2,83 litros).

O estabelecimento das concentrações e tempo de exposição aos MPI's foi sistematicamente guiado pela Resolução do Conama 03/90, e, pelas classificações da Cetesb (2017) quanto ao índice geral de PQAr, conforme figura 2.

E por fim, foi feita espacialização de interpolação das concentrações médias de MPI das estações de inverno e primavera de 2017. Para esta interpolação foi utilizado o *software ArcGis 10.2.2*, com o método de análise espacial IDW (Ponderação pelo Inverso da Distância). Nesse método o IDW 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.

Resultados e Discussões

Constam as figuras de concentração dos MPI's para os dias e horários de observação apresentado anteriormente dos pontos não fixos. Os dados foram tratados de forma a proporcionar o entendimento mais abrangente dos resultados, ou seja, cada conjunto de três (dias) referem-se às médias aritméticas, mínimas e máximas dos pontos não fixos específicos das estações de inverno e primavera de 2017, porém o que serão apresentados como resultados são as médias diárias de todo os períodos das duas estações citadas. As classificações de qualidade do ar são representadas conforme a figura 2 (Classificação do Índice Geral do PQAr do indicador MP).

Vale destacar que as figuras de síntese média diária foram construídas em condições distintas nas equidistâncias das escalas para cada estação do ano, ou seja, nos gráficos da primavera estão definidos que a presença da chuva funciona como um elemento de equilíbrio para a depuração da atmosfera, o que faz baixar os níveis de concentração dos MPI's na atmosfera.

Já para o inverno, as condições dos tipos de tempo demonstram que este é muito mais dinâmico e específico, pois, para cada dia foram encontrados resultados diferentes que extrapolam, e muito, os níveis de concentração do poluente estabelecido pela Cetesb (2017) e Conama (2012), e, portanto, foi necessário estabelecer uma equidistância na escala para cada dia de medição devido à variabilidade dos dados da estação, e com isso, na escala foram definidos de forma personalizada cortes no eixo de concentração MP_{2,5} (mg/m³) para que fosse demonstrada de forma clara a concentração/dispersão do poluente.

Os as figuras 10 e 13 (síntese médias diárias) são produtos dos dados referentes às medições de MPI para as estações de inverno e primavera de 2017. E nas figuras 11 e 14 (síntese das médias dos pontos) são produtos das médias dos três dias de medição por ponto/local.

Logo após são apresentadas as figuras 12 e 15, com a espacialização de interpolação das concentrações médias de MPI das estações de inverno e primavera de 2017. A figura 10, refere-se às médias diárias da estação de inverno de forma pontual e temporal. É possível entender que durante toda a estação, somente o dia 17/07 do ponto 04 se manteve na classificação “boa”; para classificação “moderada” foram 5 dias; para “ruim” foram 3 dias; para “muito ruim” foram 7 dias; e para “péssima” foram 14 dias no total (aparecem na figura 10, pois o corte de escala enquadrrou 3 dias que não aparecem, mas estão nesta classificação).

A qualidade do ar classificada como “boa” dos MPI’s, se estabeleceu devido à influência de uma FPA (frente polar atlântica), que promoveu a queda da concentração dos poluentes, além da baixa temperatura e elevada umidade relativa do ar, o vento também foi um elemento importante, o qual atingiu 2,02m/s na dispersão dos mesmos, mesmo não havendo chuva no dia.

Para a classificação “moderada” é possível observar que ocorreu 5 vezes durante o período amostrado, isso foi possível devido à influência dos sistemas atmosféricos TC (tropical continental), e, FPA no dia anterior a diminuição da concentração do poluente, é importante destacar que os ventos tiveram predominância na dispersão dos poluentes.

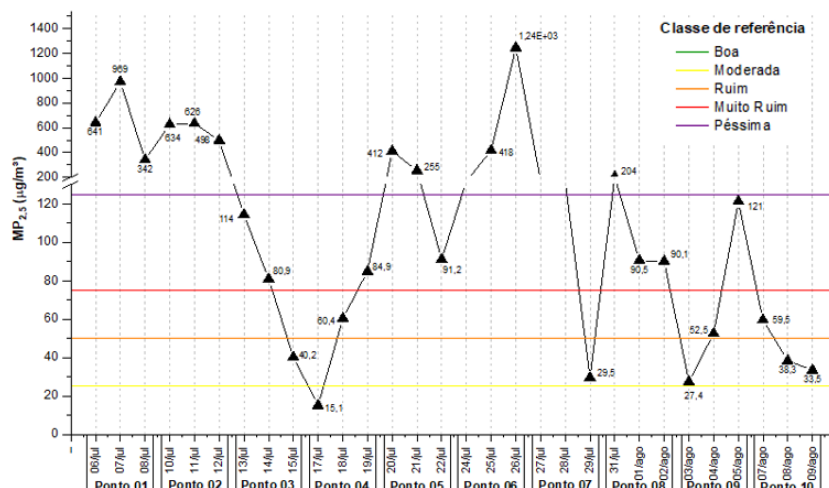
Na classificação “ruim”, a média de concentração ocorreu em apenas 3 dias, onde os sistemas atmosféricos atuantes foram a PA (polar atlântica) e PVC (polar velha continentalizada), ou seja, houve estabilidade do tempo, não ocorrendo precipitação, com umidade relativa do ar baixa, e baixas temperaturas devido à alta pressão atmosférica.

Para classificação “muito ruim”, é possível visualizar que ocorreram em 7 dias, isso foi possível graças aos sistemas atmosféricos TC, PVC e PV (polar velha), as quais promoveram a estabilidade do tempo, com baixa umidade relativa do ar, sem precipitação, e os ventos se estabeleceram com valores abaixo de 2 m/s.

Assim, para concentração “péssima” aconteceram em 11 dias, sendo importante destacar que os pontos/locais onde ocorreram essa alta concentração, são os periféricos da área urbana, com ruas de solo descoberto e/ou próximos às áreas de uso e ocupação de

solo misto. A baixa umidade relativa do ar, ventos fracos, e nenhuma chuva contribuíram para que o poluente permanecesse suspenso por mais tempo na atmosfera. Isso é comum em Dourados, pois o entorno da área urbana é constituído por muitas áreas mistas e solos descobertos, favorecendo o soerguimento das partículas. Outro fator importante, é que a estação de inverno por propiciar condição estável do tempo, nem sempre uma FPA trará consigo precipitações consideráveis, que são responsáveis por depurar atmosfera.

Figura 10 - Síntese média diária - Inverno/2017



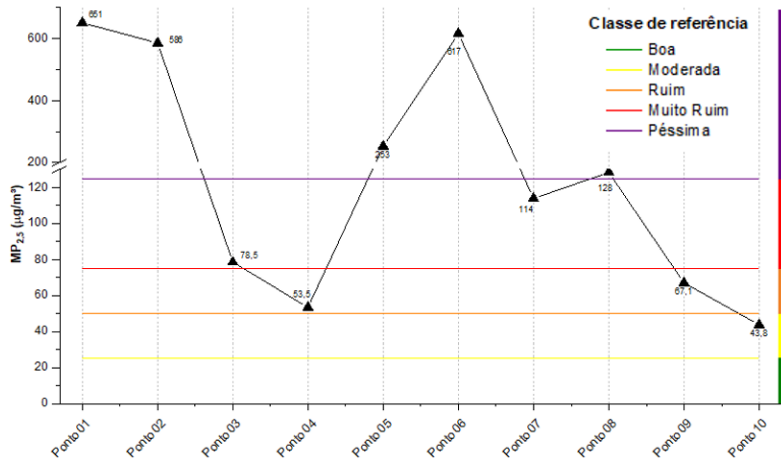
Fonte: Adaptado de Santos (2020, p. 239)

Conforme a figura 11 (abaixo), é possível observar que a classificação média dos pontos/locais amostrados da qualidade do ar “boa” não ocorreu, já para “moderada” está apontada apenas para o ponto/local 10, ou seja, centro da cidade, isso justifica-se pelas ruas pavimentadas, apesar do fluxo de trânsito ser intenso.

É possível entender, ainda, que para qualidade do ar “ruim” se estabeleceu no ponto/local 4 e 9, também áreas de ruas pavimentadas, apesar do fluxo de trânsito também ser intenso. Para qualidade do ar “muito ruim”, se estabeleceu no ponto/local 3 e 7, estes também estão localizados em ruas pavimentadas.

Agora, para concentração de MPI “péssima” ocorreram nos pontos 1, 2, 5, 6 e 8, justifica-se, portanto, que estes são notadamente os periurbanos, no interstício das áreas de uso e ocupação do solo urbano e misto. Vale lembrar também que, são locais com fluxo de trânsito intenso e de ruas não pavimentadas, o que facilita a suspensão do poluente, e agregado a condição estável do tempo contribui para a péssima qualidade do ar.

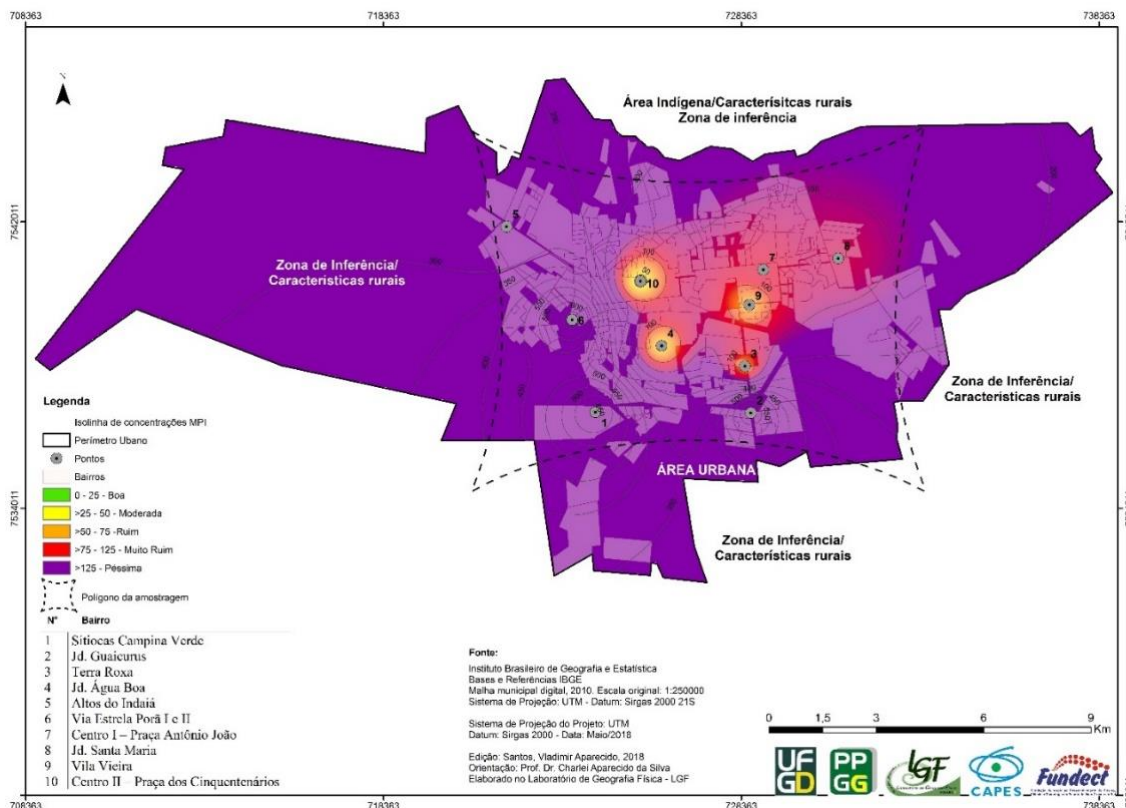
Figura 11 - Síntese média ponto/local - Inverno/2017



Fonte: Adaptado de Santos (2020, p. 242)

A figura 12 (Arquipélagos de material particulado inalável) refere-se à espacialização da concentração do poluente MPI, nele está demonstrado os pontos/locais com seus gradientes de concentração, conforme a legenda. Para melhor compreensão da espacialidade da qualidade do ar que foram apresentadas na figura 11. E demonstra também claramente a formação dos “arquipélagos de MPI”.

Figura 12 - Arquipélagos de MPI – Média de concentração ponto/local – Inverno/2017



Fonte: Santos (2020, p. 243).

É possível compreender que os locais onde a concentração é classificada como “péssima”, ou seja, maior ou igual a $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, deram-se nas periferias da área urbana, com interstício a áreas de uso e ocupação de solo misto, e onde as vias são de solo descoberto, ou seja, “estrada de chão”.

Todas as características do entorno citadas, atreladas ao grande fluxo de trânsito, estabilidade da atmosfera devido a estação exprimir sistemas atmosféricos, em sua maior parte, de alta pressão, facilita o soerguimento do solo para atmosfera. Pois os elementos meteorológicos capazes de depurar a atmosfera, como a precipitação e os ventos, se comportam com menor intensidade, não propiciando a dispersão dos materiais particulados, e, para que assim, a qualidade do ar se estabeleça como “boa”.

Pode-se destacar, também, além da poluição do material particulado de re/suspensão do solo, as fontes de emissão de MPI relativas às queimadas. Sabendo que este, não é um problema singular ao entorno da área urbana construída, mas também, àquelas intencionais e/ou acidentais das lavouras e pastos no entorno do perímetro urbano, em que as partículas provenientes da queima da biomassa avançam para o interior da cidade afetando a todos os moradores.

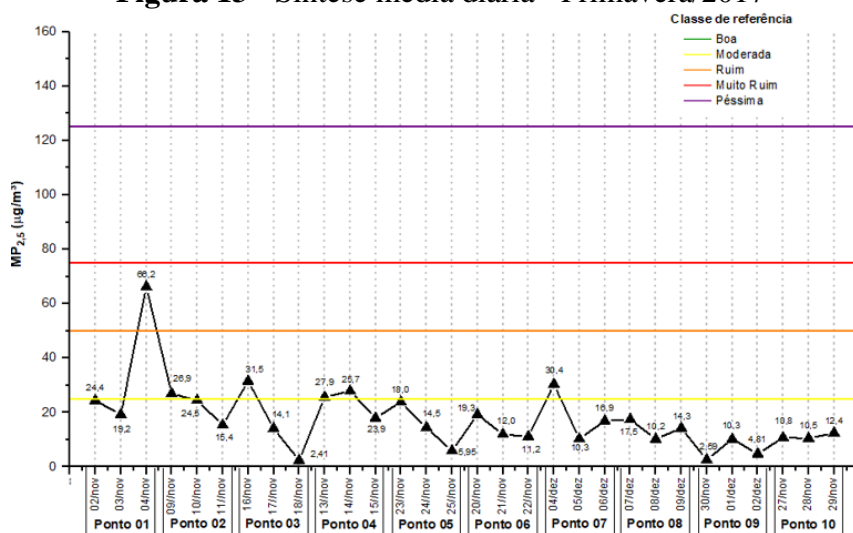
Outro fator que contribui para a má qualidade do ar nesta estação, e muito comum em Dourados, são as tempestades que ocorrem durante e/ou na transição da estação de inverno para a primavera (figura 5), as quais provocam a suspensão de material particulado em grande volume para a atmosfera, e, por vezes cobrem toda a cidade afetando sua paisagem. Assim, as vastas áreas destinadas às variadas monoculturas no entorno do perímetro urbano, são alvo de recorrentes tempestades nos períodos de vazio 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, como as REP's (repercussão da frente polar atlântica). Podemos destacar aqui a ocorrência de uma inversão térmica no dia 20 de julho.

Quanto à figura 13, estão apresentadas as médias diárias da estação de primavera, de forma pontual e temporal. Observa-se que a maior parte dos dias de observação permaneceram em qualidade do ar “boa”. Somente o dia 04/11 no ponto/local 01, atingiu qualidade do ar “ruim”, isso devido à influência do sistema atmosférico REP, que proporcionou aumento dos ventos, e que por sua vez a re/suspensão das partículas do

solo, pois esse bairro é de solo descoberto (conforme mapa agregado ao gráfico) e com fluxo de trânsito intenso.

Já os pontos/locais 02, 03, 04 e 07 se estabeleceram na condição de “moderada”. E o restante dos outros dias, ou seja, 24 dias, a qualidade do ar se manteve “boa”.

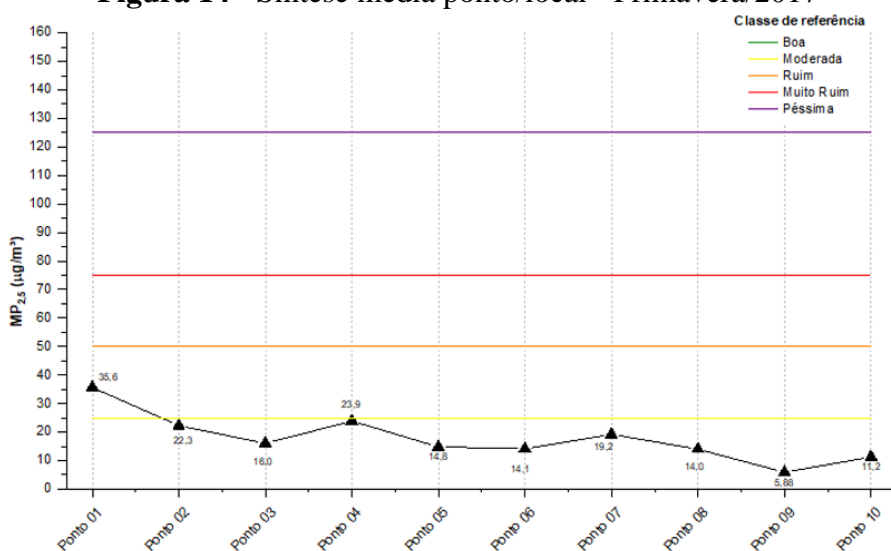
Figura 13 - Síntese média diária - Primavera/2017



Fonte: Adaptado de Santos (2020, p. 245).

Quanto à figura 14, que demonstra a média dos três dias por ponto/local, é possível verificar que apenas no ponto 01 se estabeleceu na faixa de “moderado”, e, para o restante, ou seja, os nove locais, a qualidade do ar permaneceu como “boa”.

Figura 14 - Síntese média ponto/local - Primavera/2017



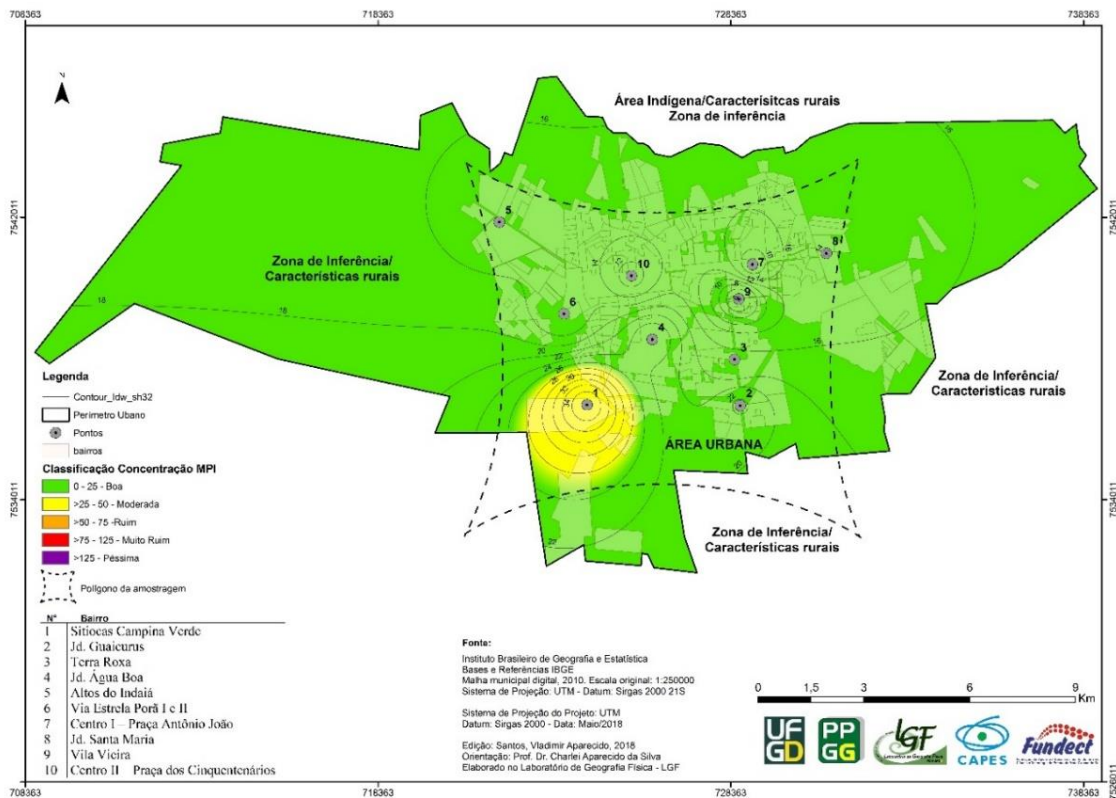
Fonte: Adaptado de Santos (2020, p. 246)

A figura 15 demonstra a espacialização da concentração do poluente MPI em forma de arquipélagos, nela está demonstrado os pontos/locais com seus gradientes de

concentração, com legenda em conformidade com a Cetesb (2017). Este mapa se faz importante aqui, para melhor compreensão da espacialidade da qualidade do ar que foram apresentadas na figura 14. E demonstra também claramente a formação dos arquipélagos de MPI.

De forma geral, justifica-se que a primavera por ser uma estação mais úmida, ou seja, frequentes sistemas atmosféricos de baixa pressão com características termohígricas próprias como: elevada temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e ventos fortes; fazem com que a atmosfera seja depurada e limpa frequentemente, além de proporcionar maior e melhor dispersão dos poluentes, subsidiando dessa forma, boa qualidade do ar para toda cidade.

Figura 15 - Arquipélagos de MPI – Média de concentração ponto/local – Primavera/2017



Fonte: Santos (2020, p. 247)

Considerações finais

Os estudos de clima urbano destacam que as cidades refletem as ações sociais ocorrendo em seu interior. Em áreas urbanas, especialmente em países em desenvolvimento, surgem manifestações complexas de problemas ambientais,

contradizendo os esforços de preservação. Do ponto de vista climático, as interações intra-urbanas com a atmosfera revelam climas variados dentro do mesmo ambiente urbano, corroborando a teoria do Sistema Clima Urbano (SCU).

O Sistema Clima Urbano (SCU) é um sistema aberto que importa energia do ambiente, desencadeando eventos internos que geram produtos incorporados ao núcleo ou exportados para o ambiente. As transformações nos ambientes urbanos afetam significativamente o clima da cidade, resultando em fenômenos como arquipélagos de calor/frescor e poluição do ar, exemplificando a complexidade do SCU, conforme apontado Monteiro, 1976.

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.

Pode-se afirmar que a proposta apresentada no início deste estudo foi alcançada. Em uma cidade de porte médio, sob a influência predominante da massa de ar Tropical Continental, que afeta os sistemas extratropicais de forma que os padrões e modelos convencionais de clima urbano não se aplicam plenamente, confirmou-se o impacto significativo dos diferentes tipos de tempo na concentração e dispersão de poluentes. Além disso, observou-se que esses fatores climáticos contribuem para as variações na intensidade das concentrações de poluentes dentro do espaço urbano de Dourados.

Como o produto de estabelecimento do Clima Urbano, em especial do subsistema físico-químico do SCU da cidade de Dourados no Mato Grosso do Sul/MS, é que se executou a espacialização e elaboração conceitual dos “arquipélagos” de materiais particulados em suspensão e suas concentrações de poluição atmosférica (MPI).

A espacialização dos dados e observações *in loco* sobre a paisagem urbana permite concluir e identificar que uso e ocupação do solo urbano, há predominância de uso residencial e misto (característica rural e urbano), esse último resultado da ampliação do

perímetro urbano via alteração do plano diretor da cidade, mas, de fato, constitui-se como área rural, havendo predominância de monoculturas, alternância de soja e milho e cana-de-açúcar que contribuem significativamente para o aumento de materiais particulados.

Chegou-se à conclusão de que para os poluentes MPI's, a qualidade do ar fica prejudicada no inverno devido à estabilidade da atmosfera, como por exemplo a atuação dos sistemas atmosféricos da PA, PV e PVC. Já na primavera, a tendência para má qualidade do ar por materiais particulados em suspensão, se dá principalmente pelas tempestades que ocorrem na transição da estação de inverno para a primavera, as quais provocam re/suspensão do material particulado em grande volume para a atmosfera, e, por vezes cobrem toda a cidade afetando sua paisagem.

Como mencionado anteriormente, 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, como as FPA's e as REP's.

Importante dizer também, que na primavera a presença da chuva na forma de umidade funciona como um elemento de equilíbrio, sob o ponto de vista da poluição do ar. Para o inverno com as condições do tipo de tempo demonstram que isso é bem mais dinâmico, mais específico, por quê para cada dia se têm resultados diferentes, que extrapolam e muito o limite permitido anualmente pela CETESB e conseqüentemente pelo estabelecimento da legislação do CONAMA.

Os resultados de concentração de MPI demonstrados pelas figuras de 12 a 17 ajudou a entender o comportamento médio dos pontos/locais. Mesmo trabalhando com a média, sabe-se que ela é uma generalização em casos de episódios em estudos de climas, elas têm uma tendência de mascarar a realidade, ainda assim, foi identificado que dos pontos amostrados, nos dias mensurados para inverno somente o ponto 10 teve uma condição de qualidade do ar tolerável (moderada), todas as demais, estão fora do padrão desejado sendo estabelecido de “ruim” para “péssimo”. Isso significa dizer que em qualquer situação dos pontos, nos dias amostrados, o ar se apresenta em uma qualidade ruim para os habitantes douradenses.

O indicador de qualidade do ar tomado, isto é, o material particulado, aponta-se nesta pesquisa, que para o MPI principalmente no inverno, tem condição de concentração

na atmosfera urbana para os padrões primários, está fora do padrão exigido pela Legislação Federal, pois para cálculos de “médias aritméticas anuais” e que “não se deve atingir mais que uma vez no ano”, encontrou-se o valor de concentração de $259\mu\text{g}/\text{m}^3$, que extrapola e muito, o desejado em norma. Pois, conforme o CONAMA 03/90 (2012), estabelece que o MPI não deve ser excedido mais que uma vez ao ano valor de $150\mu\text{g}/\text{m}^3$, e, para média geométrica anual $50\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nos estudos do subsistema físico-químico, análises episódicas são cruciais e devem ser conduzidas de forma pontual, considerando as características físicas e distribuição urbana da cidade. É essencial estabelecer redes de pontos fixos para coleta de dados, visando abranger o máximo de pontos e equipamentos possível, destacando a importância dessa abordagem.

Para alcançar um volume significativo de dados e promover discussões substanciais, é crucial estabelecer uma série histórica de longo prazo. O foco em episódios na qualidade do ar é mais eficaz devido à dinâmica efêmera da atmosfera, influenciada por estações do ano e tipos de tempo diário. Isso é fundamental, pois o comportamento da cidade reflete diretamente na qualidade ambiental e no bem-estar dos habitantes, permitindo análises mais relevantes no futuro.

Referências

ALEIXO, Natacha Cíntia Regina; SANT'ANNA NETO, João Lima. Subsistema físico-químico: análise da poluição do ar e hospitalizações por DPOC. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 33, n. 4, p. 64-87, 2016.

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.

BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química ambiental**. 4ª ed. – Porto Alegre: Bookman, 2011.

BURDEN, David S.; SIMS, Judith L. Fundamentals of soil science as applicable to management of hazardous wastes. **EPA - Environmental Protection Agency/United States - Ground Water Issue**. EPA/540/S-98/500, p. 1-24, April 1999.

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.º. 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.

_____. 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.

FERREIRA, Cássia Castro Martins & OLIVEIRA, Daiane Evangelista. **Estimativa da poluição veicular e qualidade do ar nas principais vias do sistema viário da região central da cidade de Juiz de Fora – MG**. RDG – Revista de Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo. Volume Especial, p.98-114, 2016.

FIALHO, Edson Soares. Estudos climáticos em sítios urbanos e rurais. In: SILVA, Charlei Aparecido; FIALHO, Edson Soares (Org.). **Concepções e ensaios da climatologia geográfica**. E-book. Dourados: Ed. UFGD, p. 83-114, 2012.

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.º 2, p. 15-23, august, 1967.

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.

_____. 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 (Livres-Docência), 1976.

_____. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Geosul**, n° 09, ano V – 1° semestre, p. 61-79, 1990.

_____. 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. **Boundary layer climates**. London: Mathuen & Co., second edition, 1987.

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

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, Alcinéa Meigikos dos Anjos. **O tamanho das partículas de poeira suspensas no ar dos ambientes de trabalho**. Ministério do Trabalho e Emprego. Adaptação da dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais. Fundacentro, 2001.

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 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.

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.

Recebido em 25 de janeiro de 2024.

Aceito em 03 de abril de 2024.

Publicado em 25 de abril de 2024.