

ÁREA TEMÁTICA: QUALIDADE DO AR

INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DA CIDADE DE NATAL-RN NA DISPERSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Thiago Santos de Almeida Lopes – thiagosantos_al@outlook.com

Universidade Federal da Paraíba

Adriano Oliveira da Silva – adriano_able@hotmail.com

Universidade Estadual da Paraíba

Camila Bonfim Miranda – camilabonfimm@gmail.com

Universidade Estadual da Paraíba

Isabella Vieira Santos – isabellaa.santos@hotmail.com

Universidade Estadual da Paraíba

Narcísio Cabral de Araújo – narcisioaraujo@gmail.com

Universidade Estadual da Paraíba

1. RESUMO

A problemática da poluição atmosférica urbana tem se tornado um dos principais fatores de degradação da qualidade de vida da população. O monitoramento da qualidade do ar é essencial para o diagnóstico das condições da atmosfera, pois visa à aplicação de medidas de controle para fontes emissoras de poluentes, a criação de tecnologias de contenção da poluição, a execução de políticas públicas e a manutenção da saúde da população. Entre as variáveis que influenciam no transporte e difusão dos poluentes podem-se citar as condições meteorológicas, onde a ocorrência de ventos e precipitações pode interferir no tempo de permanência dos poluentes na atmosfera. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de parâmetros meteorológicos como velocidade dos ventos, temperatura, pressão e umidade relativa do ar, sobre a dispersão de poluentes atmosféricos na cidade de Natal-RN, no período de 01 a 30 de abril de 2016. Constatou-se que o comportamento dos ventos e as elevadas temperaturas favoreceriam a dispersão de poluentes atmosféricos, caso ocorresse um episódio de poluição do ar durante o período estudado. Já as condições de pressão indicaram que a atmosfera da cidade é neutra, o que permitiria a dispersão dos poluentes atmosféricos sem favorecer ou dificultar o processo. Por fim, observou-se que a umidade relativa do ar apresentou valores satisfatórios (acima de 60%), o que, em casos de elevadas concentrações de poluentes na atmosfera, não contribuiria para o agravamento de doenças respiratórias.

Palavras-chave: Poluição do ar, Parâmetros meteorológicos, Dispersão de poluentes.

2. OBJETIVO

A poluição atmosférica consiste numa mistura complexa de diferentes compostos químicos, material biológico ou até mesmo energia sob a forma de partículas sólidas (numa diversa gama de dimensões), aerossóis e gases, em níveis anormais, emitidos por uma ampla variedade de fontes antropogênicas e naturais, suscetíveis de causar alteração das características físicas, químicas e biológicas normais da atmosfera, causando impactos a níveis ambientais ou na saúde (LEITE, 2016).

Nos grandes centros urbanos e industriais são comuns os dias em que a poluição do ar atinge níveis críticos, provocada pelo lançamento de gases na atmosfera oriundas

dos escapamentos dos veículos, chaminés de fábricas, queimadas, entre outras atividades que contribuem para o lançamento de substâncias na atmosfera, alterando a qualidade do ar e prejudicando a saúde humana e o meio ambiente. Estas emissões geram problemas ambientais como a degradação de florestas e da camada de ozônio, agravamento do efeito estufa e ocorrência de chuvas ácidas. Atualmente, a poluição do ar é um dos maiores problemas que afeta a saúde pública, causando problemas aos seres humanos, animais e plantas (KOYAMA et al., 2015).

A poluição do ar ocasionada por fontes veiculares e industriais ao redor do mundo, de um modo geral, foi significativamente reduzida em sua importância devido às ações de mitigação de emissões adotadas pelos órgãos ambientais e pelas indústrias. Contudo, as emissões de poluentes oriundas de fontes móveis, especificamente de veículos automotores terrestres, têm crescido ao longo das últimas décadas em todos os países. Tal fato é fruto, sobretudo, do crescimento populacional e, também, de políticas que incentivam o uso e a aquisição de veículos automotores individuais na contramão das adoções de tecnologias que visam à redução das emissões de poluentes oriundos da queima dos combustíveis fósseis. Nos grandes centros urbanos as fontes móveis são as principais responsáveis da degradação do ar (MARTINS et al., 2015).

Define-se poluente atmosférico qualquer substância presente no ar que pela sua concentração possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança. Distingue-se de outros tipos de poluição porque uma vez emitido para atmosfera ocorre um processo irreversível deste poluente (RAMOS, 2015).

Entre os principais poluentes atmosféricos, destaca-se o material particulado (MP). O mesmo pode ser classificado, de acordo com seu diâmetro, em partículas grossas, finas e ultrafinas, podendo causar danos às vias aéreas inferiores e alvéolos quando inaladas. O termo material particulado refere-se a uma complexa mistura de pequenas partículas sólidas ou líquidas em suspensão no ar, de origem natural ou antrópica. Dentre as formas de emissão, destacam-se a dispersão mecânica do solo, esporos, combustão emitida pelas termelétricas e automóveis. Sua dispersão dá-se pelo vento e pode alcançar longas distâncias até sedimentar no solo ou na água (DA SILVA, 2016).

Atualmente, no Brasil, a poluição do ar por MP mata mais do que a Aids e o trânsito juntos, apenas na cidade de São Paulo. Nesta cidade brasileira, as doenças provocadas pela poluição do ar causam cerca de 9 mortes por dia e custo anual em torno de US\$ 1,5 bilhão para tratar as doenças provocadas por essa poluição (PEREIRA et al., 2015).

O monitoramento da qualidade do ar é necessário para o diagnóstico das condições da atmosfera, a aplicação de medidas de controle das fontes emissoras, criação de tecnologias de contenção da poluição, indicar a execução de políticas públicas e para a manutenção da saúde da população. A análise desses dados é obtida em estações e são fundamentais para verificar se há associação ou não com as doenças respiratórias na população em torno, justificando o investimento e a localização das mesmas (OLIVEIRA et al., 2015).

O estudo da qualidade do ar pode contribuir para definir estratégias de engenharia ambiental para adequações, adaptações e mitigações em infraestruturas construídas frente à poluição do ar localizada, e, também, para apoiar estudos epidemiológicos voltados para a saúde da população. No entanto, a maioria das cidades brasileiras não apresenta redes de monitoramento da qualidade do ar e, quando existem redes de monitoramento, estas se apresentam localizadas somente em algumas capitais do Estado (MELO et al., 2015).

Ao se conduzir uma avaliação da dispersão de poluentes atmosféricos, deve-se analisar que tal processo depende principalmente do relevo da região escolhida, do tipo de morfologia do terreno, das fontes emissoras e das condições meteorológicas (MARTINS et al., 2015).

O efeito de parâmetros meteorológicos (temperatura, umidade relativa, radiação solar, pressão, velocidade do vento, direção do vento e precipitação) e suas relações com ambientes externo e interno, são discutidos na temática da qualidade do ar através dos seus impactos nas concentrações do MP. As ocorrências de estagnação, de recirculação e ventilação natural são os efeitos que mais impactam nos valores das concentrações desse poluente na baixa atmosfera. As concentrações máximas de MP são observadas nas condições atmosféricas estagnadas (PEREIRA et al., 2015).

O regime dos ventos e a ocorrência de chuvas são alguns fatores climáticos locais que podem interferir no tempo de permanência dos poluentes na atmosfera. Em relação aos parâmetros climáticos analisados, a precipitação mostra-se como um fenômeno responsável por limpar a atmosfera e diminuir a concentração dos poluentes. Já em relação ao vento, percebe-se que o mesmo tem a capacidade de dispersar os poluentes, diminuindo assim, a sua concentração em determinadas localidades de uma cidade (DA SILVA, 2016).

Os processos de remoção das partículas suspensas na atmosfera ocorrem basicamente por deposição seca e úmida. A deposição seca ocorre devido à ação da gravidade sobre as partículas, sendo mais eficiente na fração grossa e influenciada pela ação dos ventos. A deposição úmida ocorre por remoção de partículas dentro e abaixo das nuvens, normalmente devido à precipitação. Assim, a dinâmica dos poluentes é diretamente ligada a esses parâmetros e uma avaliação mais completa do fenômeno estudado, possibilita inferir tendências futuras ao mesmo, bem como o desenvolvimento de medidas para o monitoramento e controle desses poluentes.

A qualidade do ar nos centros urbanos também pode ser afetada com a variação da temperatura, no fenômeno chamado ilha urbana de calor. Esse fenômeno é uma anomalia térmica cuja temperatura de superfície do ar urbano varia em pequena escala geográfica por causa de parâmetros físicos ambientais, como excesso de área concretada, muitos trechos de pavimento asfáltico, material de construção que absorve calor, falta de áreas verdes, dificuldade de ventilação por causa do grande número de prédios altos e próximos uns dos outros que formam cânions (PEREIRA et al., 2015).

Na cinética das reações químicas da atmosfera, as substâncias que formam uma mistura gasosa têm as velocidades das suas reações influenciadas por diversos parâmetros físicos ambientais, como concentração das substâncias, temperatura do ar do entorno, natureza dos reagentes e tipos das superfícies de contatos com essa massa de ar. Tais fenômenos se relacionam com as variações na intensidade e na direção dos ventos, com a incidência da radiação solar e demais questões sinóticas atmosféricas (PEREIRA et al., 2015).

Sabendo-se que as variáveis meteorológicas têm papel importante sob a qualidade do ar, este trabalho teve como objetivo analisar o comportamento dos ventos,

temperatura, pressão e umidade relativa do ar da cidade de Natal-RN, durante o período de 01 a 30 de abril de 2016, bem como suas influências sobre a dispersão dos poluentes em caso de poluição atmosférica.

3. METODOLOGIA

O estudo foi realizado analisando-se os parâmetros meteorológicos da cidade de Natal, localizada no estado do Rio Grande do Norte/Brasil (Figura 01), com geocentro demarcado pela latitude de $05^{\circ}47'42''$ Sul e longitude de $35^{\circ}12'32''$ Oeste. Segundo a classificação climática de *Köppen*, o clima é do tipo AS, caracterizado como sub-úmido. Esta característica está associada ao aspecto de maritimidade com altos valores de umidade do ar, acima de 80%, temperaturas médias anuais acima de $26,0^{\circ}\text{C}$ e velocidade média dos ventos com 4,4 m/s (SILVEIRA, 2016).

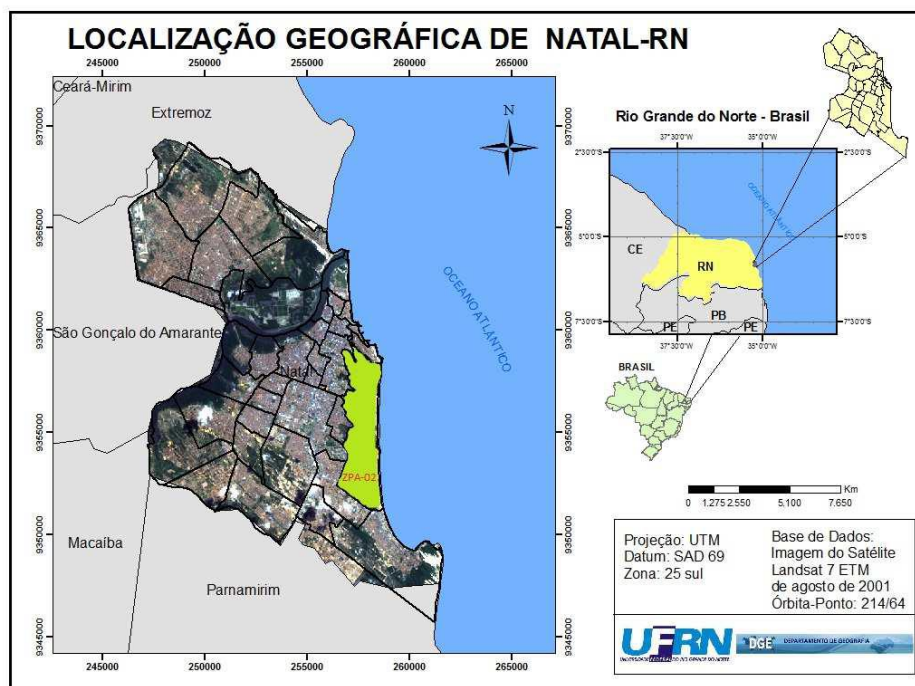


Figura 1 – Informações sobre a cidade de Natal-RN. Fonte: SILVEIRA, 2016.

Os parâmetros analisados foram: umidade do ar, temperatura, ponto de orvalho, pressão e comportamento do vento. Os dados foram coletados, diariamente às 17h, de 01 a 30 de abril de 2016, no portal do *The Weather Channel*.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta as temperaturas da cidade de Natal no período de 01 a 30 de abril de 2016, medidas às 17h, onde a temperatura mais baixa (25°C) ocorreu nos dias 26 e 29 e a mais alta (35°C) ocorreu no dia 02. A temperatura média no período foi de $31,37 \pm 2,28$ °C.

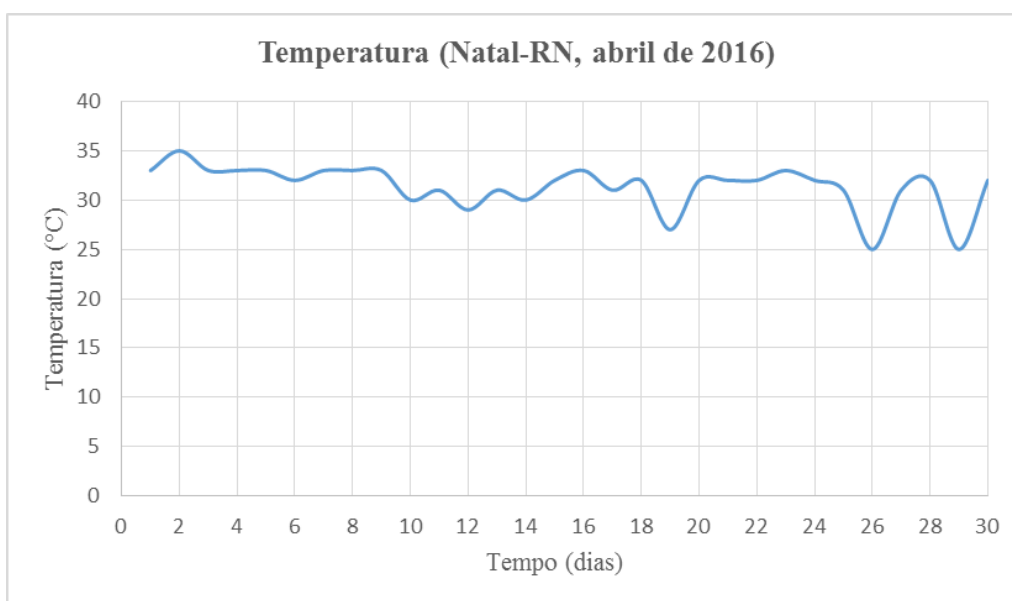


Figura 2 – Variações de temperatura na cidade de Natal-RN durante abril de 2016.

A temperatura do ar constitui um parâmetro de interesse para o estudo da dispersão de poluentes. Temperaturas mais elevadas conduzem à formação de movimentos verticais ascendentes mais pronunciados (convecção), gerando um eficiente arrastamento dos poluentes localizados dos níveis mais baixos para os níveis mais elevados. Nesse sentido, caso ocorresse um episódio de poluição atmosférica na cidade de Natal-RN durante o período estudado, as elevadas temperaturas favoreceriam a dispersão vertical ascendente dos poluentes.

A Figura 3 apresenta o comportamento dos ventos na cidade de Natal durante abril de 2016, com medições às 17h, onde se observou a velocidade mínima dos ventos de 3,1 m/s, ocorrida no dia 26, e a máxima de 9,72 m/s, ocorrida nos dias 15, 20 e 21.

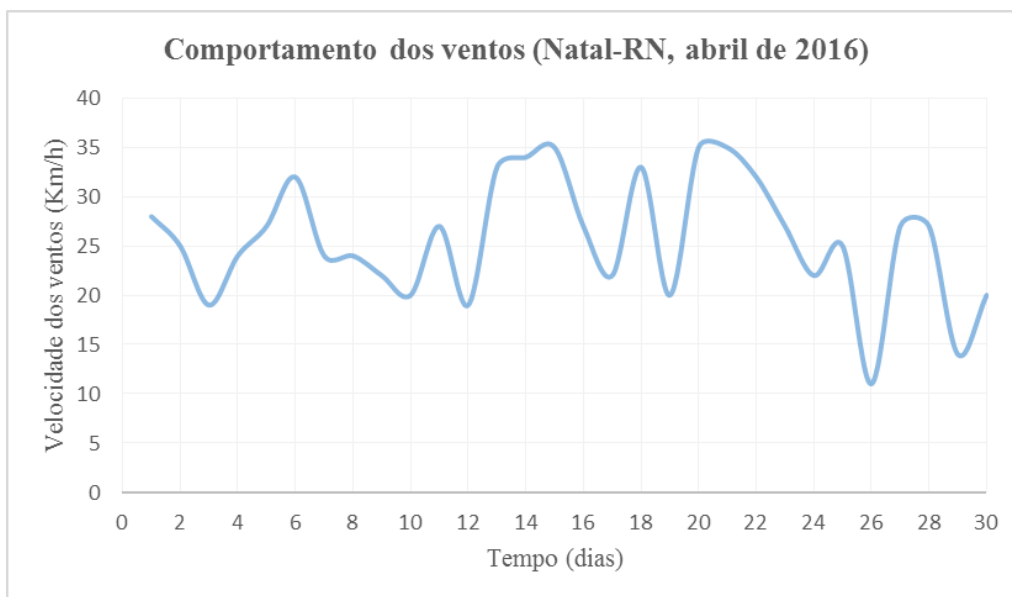


Figura 3 – Comportamento dos ventos na cidade de Natal-RN durante abril de 2016.

A velocidade média dos ventos no período em estudo foi de $7,13 \pm 1,73$ m/s, onde os ventos, de acordo com a Escala de Beaufort (Tabela 1), foram classificados como moderados. Nesse sentido pode-se afirmar que na cidade de Natal, durante o período estudado, o vento exerceria moderada influência na dispersão dos poluentes, caso ocorresse um episódio de poluição atmosférica.

Tabela 1 – Escala de Beaufort de força de vento

Escala	Velocidade Média (M.S ⁻¹)	Velocidades Limites (M.S ⁻¹)	Classificação
00	00	< 1	Calmaria
01	01	01-02	Bafagem
02	03	02-04	Aragem
03	05	04-06	Fraco
04	07	06-09	Moderado
05	10	09-11	Fresco
06	12	11-14	Muito Fresco
07	15	14-17	Forte
08	19	17-21	Muito Forte
09	23	21-25	Duro
10	27	25-29	Muito Duro
11	31	29-33	Tempestuoso
12	-	> 33	Furacão

O comportamento da pressão atmosférica na cidade de Natal durante o período estudado encontra-se na Figura 4, onde não houve variação significativa, implicando numa atmosfera neutra, típica de cidades litorâneas, que não contribui nem prejudica a dispersão de poluentes no ar.

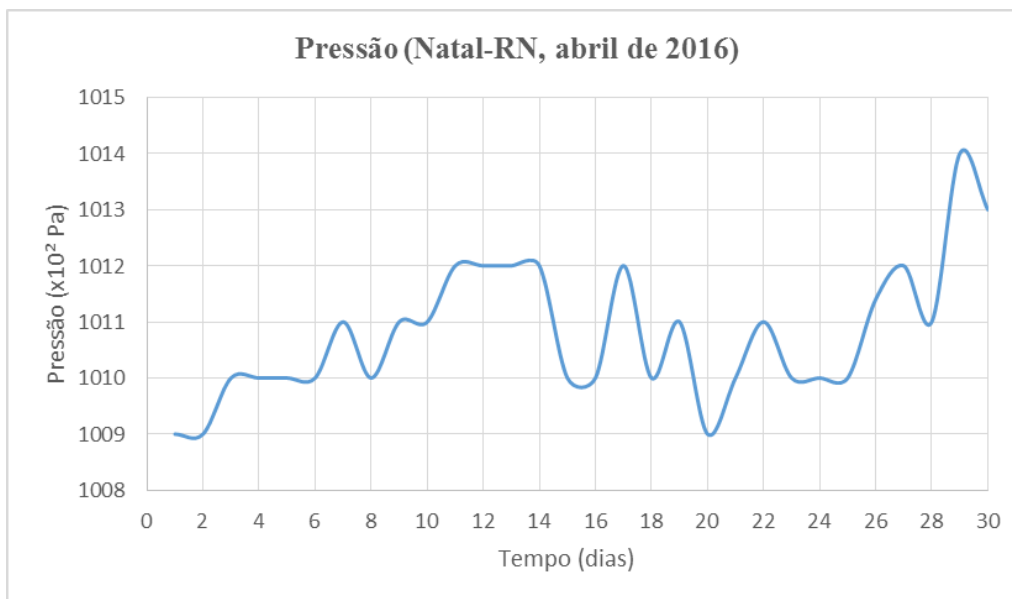


Figura 4 – Variação de pressão na cidade de Natal-RN durante abril de 2016.

A Figura 5 apresenta a variação da umidade do ar no período estudado, onde seu valor mínimo foi de 60% e ocorreu nos dias 01, 03, 08 e 28. O valor máximo de umidade do ar foi de 90% e ocorreu nos dias 10, 19, 26 e 29.

A ocorrência de baixa umidade do ar e elevadas concentrações de poluentes pode agravar doenças e quadros clínicos da população. É comum ocorrerem complicações respiratórias devido ao ressecamento das mucosas, provocando sangramento pelo nariz, ressecamento da pele e irritação dos olhos. Caso ocorra um episódio de poluição atmosférica na cidade de Natal, no período estudado, a umidade do ar não contribuirá para o agravamento dessas doenças, visto que o menor valor obtido (60%) está dentro da média mundial, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) e não oferece riscos à saúde humana.

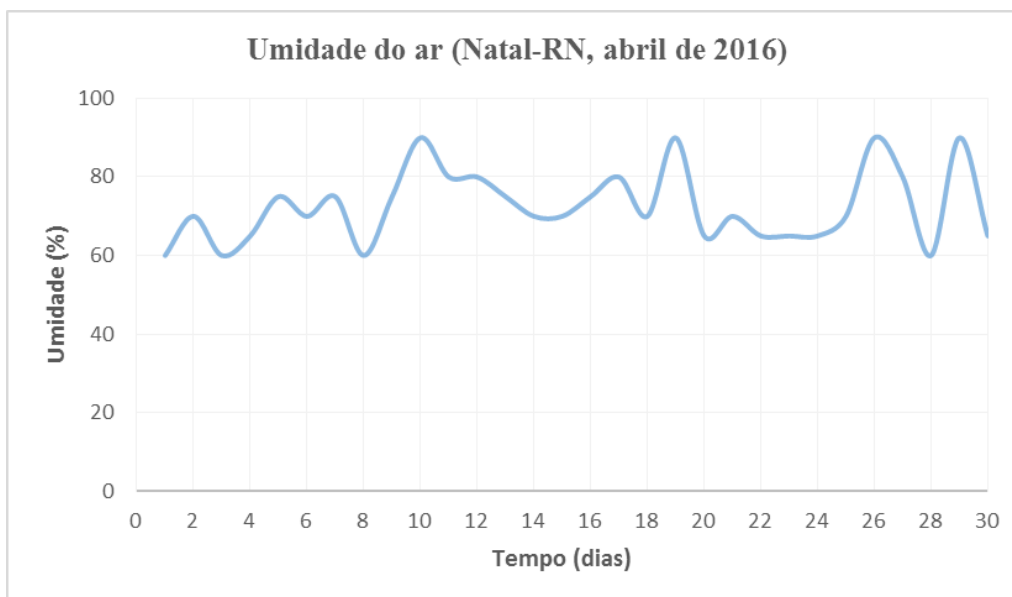


Figura 5 – Variação da umidade do ar na cidade de Natal-RN durante abril de 2016.

5. CONCLUSÕES

Analisando-se a influência dos parâmetros meteorológicos sobre a dispersão de poluentes atmosféricos na cidade de Natal-RN, no período de 01 a 30 de abril de 2016, pôde-se concluir que:

- As elevadas temperaturas favoreceriam a dispersão vertical ascendente de poluentes, na ocorrência de poluição atmosférica;
- Os ventos apresentaram velocidade moderada, de acordo com a Escala de Beaufort, e dessa forma contribuiriam para o arraste de poluentes em caso de poluição atmosférica, promovendo sua dispersão;
- Com relação à pressão, a atmosfera foi considerada neutra, o que permitiria a dispersão dos poluentes atmosféricos, sem favorecer ou dificultar o processo;
- A umidade do ar alcançou o valor mínimo de 60%, o que evitaria o agravamento de doenças respiratórias devido à baixa umidade e elevadas concentrações de poluentes atmosféricos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DA SILVA, Ícaro Breno et al. Uso da Geoestatística na Avaliação da Distribuição de Material Particulado Respirável na Cidade de Fortaleza, Ceará (Use of Geostatistics in the Assessment of Respirable Particulate Matter Distribution in the City of Fortaleza, Ceará). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 2, p. 334-345, 2016.

KOYAMA, Joao Karlos; DE ARAÚJO, José Hilton Bernardino; SILVA, Renan Freitas. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NO MUNICÍPIO DE CASCAVEL-PR POR ANALISADOR PORTÁTIL DE GASES. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades/National Journal of Cities Management**, v. 3, n. 16, 2015.

LEITE, João Miguel Barrote Lopes. **Aplicabilidade de sensores de baixo custo a redes de monitorização da qualidade do ar**. 2016. Tese de Doutorado.

MARTINS, Eduardo Monteiro; FORTES, Julio Domingos Nunes; DE ARAÚJO LESSA, Ricardo. MODELAGEM DE DISPERSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS: AVALIAÇÃO DE MODELOS DE DISPERSÃO DE POLUENTES EMITIDOS POR VEÍCULOS. **Revista Internacional de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 2-19, 2015.

MELO, J. R.; LIMA, E. P.; GIMENES, M. L. SIMULAÇÃO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DO PROCESSO KRAFT DE PRODUÇÃO DE CELULOSE NA QUALIDADE DO AR. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 12432-12439, 2015.

OLIVEIRA, Priscila Catharine Soares de; SANTOS, Gesiany Bispo dos; ALVES, Fabiana. MONITORAMENTO DE MATERIAL PARTICULADO EM UM CENTRO UNIVERSITÁRIO DA REGIÃO CENTRO-SUL DE BH, MG DOI: [http://dx. doi. org/10.15601/2359-5302/ptr.v1n1p88-100](http://dx.doi.org/10.15601/2359-5302/ptr.v1n1p88-100). **Revista Petra**, v. 1, n. 1, 2015.

PEREIRA, Jose Luiz Gatto; FORTES, Julio Domingos Nunes; MARTINS, Eduardo Monteiro. POLUIÇÃO DO AR POR MATERIAL PARTICULADO EM ÁREA INTRAURBANA NO RIO DE JANEIRO: ALGUNS ASPECTOS METODOLÓGICOS (doi: 10.5216/reec.V10i3.32901). **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 10, n. 3, 2015.

RAMOS, A. P. et al. O Uso da Modelagem para Predizer a Dispersão de Nuvens Poluentes na Atmosfera. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 9006-9012, 2015.

SILVEIRA ADALFRAN, Herbert de Melo et al. DINÂMICA ESPECTRAL-TEMPORAL NOS CAMPOS DE UMIDADE, TEMPERATURA E VEGETAÇÃO NA CIDADE DE NATAL/RN POR GEOPROCESSAMENTO. **REVISTA GEONORTE**, v. 3, n. 5, p. 1421-1432, 2016.