

# **QUALIDADE DO AR NOS TERMINAIS DE PASSAGEIROS DO RECIFE: UM ESTUDO DE CASO NA DINÂMICA DO MICROCLIMA E O IMPACTO DO MATERIAL PARTICULADO NO LOCAL**

***AIR QUALITY AT PASSENGER TERMINALS IN RECIFE: A CASE STUDY ON THE DYNAMICS OF THE MICROCLIMATE AND THE IMPACT OF PARTICULATE MATERIAL ON THE SITE***

***CALIDAD DEL AIRE EN TERMINALES DE PASAJEROS EN RECIFE: UN ESTUDIO DE CASO SOBRE LA DINÁMICA DEL MICROCLIMA Y EL IMPACTO DEL MATERIAL PARTÍCULO EN EL SITIO***

**Tamires Gabryele de Lima Mendes**

Doutoranda em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

E-mail: tamires25lima@hotmail.com

**Rafaela Melissa Andrade Ferreira**

Mestranda em Geografia, Universidade Federal do Paraná (UFPR)

E-mail: rafaela.andrade@ufpr.br

**Ariadne Fernanda Ferraz Vieira**

Graduanda em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

E-mail: ariadnevieiraf@gmail.com

**Cristiana Coutinho Duarte**

Departamento de Geografia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

E-mail: cristiana.durte@ufpe.br

**Ranyére Silva Nóbrega**

Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

E-mail: ranyere.silva@professor.ufcg.edu.br

## **RESUMO**

O monitoramento da qualidade do ar e de aspectos microclimáticos é fundamental para entender melhor a qualidade ambiental das cidades, e assim proteger a saúde dos cidadãos. A expansão urbana desordenada tem causado muitos problemas nas áreas urbanas e adjacentes, que interferem especialmente na qualidade de vida da população, em aspectos como a redução do conforto ambiental e o acréscimo de poluentes do ar. Aqui, apresentamos um estudo de caso capaz de monitorar as variáveis climatológicas em conjunto com a dinâmica do poluente material particulado (MP). Este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade do ar, a partir do MP e a influência das variáveis climáticas (temperatura, direção do vento e umidade do ar) na sua concentração, e, assim, identificar possíveis impactos da atividade urbana nas concentrações do poluente no entorno de dois Terminais Integrados (TIS). Os terminais foram elaborados para facilitar a movimentação dos indivíduos que precisam se deslocar diariamente pela Região Metropolitana do Recife (RMR). Foi utilizado nesse estudo um medidor de partículas com sensor acoplado de temperatura e umidade do ar portátil, bem como a aplicação de softwares para a análise dos dados. Os resultados mostraram que as concentrações de MP detectados nos dias monitorados obtiveram índices que não ultrapassam as normas permitidas, entretanto, foi identificado que os obstáculos naturais e artificiais interferem na concentração e dispersão do MP, em conjunto com as variáveis climáticas que também alteram o teor quantitativo.

**PALAVRAS-CHAVE:** clima urbano; poluição do ar urbana; material particulado.

## ABSTRACT

Monitoring air quality and microclimate aspects is essential to better understand the environmental quality of cities, and thus protect the health of citizens. The disorderly urban expansion has caused many problems in the central urban areas, especially those that interfere with the quality of life of the population, such as the reduction of environmental comfort and the increase of air pollutants. Here, we present a case study capable of monitoring climatological variables together with the dynamics of the particulate matter (PM) pollutant. This work aims to evaluate the air quality, from particulate matter (PM) and the influence of climatic variables (temperature, wind direction and air humidity) on the concentration of PM, and thus, to identify possible impacts of aspects of urban form in the pollutant concentrations around two integrated terminals (TIS). The terminals were designed to facilitate the movement of individuals who need to move daily through the Metropolitan Region of Recife (RMR). In this study, a particle meter with a portable air temperature and humidity sensor was used, as well as the application of software for data analysis. The results showed that the concentrations of PM detected on the monitored days obtained rates that did not exceed the permitted norms, however, it was identified that natural and artificial obstacles interfere with the concentration and dispersion of PM, together with climatic variables that alter the quantitative content also.

**KEYWORDS:** urban climate; urban air pollution; particulate matter.

## RESUMEN

Monitorear la calidad del aire y los aspectos del microclima es esencial para comprender mejor la calidad ambiental de las ciudades y así proteger la salud de los ciudadanos. La expansión urbana desordenada ha causado muchos problemas en las áreas urbanas centrales, especialmente aquellos que interfieren en la calidad de vida de la población, como la reducción del confort ambiental y el aumento de los contaminantes del aire. Aquí, presentamos un estudio de caso capaz de monitorear variables climatológicas junto con la dinámica del contaminante de material particulado (PM). Este trabajo tiene como objetivo evaluar la calidad del aire, a partir del material particulado (PM) y la influencia de variables climáticas (temperatura, dirección del viento y humedad del aire) sobre la concentración de PM, y así, identificar posibles impactos de aspectos de forma urbana en el concentraciones de contaminantes alrededor de dos terminales integradas (TIS). Las terminales fueron diseñadas para facilitar el movimiento de personas que necesitan moverse diariamente por la Región Metropolitana de Recife (RMR). En este estudio se utilizó un medidor de partículas con sensor portátil de temperatura y humedad del aire, así como la aplicación de un software para el análisis de datos. Los resultados mostraron que las concentraciones de PM detectadas en los días monitoreados obtuvieron índices que no superaron las normas permitidas, sin embargo, se identificó que obstáculos naturales y artificiales interfieren en la concentración y dispersión de PM, junto con variables climáticas que alteran la calidad cuantitativa. contenido también.

**PALABRAS-CLAVE:** clima urbano; contaminación del aire urbano; materia particular.

## 1. INTRODUÇÃO

Desde a segunda metade do século XXI, o crescimento das cidades e os modos de deslocamento ocasionaram alguns impactos em questões sociais, econômicas e ambientais, como o aumento da densidade populacional combinada à falta de infraestrutura. A partir do momento em que o ser humano percebeu a responsabilidade de suas ações e os danos causados ao meio ambiente, os espaços urbanos, enquanto principais centros de habitação e desenvolvimento de atividades econômicas, sociais e políticas, começaram então a adquirir maior centralidade e importância nos estudos de impacto socioambientais. Dessa maneira, podemos destacar que alguns

processos antropogênicos podem contribuir na degradação ambiental, na perspectiva, por exemplo, da concentração de poluentes em áreas urbanas.

O desenvolvimento urbano é um bom corpus para estudos sobre a possibilidade de criarem-se ambientes agressivos nas cidades, com potencial de colocar algumas ameaças à vida das pessoas, por exemplo, desconforto térmico interno e externo, altas emissões de gases de efeito estufa e poluição do ar, entre outros casos que interferem numa boa qualidade de vida em uma cidade (CASTELHANO, 2020). Nesse cenário, os altos índices de poluição do ar, em geral, acontecem nos centros urbanos, onde estão localizadas as fontes poluidoras, afetando diretamente a qualidade do ar, transformando-se numa ameaça à qualidade de vida da população (TEIXEIRA, 2008). De fato, as intensificações urbanas e industriais acabam aumentando as concentrações de poluentes na atmosfera, como consequências direta e indireta de suas atividades. Por exemplo, em algumas áreas ocorrem níveis de tráfego intenso e aumento crescente de poluição com grande concentração de pessoas, causando maior dano à saúde da população. Assim conforme, Alves *et al.* (2009) a ampliação da frota de veículos relacionados a fatores meteorológicos, como a temperatura do ar, pressão e umidade, tem cooperado para a concentração de poluentes em suspensão na atmosfera, gerando um aumento no nível de poluentes no ar, o que pode causar diversos tipos de doenças aos habitantes.

Atualmente, pouco mais de 84% da população brasileira vive em área urbana (IBGE, 2010), exigindo maior utilização de veículos automotores como meio de transporte. O setor de transportes é o que mais consome combustíveis fósseis e é o maior emissor de gases de poluentes, como óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, ozônio, compostos fotoquímicos, compostos orgânicos voláteis e semivoláteis, assim como material particulado em forma sedimentável, em suspensão, inalável e respirável (VASCONCELLOS, 2006).

De acordo com Ynoue *et al.* (2017) Um dos principais agentes que interferem na qualidade do ar são os MP, também chamados aerossóis atmosféricos sólidos que ficam suspensos no ar, emitidos por fontes móveis e fixas, via processo de combustão, fuligem, produção de energia, emissões de veículos e na indústria da construção. Eles são classificados pelo seu tamanho e por sua espessura fina, podendo ser associados a problemas de saúde. Diversos estudos sobre MP foram realizados em importantes cidades do Brasil, como São Paulo/SP (YNOUE; ANDRADE, 2004; OYAMA, 2010; CHIQUETTO, 2016), Natal/RN (ALBURQUERQUE, 2013; DUARTE, 2016) e Londrina/PR (TARGINO *et al.*, 2018) e em algumas cidades latino-americanas, como Bogotá (Colômbia), Santiago

do Chile (Chile) e Cidade do México (México) (BETANCOURT *et al.* 2017; SUÁREZ *et al.* 2014). Até o momento, poucos estudos foram desenvolvidos para a Região Nordeste do Brasil, o que pode ser justificado pela ausência de dados para a realização de novos estudos.

No estado de Pernambuco, existem projetos, estudos de caso e simulações de dispersão na RMR (Região Metropolitana do Recife), entretanto não há estudo voltado para a relação da dinâmica da cidade com os poluentes. O número de veículos automotivos aumentou consideravelmente nos últimos anos na região Nordeste, sendo o maior aumento observado no município do Recife (DENATRAN, 2015). O crescimento da frota de veículos tem influência direta na qualidade do ar urbano devido ao incremento de elementos químicos na atmosfera urbana proporcionada pelo intenso tráfego de veículos.

A RMR apresenta um Sistema Estrutural Integrado (SEI), que é voltado para o transporte coletivo, e apresenta uma configuração espacial constituída por eixos Radiais e Perimetrais. No cruzamento destes dois eixos, ficam situados os TIS (Terminais de Integração), que permitem ao usuário a troca de linha. Esse sistema começou a ser implantado no ano de 1985 e, atualmente, já em pleno funcionamento, dispõe de 24 TIS que viabilizam a passagem única, permitindo ao usuário se deslocar de um lado a outro da cidade pagando uma só passagem (SEABRA, 2015). De acordo com o Consórcio Grande Recife (2012), esse sistema é uma forma de facilitar a mobilidade e diminuir o custo com transportes, porém acaba trazendo alguns transtornos para a população, como: terminais congestionados; um crescente aumento nos tempos de viagem e de espera do ônibus nos terminais, ocasionados pelos congestionamentos de carros no tráfego; e estrutura desconfortável para população. Todos esses fatores acabam provocando nas integrações o acúmulo de pessoas, o estresse diário, problemas respiratórios causados por poluentes e o desconforto térmico, que podem comprometer o desempenho dos usuários, sendo estes por fatores do indivíduo e/ou do ambiente.

Nas cidades de grande e médio porte, os poluentes se relacionam de acordo com a dinâmica urbana. Distintos estudos sobre a poluição do ar têm como principal objetivo sua quantificação, demonstração de alguns modelos de série temporal e identificação de tipos de poluente. Por outro lado, as variáveis climáticas permanecem em segundo plano ou até mesmo não são citadas (OLIVEIRA *et al.*, 2019). No entanto, estas variáveis devem ser analisadas, pois estão correlacionadas com a morfologia urbana, de modo que as características urbanas, como tamanho da cidade, topografia e vegetação, e a proporção entre espaços abertos e áreas edificadas evidenciam não só

alterações na temperatura, mas também o acúmulo e a dispersão de poluentes. Deste modo, as variáveis climáticas são essenciais ao entendimento do comportamento dos poluentes do ar nas cidades.

O objetivo deste trabalho é avaliar a qualidade do ar, a partir da influência das variáveis climáticas (temperatura, direção do vento e umidade do ar) na concentração de MP em suspensão e identificar possíveis impactos de aspectos da forma urbana nas concentrações de material particulado no entorno dos TIS). Trata-se de um recorte de pesquisa de mestrado que se propõe a contribuir nos estudos de qualidade do ar em Recife.

## 2. PARÂMETROS DE ESTUDO PARA POLUIÇÃO DO AR

As variáveis causadas pelo desenvolvimento urbano intervêm em todos os subsistemas do Sistema Clima Urbano (SCU) (MONTEIRO, 1976). O sistema físico-químico necessita considerar alguns parâmetros meteorológicos e topográficos, como: vento (direção e velocidade); temperatura; umidade; e balanço de energia, entre outros (VIEIRA, 2009). Todas as observações sobre qualquer tipo de poluente devem levar em consideração esses parâmetros de forma individual ou integrada para identificar o nível da qualidade do ar de um determinado local.

Segundo Guerra e Miranda (2011), as características locais relacionadas à topografia, com existência ou não de edifícios, o tipo de solo e espécies de vegetação, possuem capacidade de alterar o microclima de determinada região, tornando-a mais ou menos favorável a dispersão dos poluentes. A topografia urbana possui elementos como *canyon* urbano, dossel urbano, camada dossel urbano e a camada-limite urbana, que interagem entre si. De acordo com Gonçalves *et al.* (2015), em *canyons* urbanos de proporções compactas os pavimentos superiores dos edifícios altos são favorecidos em relação aos pavimentos mais baixos, nos quais a ventilação natural é prejudicada pelo efeito de barreira causado pelas paredes do *canyon*. Além disso, em centros urbanos com grande concentração de população, atividades e veículos automotores, a altura implica uma maior distância da poluição atmosférica, a qual tende a se concentrar nos níveis inferiores do ambiente urbano.

No parâmetro relacionado ao vento, esse é considerado o principal mecanismo atmosférico de transporte de poluentes. A transferência de poluentes atmosféricos e as suas reações são consequências dos processos de difusão atmosférica ou dispersão de poluentes que depende da condição meteorológica, podendo as transferências serem atribuídas a esse elemento climático (DERISIO, 2017). Os movimentos de ar são essenciais para analisar as condições meteorológicas no

transporte e na dispersão dos poluentes, a partir de parâmetros meteorológicos locais, podendo influir na contaminação de movimentos verticais, horizontais e na turbulência atmosférica. Os fenômenos meteorológicos agem no processo de dispersão e obedecem a uma sequência de escalas de movimento em função da dinâmica da atmosfera desde a macroescala até a microescala.

Existe uma diminuição gradual das velocidades médias anuais de vento 8-9 m/s na porção norte do Rio Grande do Norte até 3,5m/s a 6m/s sobre a maioria da costa que se estende até o Sudeste (AMARANTE *et al.*, 2001). As causas dessa redução de vento na parte costeira do Nordeste têm associação com os seguintes fatores: ventos alísios, pelo afastamento da linha do Equador; brisas marítimas, pela interação com o oceano e o continente; e frentes frias remanescentes, que se difundem na costa sul. Dessa forma, uma cidade próxima do litoral é exposta a diferentes interações de vento. A média de vento nos bairros próximos ao mar apresenta uma intensidade maior, devido ao gradiente de temperatura entre o continente e o oceano. O vento diminui a intensidade na medida em que se desloca da costa para o interior, por causa do aumento de atrito e rugosidade de superfície, contribuindo assim para o enfraquecimento das brisas marinhas (AMARANTE *et al.*, 2001). Dessa maneira, Recife tem a direção predominante do vento no sentido Sudeste (SE), no qual, a linha da área costeira vai no sentido perpendicular à direção predominante dos ventos (SE).

De acordo com Ayoade (1998), no parâmetro de radiação solar, a poluição do ar prejudica o clima dos espaços urbanos de diferentes maneiras. O balanço energético das urbes sofre interferência, pois os poluentes refletem, dispersam e absorvem radiação solar. Os acúmulos de poluentes do ar são influenciados pela diluição (difusão e dispersão); pela remoção por chuva; e por reações fotoquímicas que ocorrem em presença da luz solar. Existem tipos de ambientes com mais tendência à acumulação de poluentes que outros. De acordo com a geometria formada pelos prédios, o ar circula nessa área, ficando aprisionado por radiação e estagnação do ar.

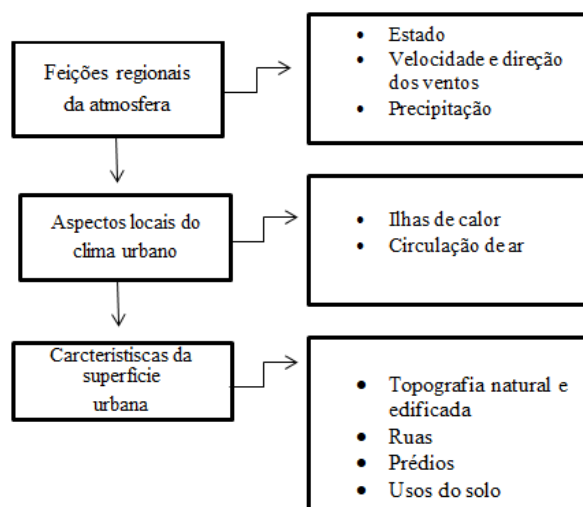
De acordo com Ynoue *et al.* (2017) os poluentes atmosféricos podem ser classificados em dois grupos: os poluentes primários, os quais são diretamente emitidos por uma fonte na atmosfera, por exemplo os particulados, o dióxido de enxofre, o monóxido de carbono, os óxidos de nitrogênio e os hidrocarbonetos; e os secundários, formados na atmosfera, que surgem através de reações químicas entre poluentes primários e constituintes naturais da atmosfera como Ozônio e trióxido de enxofre (MENDES, 2021).

O material particulado (MP) pode ser categorizado como um poluente primário ou secundário. Com base nas concentrações diárias mais comuns de MPs e nos padrões de qualidade do ar estabelecidos, os limites médios de 24 horas devem ser excedidos apenas uma vez por ano (CONAMA, 1990; CETESB, 2013). Esse conjunto de poluentes tem sido objeto de vários estudos devido aos seus efeitos prejudiciais sobre a atmosfera, a vegetação e a saúde humana.

De acordo com o CONAMA (2012, p.487), “MP é todo e qualquer material sólido ou líquido, em mistura gasosa, que se mantém neste estado na temperatura no meio filtrante, estabelecido pelo método adotado”. A definição de MP conforme YNOUE *et. al.* (2017, p.122), “[...]é um conjunto de poluentes constituídos de poeiras, fumaças e todo tipo de material na fase líquida ou sólida que se mantém suspenso na atmosfera por causa do seu tamanho pequeno” e, quando se dissipa no ar, compõem os chamados aerossóis atmosféricos. Podem ser denominados de poeiras quando se referem a partículas urbanas com influência do solo e de areia, abrangendo as emissões de vias não pavimentadas. Quanto à sua ocorrência, pode ser de fonte antrópica ou natural.

As relações entre os poluentes com alguns atributos relacionados à dispersão e à remoção dos poluentes na troca de escala podem ser visualizadas na Figura 1. Os aspectos da forma urbana e suas influências no clima urbano são condicionados pela rugosidade e porosidade, densidade construída, tamanho (horizontal e vertical), ocupação do solo e orientação (SOUSA, 2014). O atributo da superfície urbana é mais determinante no MP por estar próximo ao homem, mas não significa que os outros atributos tenham um nível de interferência menor, pois tudo depende das condições atmosféricas do dia, como estável ou instável.

**Figura 1** – Atributos de diferença de escala atmosférica superior para inferior.



**Fonte:** Elaborado pelos autores, 2023.

No tecido construído na atuação do MP, temos que considerar que alguns fatores são mais atuantes que outros, como o grau de verticalização (áreas multifamiliares) e casas (unifamiliares), a configuração urbana para o escoamento do vento, a topografia, as áreas verdes e a densidade urbana. Dessa forma, é esperado que os diferentes elementos morfológicos tenham uma análise constante e os fatores meteorológicos uma análise de resultados inconstante.

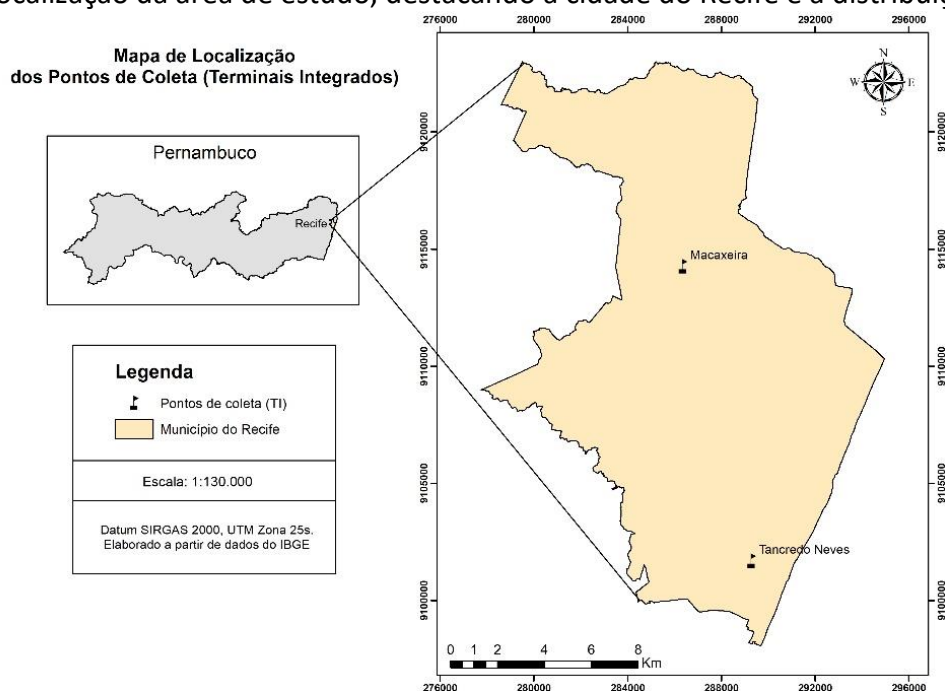
### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Área de estudo

A metodologia desse trabalho consistiu, inicialmente, em uma revisão bibliográfica sobre a temática, seguida pela obtenção e seleção dos dados de temperatura do ar e umidade de fonte primária a partir de ponto fixo nos terminais com o medidor de partículas. Para o presente estudo foi selecionado o município de Recife (Figura 2).

O estudo abrange a área urbana da cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco, que está localizado às margens do Oceano Atlântico no litoral do Nordeste brasileiro, mais precisamente no centro leste da região. A cidade está situada na latitude  $8^{\circ} 03' 14''$  S e na longitude  $34^{\circ} 52' 51''$  O, estando uma considerável parte de mancha urbana situada sobre uma planície flúvio-marinha. Sua altitude média é de apenas 4 metros acima do nível do mar, compreendendo uma área de 218 Km<sup>2</sup> (CORRÊA, 2006).

**Figura 2** – Localização da área de estudo, destacando a cidade do Recife e a distribuição dos TIS.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.



O município é composto de morros (67,43%), de planícies (23,26%) e de zonas aquáticas (9,31%) (PREFEITURA DO RECIFE, 2017). No trecho litorâneo, onde se encontram os rios Capibaribe e o Beberibe, está localizada a planície de formação flúvio-marinha, que se estende de forma semicircular, enquadrada ao norte, ao oeste e ao sul pelas colinas originárias da dissecação da superfície sedimentar referida ao plioceno, a chamada Formação Barreiras (MELO,2012).

A topografia de uma cidade é essencial no estudo da qualidade do ar, pois pode influir na circulação de massas de ar. Com isso, as feições naturais e artificiais podem modificar a dispersão de poluentes, como os tabuleiros e os morros altos e baixos. De forma geral, em áreas costeiras a interação ocorre diferenciada, pois depende dos elementos emissores, da geometria urbana e da forma de ocupação nesses ambientes.

### 3.2 Procedimentos metodológicos

A coleta ocorreu nos horários das 07h30min às 18h, com intervalo temporal de 30 minutos tanto do MP como da temperatura e umidade com a utilização do equipamento INSTRUTEMP, contador de partículas de modelo DT-9880 fixado à 1,50 m de altura (Figura 3), totalizando 11 horas de observação e de registro, contemplando 11 amostras por ponto/local diário. Nos intervalos das coletas, aconteceram as observações nos TIs como: aumento ou diminuição do fluxo de ônibus, aglomeração de pessoas e até a dinâmica do tempo como direção/intensidade do vento.





**Figura 3** – Equipamentos utilizados na coleta.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

As coletas dos dados ocorreram no mês de março de 2019, considerado como estação seca, não ocorrendo de forma simultânea, em dias com tempo considerado estável. Os pontos foram distribuídos de acordo com os perfis particulares de cada local (Tabela 1).

**Tabela 1 – Resumo das características dos Terminais Integrados do Recife.**

T.I	LOCAIS	CLASSIFICAÇÃO	GOOGLE EARTH EM 3D
		TRA	
T.I <b>Macaxeira</b>  Ponto 1	Área com casas e indústrias, próximo a Reserva Ecológica da Mata de Dois Irmãos em fragmento de Mata Atlântica. Com alta circulação de veículos por causa da BR-101.		
		OCE	
T.I <b>Tancredo Neves</b>  Ponto 2	Edificações no seu entorno (shopping Recife, Carrefour e Avenida), próximo ao Parque dos Manguezais		
<b>Legenda:</b>			
TRA – Local com intenso tráfego de veículos, inclusive de ônibus e caminhões.			
OCE – Local próximo ao oceano.			

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Após a coleta das amostras de MP, todos os dados e resultados foram tratados por meio do *software* Microsoft Office Excel Versão 2010. Após a coleta das amostras, foram feitas as contagens das partículas de acordo com os seus diâmetros. Com os valores obtidos, foi feito o cálculo da massa total das partículas contadas pelo equipamento. Foi necessário utilizar equações para conversão aritmética logarítmica dos quantitativos dos MP de diâmetros 0,3µm, 0,5µm, 1,0µm, 2,5µm, 5,0µm e 10µm para encontrar a massa g/m<sup>3</sup> e, logo em seguida, em concentração por µg/m<sup>3</sup>. As equações utilizadas são apresentadas por Santos (2001).

Considerando a seguinte equação (1), foi possível calcular a massa total das partículas contadas pelo equipamento:

$$m = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot \rho \cdot n}{6} \quad (1)$$

Em que:

**m** = massa total da partícula (g/m<sup>3</sup>)

$\pi$  = constante da equação

6

**n** = número de partículas coletadas

**d** = diâmetro médio das partículas coletadas de dada classe

**q** = densidade do material que deu origem às partículas (g/cm<sup>3</sup>).

Admitiu-se que as partículas obtidas vieram do solo, o qual é basicamente constituído de uma mistura de quartzo, mica, argilas, feldspato, silicatos, entre outros. Por isso, de acordo com a quantidade de cada material e com as suas densidades específicas, a densidade média do solo é de **2,65 g/cm<sup>3</sup>**. E, para facilitar o processo, admitiu-se que as partículas possuam formato esférico. Após obtenção do valor da massa total, foi possível calcular a concentração de massa de sólidos MP por volume de ar, por meio da equação (2) que permite calcular a concentração a seguir:

$$c = \frac{m}{V} \quad (2)$$

Onde:

**c** = concentração das partículas sobre o volume do local da amostra

**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) volume de ar que é contraído pelo equipamento. A partir disso, foi elaborada uma planilha no *Excel* (Tabela 2.B) onde foram registrados os valores das contagens **n** de cada classe

de diâmetro de partículas, o horário da amostra, a temperatura e a umidade do ambiente onde a amostra foi realizada.

Para a análise foi admitido que o solo é composto basicamente por quartzo, mica, argilas, feldspato e silicatos coloidais, considera-se, portanto que sua densidade é 2,65g/cm<sup>3</sup>. Portanto, adota-se, de forma geral, que todas as partículas são de formato esférico. Para classificar a concentração do MP encontrado nos períodos, após o tratamento dos dados obtidos, foram adotadas as classificações preconizadas pela CETESB (2013), que interpreta a resolução do CONAMA 491/18 para MP e atribui o índice geral de qualidade do ar, como demonstra a Tabela 2. A e esquema de conversão (Tabela 2.B).

**Tabela 2 – A) Índice Geral de Qualidade do Ar (IQA); e B) esquema de conversão.**

Legenda		
A) CLASSIFICAÇÃO DE QUALIDADE DO AR / MP –CETESB		
Qualidade	MP- concentração µg/m <sup>3</sup>	Significado
BOA	0-50	Não há risco à saúde.
REGULAR	>50- 150	A população , em geral não é afetada.
INADEQUADA	>150 e <420	Pode apresentar efeitos mais sérios à saúde.
MA	≥250 e <420	Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis
PESSIMA	≥420	Toda a população pode apresentar riscos de doenças respiratórias corre risco

B															
DÍMETRO DAS PARTICULAS					MÁS TRÓPO					MATERIAL PARTICULADO					
HORA	A1	A2	V	W	Q	W	Q	W	Q	W	Q	W	Q	W	Q
07:00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
08:00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
09:00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10:00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
11:00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12:00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
13:00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
14:00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
15:00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
16:00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
17:00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
18:00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
19:00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
20:00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
21:00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
22:00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
23:00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: CETESB, 2013.

Na validação das amostragens do MP, foi empregado o recurso *Nullscholl* , que controla os ventos em tempo real, a nível global e local. Sua observação é semelhante à do *Google Earth*. Com este recurso, é viável apontar no mapa a localidade desejada a partir de suas coordenadas geográficas e, em seguida, sua temperatura, velocidade do vento e atuação do MP no dia e hora desejada. Para as medições das direções e predominâncias dos ventos para o dia de amostragem de cada ponto/local, optou-se por utilizar os dados da estação convencional do INMET. As imagens em modelo digital de superfície (MDS) foram produzidas a partir das ortofotografias do Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D). O objetivo dessas imagens é oferecer um panorama espacial do entorno dos TIS.

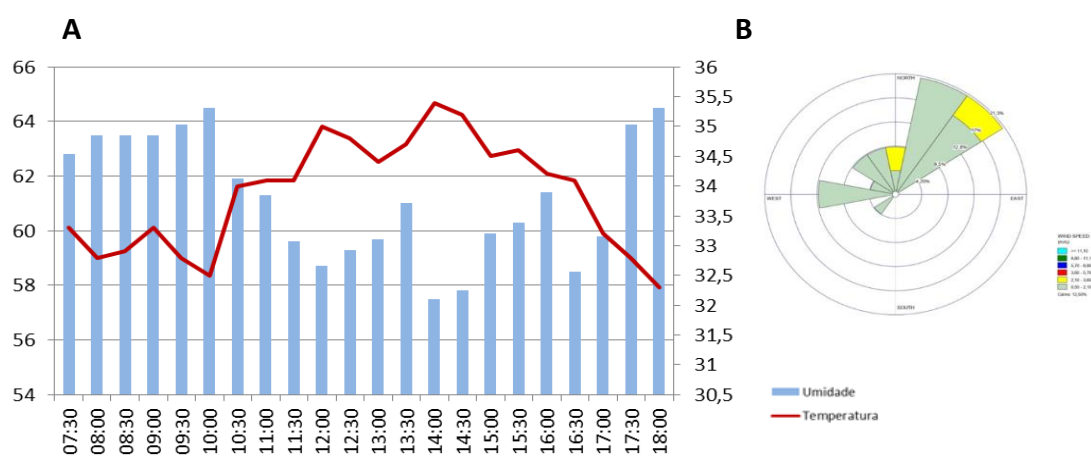
#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo de poluição tem atributos diferenciados como tipo de construção e obstáculos que margeiam os locais, condições topográficas, condições meteorológicas e processo de remoção e deposição de poluentes. Essas características serão os atributos norteadores nas análises dos dados para o entendimento da dinâmica da poluição do ar nos TIS. Quando a poluição é emitida no ar, os poluentes sofrem dispersão pelo processo de transporte e difusão, que, por sua vez, será influenciado por esses atributos.

O terminal integrado da Macaxeira, que se localiza entre os bairros de Dois Irmãos e da Macaxeira, próximos à BR- 101 é um dos mais movimentados da RMR, recebendo diariamente cerca de 52 mil usuários, de acordo com os dados divulgados pelo Grande Recife Consórcio de Transportes Metropolitanos. No seu entorno, existem barreiras naturais e antrópicas, como morros, Reserva Ecológica da Mata de Dois Irmãos (REMDI) em fragmento de Mata Atlântica e algumas indústrias. É um ponto alta locomoção da população estudantil, trabalhadores e idosos para Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e o Hospital das clínicas. Com 14 linhas, o TI em questão tem o maior fluxo de usuários do eixo noroeste, faz a transição e alimenta outras linhas e terminais, principalmente para chegar até o metrô.

Na Figura 4.A, são apresentadas algumas das condições meteorológicas, como a temperatura, que apresenta a máxima do dia às 14h, com 35,4 °C, e a segunda máxima, às 12h com a 35 °C, horários críticos de altas temperaturas e que geram desconforto térmico. A umidade relativa do ar sofre variações entre a máxima de 64,5% e mínima de 57,5%, respectivamente às 10h e às 14h, porém suas condições não são de alerta para a saúde.

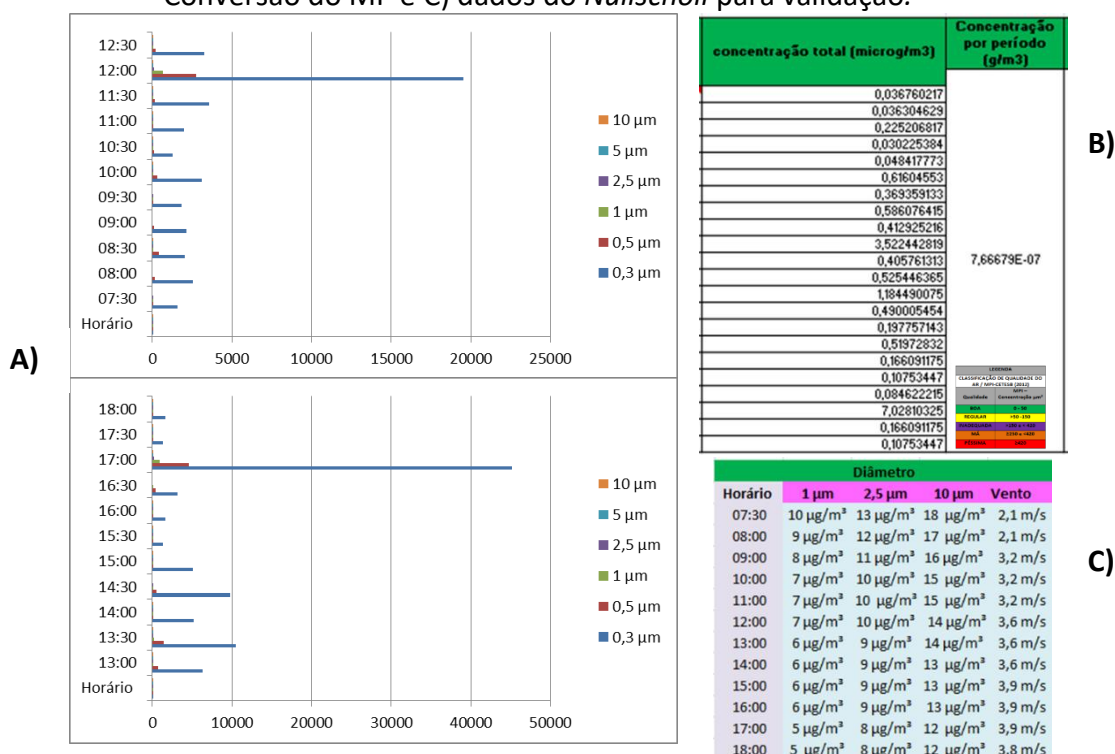
**Figura 4** – Condições meteorológicas A) temperatura, umidade e B) direção/ intensidade do vento.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

O resultado para a direção dos ventos (Figura 4.B) indica predominância a Nordeste (NE) e a Norte-Nordeste (NNE). Suas máximas velocidades atingem entre 2,10m/s a 3,60 m/s, o qual é classificado como vento leve à fraco. Assim, o percentual de ventos calmos foi de 12,50%. Após coleta do MP no terminal (Figura 4.B), percebe-se que a algumas concentrações deram-se durante a tarde, tanto em função dos elementos meteorológicos capazes de dispersar os poluentes, como do fluxo intenso de trânsito constante na BR-101, com alto número de carros, caminhões e ônibus.

**Figura 5** – O terminal da Macaxeira apresentou os seguintes dados: A) Coleta do MP no local, B) Conversão do MP e C) dados do *Nullscholl* para validação.



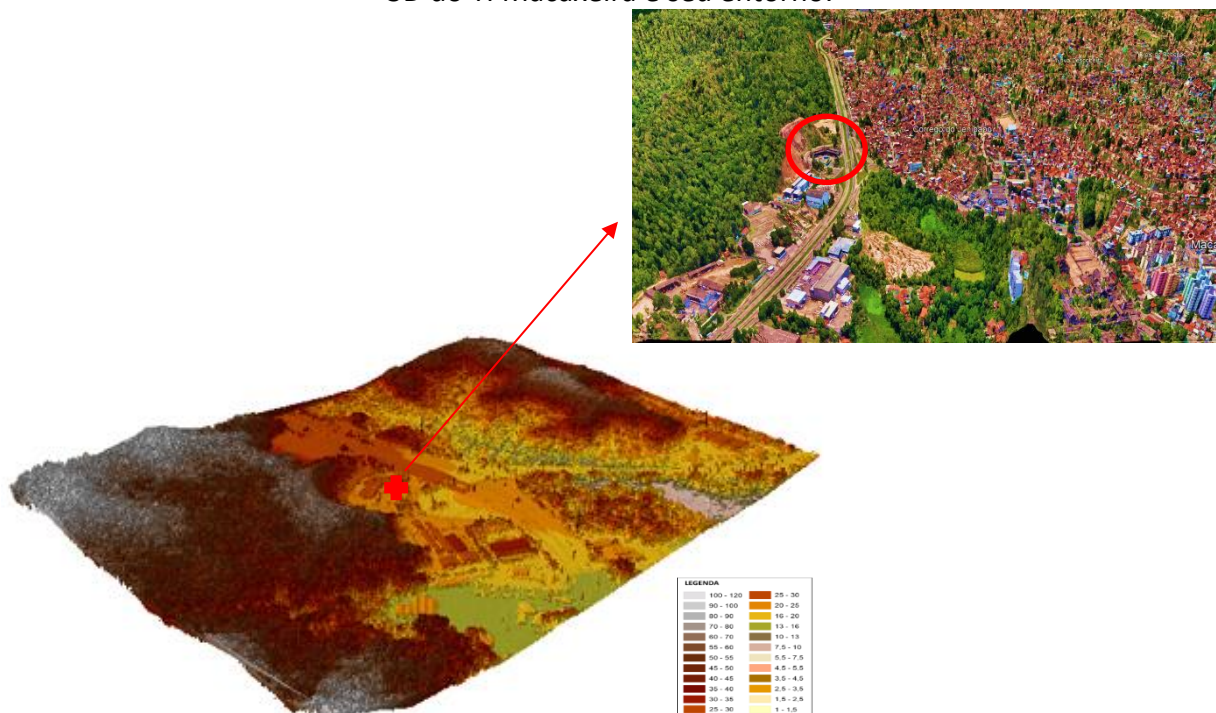
Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

A concentração de MP convertida (Figura 5.B) nesse dia é de **7,66 µg/m³** para todas as horas amostradas. Isso quer dizer que aplicando a tabela do índice de qualidade do CETESB com base na resolução do CONAMA, o local encontra-se em condição geral de qualidade do ar “Boa”. Tomando como parâmetro as concentrações por horário dos dados retirados do aplicativo *Nullscholl* (Figura 5.C) referente a Recife é possível perceber que no horário de pico da tarde às 17h e às 18h, as concentrações já convertidas pelo aplicativo são menores que nos outros horários e a intensidade do vento é alta com 3,9 m/s, mantendo uma constante no período da tarde tanto do MP, como da velocidade do vento. Assim, os dados do índice de qualidade do ar coincidem com as medições

obtidas no local por meio do equipamento mencionado, demonstrando uma condição geral considerada "Boa" em todos os momentos, o que valida os dados coletados.

Nesse terminal, classificado como TRA, há um grande fluxo de trânsito na BR-101, sendo este um local com uma topografia elevada, conforme mencionado na área de estudo, com morros e algumas barreiras artificiais que dificultam o escoamento do vento no entorno (Figura 6).

**Figura 6** – Modelo de elevação digital de superfície do TI Macaxeira e Imagens do *Google Earth* em 3D do TI Macaxeira e seu entorno.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

O local tem tendência a concentrar MP por causa do obstáculo natural do relevo ao lado do TI e no sentido contrário de elevação de relevo. A rugosidade verificada no local está representada por obstáculos naturais. A vegetação pode funcionar como obstáculo de ventilação natural, seja conduzindo o vento ou repulsando como barreira. Esse elemento contribui em redirecionar, bloquear ou desviar o fluxo do vento.

Durante todo o período do dia da coleta, o céu permaneceu firme e estável. É preciso considerar o atributo de vegetação que margeia o local. A vegetação está associada a alguns benefícios na urbanização como a regulação térmica e a diminuição da concentração de alguns tipos de poluentes atmosféricos agindo como filtro de material particulado e gases (AMATO-LOURENÇO, 2019). Podemos correlacionar os elementos de temperatura e umidade do dia com o acúmulo de

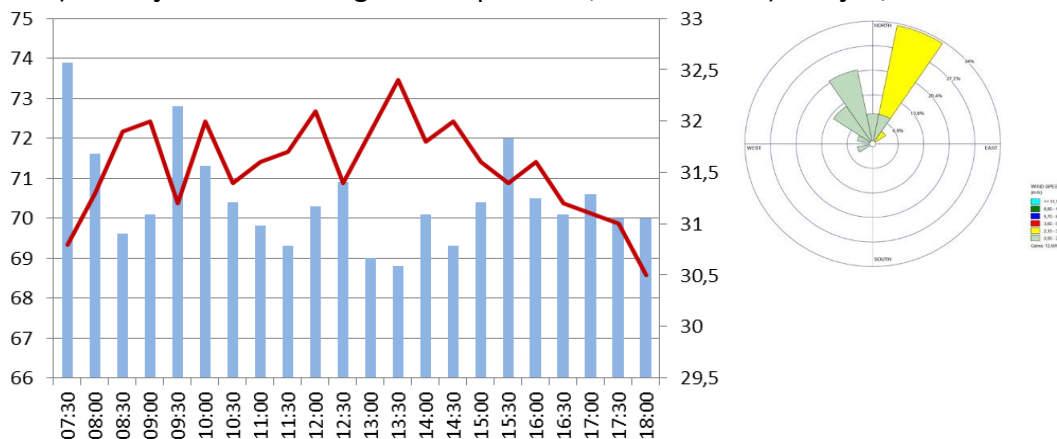
MP. Segundo Peixoto *et al.* (2020), o mecanismo estomático das plantas, que tem como função a abertura e fechamento dos poros pode ser afetado pelo estresse térmico. Dessa maneira, ao correlacionar os fatores externos aos dados coletados de temperatura e umidade do local, com médias, respectivamente, de 35,0°C e 64,0% UR, indica-se que o aumento de temperatura de 25-30°C favorece à abertura do estômato. Entretanto, acima dessa temperatura de 30-35°C causa um estresse térmico que não permite o processo de filtração do ar.

Para conservação da água, as plantas reduzem a fotossíntese, afetando o ambiente. A fim de não perderem totalmente a água, as árvores reagem fechando total ou parcialmente os estômatos. Em relação ao fator umidade, quanto mais baixa, mais rápida é a transpiração por causa do gradiente de potencial hídrico da folha ser maior. Ainda, se a transpiração superar a velocidade de absorção de água pelas raízes, ocorrerá um déficit hídrico, causas que impedem a abertura do estômato (ADLER; TANNER, 2015; DERISIO, 2017; PEIXOTO, 2020). Essas condições externas de temperatura e umidade foram mais afetadas pela vegetação, que contribuíram para o acúmulo de MP nesse dia no Terminal da Macaxeira, pois esses fatores vão interferir no fechamento dos poros sendo um local de acumulação de poluentes. É provável que o período seco da cidade interfira nos benefícios das áreas verdes em relação à poluição do ar.

No Terminal de Tancredo Neves, os resultados se contrapõem com as barreiras artificiais e naturais em que está inserido o TI. O terminal está localizado na Avenida Sul no bairro da Imbiribeira, e conta com 22 linhas, atendendo cerca de 34 mil passageiros diariamente, de acordo com os dados divulgados pelo Grande Recife Consórcio de Transportes Metropolitanos. Nas condições meteorológicas (Figura 7.A), a medição demonstra que a temperatura máxima do dia ocorreu às 13h30min, com 32,4°C, e a segunda máxima chegou a 32,0°C, às 10h, horários críticos de altas temperaturas e que geram desconforto térmico.



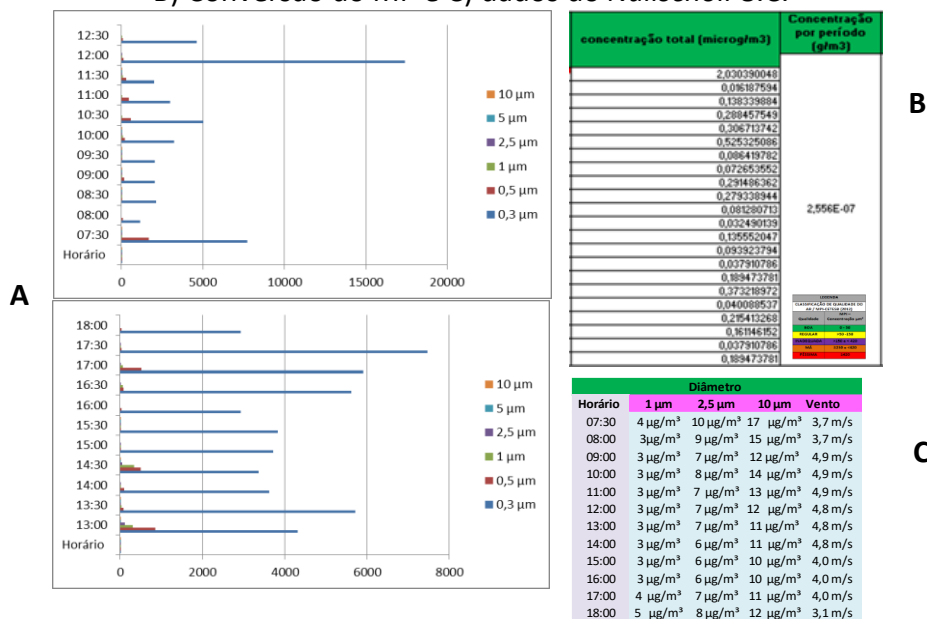
**Figura 7** – A) Condições meteorológicas temperatura, umidade e B) direção/intensidade do vento.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

A umidade relativa do ar varia entre máxima de 73,9% e mínima de 68,8% em horário respectivo, de 07h30min e 13h30min, condições que, porém, não são de alerta para a saúde. Segundo a OMS, o nível ideal para o organismo humano está entre 40% e 70%. O resultado para a predominância da direção dos ventos (Figura 7.B) indica predominação de Sul-Sudeste, com suas maiores velocidades atingindo entre 2,10m/s a 3,60 m/s, o qual é classificado como vento leve a fraco. Assim, o percentual de ventos calmos foi de 20,83%. Após a coleta do MP local (Figura 8.A) percebe-se que as concentrações são constantes nos dois turnos apresentando uma concentração maior no turno da tarde com picos intensos às 13h ,15h e 17h.

**Figura 8** – O terminal de Tancredo Neves apresentou os seguintes dados: A) Coleta do MP no local, B) Conversão do MP e C) dados do Nullscholl 8.C.

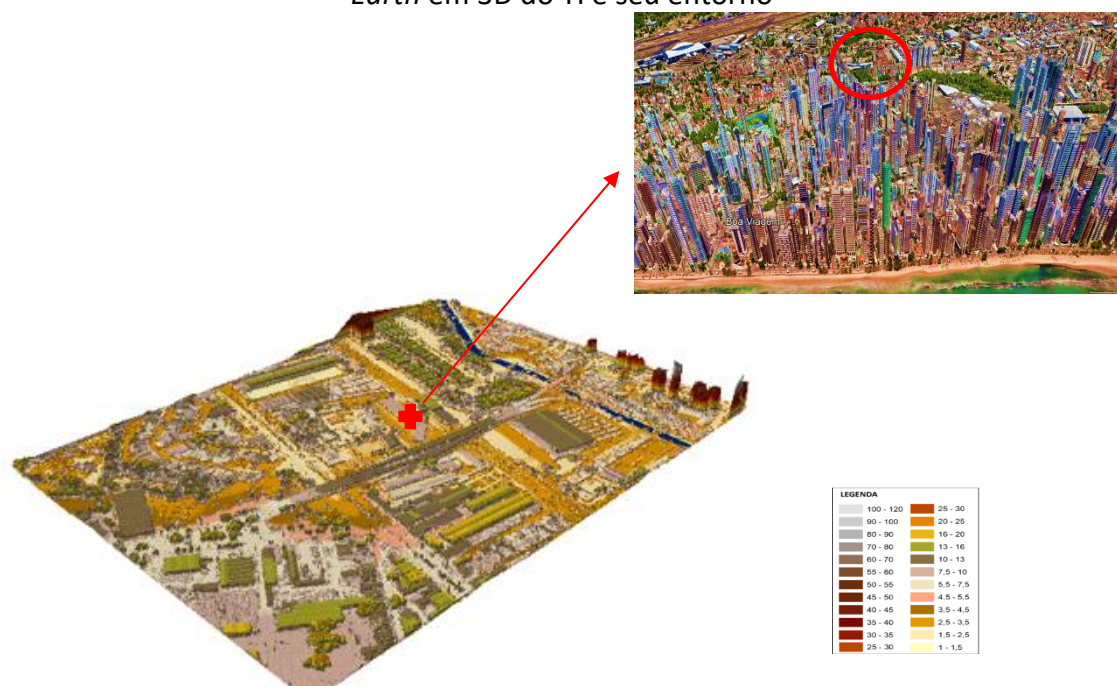


Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Na coleta observou-se que o vento estava com a intensidade fraca, o que atrapalha o levante do MP na contagem do aparelho. A concentração de MP convertida (Figura 8.B) como média para todas as horas amostradas do local nesse dia é de **2,55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , isso quer dizer que aplicando a tabela do índice de qualidade do CETESB com base na resolução do CONAMA o local encontra-se com condição geral de qualidade do ar “**Boa**”.

Analisando as concentrações por horário dos dados retirados do aplicativo *Nullscholl* referente a Recife, é possível perceber que o vento estava com uma intensidade maior no horário das 09:00h às 17:00h. As concentrações já convertidas pelo aplicativo são maiores nos horários de picos do Recife 07h30min, 08h e 18h. O vento manteve uma constante no período da tarde com a intensidade do vento em 4,0 a 4,8 m/s. Assim, os dados do índice de qualidade do ar coincidem com as medições obtidas no local por meio do equipamento mencionado, demonstrando uma condição geral considerada "Boa" em todos os momentos, o que valida os dados coletados. Esse local foi classificado como OCE, próximo ao mar. A topografia de planície facilita o transporte e difusões dos poluentes, não ficando aprisionados por obstáculos. Mesmo assim, a morfologia do local (Figura 9) possui obstáculos porosos, com disposição de habitações multifamiliares no entorno permitindo a acumulação de MP.

**Figura 9** – Modelo de elevação digital de superfície do TI Tancredo Neves e Imagens do *Google Earth* em 3D do TI e seu entorno



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

As observações do dia da coleta apresentam características próprias do TI. Os ônibus circulam constantemente e, em razão dos percursos curtos de algumas linhas, o intervalo é pequeno, de 10 a 30 minutos, o que não promove aglomeração de passageiros ao longo do dia. É importante ressaltar que a temperatura e a umidade, respectivamente, ficaram entre 32,0°C e 73%, e os resultados do MP ocasionaram uma baixa concentração no terminal e no entorno do bairro. A interação das brisas marítimas com o vento nesse dia não provocou acúmulo de MP.

O atributo vento para esse local é favorável no que diz respeito a intensidade e continuidade do MP. A depender da mudança de direção do vento, o acúmulo e o levante do MP podem ser maiores. Esse terminal tem características nas suas adjacentes de acúmulo, devido às habitações multifamiliares e lojas de volume edificado de grande porte, como Atacadão dos presentes, Atacadão de Boa viagem, entre outras. Ressalta-se a interação das brisas marítimas com os ventos em regiões litorâneas do Brasil, conforme Cândido (2006). Na cidade do Recife, no período da tarde, a velocidade dos ventos é maior do que à noite, pois os ventos alísios de sudeste coincidem com as brisas marítimas, é possível comprovar a partir da análise em escala meso (Recife) do aplicativo *Nullscholl*. Esse TI é favorável a ser um dispersor, mas por questões de variantes como a direção do vento ou intensidade pode ocorrer de existir concentração de MP. A temperatura e a umidade não foram tão atuantes no processo de MP.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A RMR, sobretudo Recife, não contém programas de controle de poluentes, não existindo equipamentos nem estações de monitoramento do ar, o que agrava uma análise maior pelo setor público para cenários futuros que possam prejudicar a saúde da população. O estudo mostra que as variáveis climáticas interferem na presença do MP e existe a necessidade de análises mais elaboradas por um período maior entre a dinâmica dos poluentes com a morfologia urbana. Os resultados de monitoramento do indicador de qualidade do ar do MP, apontam que os dois terminais estão no padrão permitido pela legislação federal, pois os cálculos de média na concentração final não ultrapassaram o valor de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  instituído pelo CONAMA 491/18. Não é possível, contudo, rejeitar que possam ocorrer episódios de atenção ou alerta durante o ano. Ainda assim, ao realizar comparações com as duas coletas, houve alguns resultados significativos. Em decorrência de influências das variáveis climáticas, o Terminal da Macaxeira apresentou valor maior que o outro ponto devido à temperatura, à umidade e à vegetação, contribuindo para aquisição de

uma nova variável para essa temática, que, às vezes, pode não ser benéfica, destacando-se que sua localização mais interna do Recife e próximo de morros não permite o escoamento total do vento, tornando-se uma zona de concentração de poluentes. O Terminal de Tancredo Neves apresentou registro menores devido a maior interação com a velocidade do vento, por ser próximo ao Oceano Atlântico, além da dinâmica de temperatura e umidade do ar, que determinam a não permanência de MP no local, sendo, portanto, uma zona de dispersão.

As informações geradas podem trazer resultados que possam vir a auxiliar no planejamento ambiental, saúde pública, órgãos ambientais, transportes, entre outros. Nos terminais, pode contribuir para definir estratégias de intervenção voltadas às adequações, adaptações e mitigações em infraestruturas construídas frente à poluição do ar, e, também, para apoiar estudos voltados à saúde das pessoas que residem nas proximidades ou frequentam regularmente esses ambientes.

## 6. REFERÊNCIAS

ADLER, F. R.; TANNER, C. J. **Ecosistemas urbanos: princípios ecológicos para o ambiente construído**; tradução Maria Beatriz de Medina. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

ALBUQUERQUE, M. H. **Determinação da concentração de metais no material particulado (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>) do ar atmosférico em uma área urbana da cidade do Natal-RN**. 2013. Dissertação. (Mestrado em química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2013.

ALVES, K. M. da S.; ALVES, A. E. L.; SILVA, F. M. da. **POLUIÇÃO DO AR E SAÚDE NOS PRINCIPAIS CENTROS COMERCIAIS DA CIDADE DE NATAL/RN**. *HOLOS*, [S. l.], v. 4, p. 81–95, 2010.

AMARANTE, O. A. C.; BROWER, M.; ZACK, J.; SÁ, A.L. **Atlas do potencial eólico brasileiro**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=livro&cid=1.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2021

AMATO-LOURENÇO, L. F.; MOREIRA, T.C.L.; ARANTES, B.L; FILHO, D.F.S. **Metrópoles, cobertura vegetal, áreas verdes e saúde**. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.12, n.03 (2019) 913-929. *Estudos Avançados* [online] 30, 113-130. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142016.00100008>. Acesso: 11 março. 2020

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

CÂNDIDO, C. M. **Ventilação natural e códigos de obras: uma análise das tipologias de aberturas nos edifícios de escritórios em Maceió-AL**. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Alagoas, 2006.

CASTELHANO, F. J. ; **O Clima e as Cidades**. 1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2020. v. 1. 260p .  
CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo**. Relatório técnico. São Paulo: Secretária do meio ambiente, 2009.

CHIQUETTO, J. B. **A distribuição espacial da concentração de ozônio troposférico associada ao uso do solo na região metropolitana de São Paulo**. 2016. Tese (doutorado em geografia física), Universidade de São Paulo, 2016.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº3, de 28 de junho de 1990. DOU p.15937-15939, 22 ag. 1990.

CORRÊA, A. C. B. Contribuição À Análise Do Recife Como Um Geossistema Urbano. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE DCG/NAPA, v. 23, n. 3, jul/dez. 2006.

DENATRAN. **Sistema de registro Nacional de Veículos Automotores RENAVAL / DETRAN**. 2015. Disponível em: [www.denatran.gov.br/](http://www.denatran.gov.br/) Acessado em: março de 2018.

DERISIO, J. C. Introdução ao controle de poluição ambiental/ JOSE CARLOS DERISIO, --5.ed.atual. e ampl -- São Paulo: oficina de textos,2017.

DUARTE, E. S. F. **Análise e caracterização do material particulado atmosférico fino em uma região metropolitana de Natal- RN**. 2016. Dissertação. (Mestrado em ciências climáticas), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016.

GONÇALVES, J.C; BODE, K. (Orgs.) **Edifício ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

GRANDE RECIFE (2018) Grande Recife Consórcio de Transporte. Disponível em: <http://www.granderecife.pe.gov.br/web/grande-recife/sistema-estrutural-integrado>. Acesso em: 08/05/2018.

GUERRA, F. P.; MIRANDA, R. M. **Influência da meteorologia na concentração do poluente atmosférico PM<sub>2,5</sub> na RMRJ e na RMSP**. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, II, 2011. Anais. Londrina – PR, 2011. 10 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Sistema IBGE de Recuperação Eletrônica (SIDRA). 2010. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 06 out. 2017 >. Acesso em: 25 set. 2017.

MELO M. L. **Paisagens do Nordeste em Pernambuco e Paraíba**. 2. ed. revista-Recife:Cepe,2012.

MENDES, T. G. L Avaliação Da Qualidade Do Ar Nos Terminais Integrados De Ônibus Da Cidade De Recife E Seu Ar Circundante Nas Áreas Urbanas Anais, Paraíba. 2021. Disponível em: <https://www.xivsbcg.com/anais>. Acesso em: 10 jan. 2023

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo, n. 25, 1976. (Série, Teses e Monografias).

OLIVEIRA, M. L.M.; LOPES, M. H.P. S; Policarpo, N. A.; ALVES, C.M.AGUIAR.C.; ARAÚJO, R.S.; CAVALCANTE, F.S.A. Avaliação de emissões do ar em áreas de atividade urbana da cidade de Fortaleza. urbana. **Revista Brasileira de Gestão Urbana** [on-line]. 2019.

OYAMA, B. S. **Identificação de fontes de partículas finas na atmosfera urbana de São Paulo.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – Universidade de São Paulo, 2010.

PEIXOTO, C. P.; ALMEIDA, A.T; SANTOS, J.M.S; POELKING, V.G.C; OLIVEIRA, E.R; **Curso de Fisiologia vegetal.** Cruz das Almas, BA: UFRB, 2020. 218p.

Prefeitura do Recife. Site oficial Caracterização do território. Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/pagina/caracterizacao-do-territorio>. Acesso: abril de 2019.

SANTOS, A. M. A. **O tamanho das partículas de poeira suspensas no ar dos ambientes de trabalho.** Ministério do Trabalho e Emprego. 2001. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Metalúrgica) Universidade Federal de Minas Gerais, 2001.

SANTOS, V. P. **A qualidade do ar de Dourados (MS): Uma contribuição aos estudos de clima urbano com foco no canal físico-químico.** 2014. Dissertação. (Mestrado em geografia), Universidade Federal de Grande Dourados, 2014.

SEABRA, S. S. F. **Terminais de integração para transporte público humanizado: estudo ergonômico nos terminais do Grande Recife /.** Sadi da Silva Seabra Filho – Recife: O Autor, 2015.

SOUSA, J. P. **Influência da forma urbana na ventilação natural: um estudo de caso no cais José Estelita, Recife.** 2016. Dissertação. (Mestrado em desenvolvimento urbano), Universidade Federal de Pernambuco, 2014.

TEIXEIRA, E.C.; FELTES, S.; SANTANA, E.R.R. **Estudo das Emissões de Fontes Móveis na Região Metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, RS, Brasil. Quim. Nova 31, 244-248, 2008.

VASCONCELLOS, E. A. **Transporte e meio ambiente: conceitos e informações para análise de impactos.** São Paulo: Ed do autor, 2006.

VIEIRA, N. R. **Poluição do Ar - Indicadores Ambientais.** Editora E-papers Serviços Editoriais Ltda. 220p. 2009. I.S.B.N.: 9788576502159.

YNOUE, R. Y.; ANDRADE, M. F. Size-Resolved Mass Balance of Aerosol Particles over the São Paulo Metropolitan Area of Brazil. **Aerosol Science and Technology**.v. 38, p. 52-62, 2004.

YNOUE, R. Y.; REBOITA M. S.; AMBRIZZI, T.; SILVA, A.M. **Meteorologia: noções básicas.** São Paulo: Oficina de textos, 184p. 2017.

*Artigo recebido em: 28/02/2023.  
Aceito para publicação em: 31/01/2024.*