

X-003 - ANÁLISE DE CORRELAÇÃO CANÔNICA NA INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NA CONCENTRAÇÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Danilo Covaes Nogarotto⁽¹⁾

Graduado e Mestre em Estatística pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Doutor em Tecnologia (Área de Concentração: Ambiente) pela Unicamp.

Marla Rubia Garcia de Lima⁽²⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Simone Andrea Pozza⁽³⁾

Graduada em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Mestre e Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Professora Doutora na Faculdade de Tecnologia (FT) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Endereço⁽³⁾: Rua Paschoal Marmo, 1888 – Jd. Nova Itália – Limeira - SP - CEP: 13484-332 - Brasil - Tel: (19) 2113-3407 - e-mail: simone.pozza@ft.unicamp.br

RESUMO

Os fatores meteorológicos estão diretamente vinculados aos níveis de poluição do ar, pois impactam diretamente no comportamento e na concentração dos poluentes na atmosfera. Dois grupos de variáveis, os parâmetros meteorológicos e os poluentes atmosféricos, foram estudados neste trabalho, sendo respectivamente: temperatura, umidade relativa do ar, radiação ultravioleta e velocidade do vento; e material particulado inalável (MP10 e MP2,5), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de enxofre (SO₂) e ozônio (O₃). As cidades escolhidas para a análise dos resultados foram Santos (litoral) e Araraquara (interior), ambas no Estado de São Paulo, com dados dos anos de 2012 a 2015. O método estatístico utilizado foi a Análise de Correlação Canônica com o objetivo de medir e identificar a associação entre os dois conjuntos de dados. Notou-se que para Araraquara a maior correlação apresentada foi entre temperatura e umidade relativa com material particulado inalável e ozônio. Para Santos, a maior correlação obtida foi da velocidade do vento com material particulado (os dois tipos, MP10 e MP2,5), dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição do ar, Variáveis meteorológicas, Santos, Araraquara.

INTRODUÇÃO

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 491/2018, considera poluente atmosférico qualquer substância, que em determinada concentração, quantidade e intensidade, possa causar danos à saúde humana, fauna e flora. (BRASIL, 2018). Segundo Guerra e Miranda (2011), as condições meteorológicas são importantes para definir a concentração de poluentes atmosféricos. Tais condições influenciam na permanência do poluente no ar, a mudança de sua composição ou mesmo a dispersão para um diferente local. Variáveis como velocidade e direção do vento, precipitação, temperatura, entre outras, agem diretamente nos níveis da poluição do ar (MONTE et al., 2016).

Neste trabalho, a ferramenta utilizada para investigar a associação entre os grupos de variáveis meteorológicas e variáveis de poluição atmosférica foi a Análise de Correlação Canônica (ACC). De acordo com Fávero et al. (2009), a ACC consiste numa técnica estatística multivariada de análise de dados, que visa investigar as relações existentes entre dois conjuntos de dados correlacionados. Tal método é capaz de revelar relações que dificilmente seriam percebidas apenas com a análise das variáveis originais.

Um estudo realizado em 27 países identificou associação de poluentes atmosféricos com doenças respiratórias, com o uso da ACC. Tal pesquisa tinha por objetivo investigar a relação da qualidade de vida, com a qualidade do ar (DARÇIN, 2014).

Binaku et al. (2013) aplicaram ACC nas concentrações de aerossóis atmosféricos, gases traços e fatores meteorológicos coletados em Chicago no verão de 2002, 2003 e 2004. Foram analisadas concentrações de amônio, cálcio, nitrato, sulfato e partículas de oxalato, e as variáveis meteorológicas foram temperatura, velocidade do vento, direção do vento e umidade. A primeira correlação canônica de maior importância indicou que altas temperaturas influenciam na alta proporção de mistura de ozônio. Já a segunda indicou uma influência da velocidade do vento e da umidade nas concentrações locais de amônio.

Braga et al. (2005), analisaram a composição elementar e concentração de MP10 e MP2,5 na Bacia Hidrográfica de Guaíba, no sul do Brasil. Foi aplicada a ACC às variáveis químicas e meteorológicas com o intuito de investigar as fontes do material particulado.

Na cidade de Atenas, na Grécia, foram comparados os níveis de concentração de poluentes atmosféricos, levando em consideração as variáveis meteorológicas usando a ACC. Os poluentes foram relacionados à combustão de gasolina e óleo, e interações com o ozônio, enquanto que os principais fatores meteorológicos foram condições secas (no verão) e velocidade do vento (no inverno) (STATHEROPOULOS, VASSILIADIS e PAPPAS, 1998).

Outro estudo, realizado na Rússia, usou a ACC para determinar as correlações entre os parâmetros climáticos e poluentes antropogênicos. Foi encontrado que os níveis de poluição do ar são afetados pelo clima de monções, pois os fatores climáticos têm forte influência, nessa região (VEREMCHUK et al., 2016).

Dentro deste contexto, este trabalho tem por objetivo investigar e interpretar as relações existentes entre as variáveis meteorológicas e os poluentes atmosféricos, usando a Análise de Correlação Canônica.

METODOLOGIA

Os dados, no período de 2012 a 2015, foram obtidos na base QUALAR (Qualidade do Ar), disponível no site da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) (QUALAR, 2018). Essa base contém os dados históricos horários das estações de monitoramento de diversas cidades de SP. Os valores diários correspondem à média horária das concentrações dos poluentes. São consideradas duas cidades neste estudo, a saber: Araraquara, no interior do estado de São Paulo, e Santos, no litoral do estado de São Paulo.

Araraquara tem área total 1.003,625 km², com pouco mais de 230.000 mil habitantes. Este município possui frota de aproximadamente 100.000 veículos leves, 4.000 caminhões e 35.000 motocicletas (IBGE, 2016). Se destaca nos setores de educação, renda e saúde, além de ser considerada uma das mais industrializadas, devido à variabilidade de segmentos, como têxtil, agronegócio, aeronáutico, farmacêutico, etc. (ARARAQUARA, 2017). Mauro (2012) afirma que o município sofre com os períodos de queimadas de palha de cana-de-açúcar, queimadas urbanas e com emissão de empresas de grande e médio porte. As queimadas ocorrem anualmente entre os meses de abril a novembro. As variáveis analisadas nesta cidade são: umidade relativa do ar (UR), temperatura (TEMP), velocidade do vento (VV), material particulado inalável (MP10), ozônio (O3) e óxidos de nitrogênio (NOx).

Santos é o principal município e a sede da Região Metropolitana da Baixada Santista, onde está instalado o maior Porto da América Latina, responsável por movimentar 48% do PIB brasileiro (AMBROZEVICIUS, 2010). Possui uma população de aproximadamente 433 mil habitantes (IBGE, 2018). Pedroso (2016) afirma que o município vem sofrendo bastante com a poluição atmosférica, ultrapassando o limite estipulado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), sendo que em maio de 2016, Santos alcançou o nível de 39 µg/m³ de material particulado inalável, o que ultrapassa o valor de 20 µg/m³, estipulado pela OMS. A estação de monitoramento escolhida fica localizada na Ponta da Praia com o objetivo de avaliar os impactos das emissões de poluentes provenientes das atividades do Porto (CETESB, 2015). As variáveis analisadas são: umidade relativa do ar (UR), temperatura (TEMP), velocidade do vento (VV), ozônio (O3), radiação ultravioleta (RADUV), dióxido de enxofre (SO2), óxidos de nitrogênio (NOx), material particulado inalável (MP10) e material particulado inalável fino (MP2,5).

A análise estatística considerada foi a ACC, em que se obtém a estrutura de correlação entre as variáveis de forma multivariada. A ACC é um método estatístico multivariado que explica a estrutura de correlação entre



dois conjuntos de variáveis, sendo usado para investigar o quão forte é a relação existente entre uma combinação linear do conjunto de variáveis X com uma combinação linear do conjunto de variáveis Y. Na ACC se obtém a estrutura de correlação ótima de cada vetor de variáveis, encontrando uma combinação linear para cada conjunto de variáveis, de modo a maximizar a correlação entre os dois conjuntos.

Suponha dois vetores de variáveis: $X (X_1, X_2, \dots, X_p)$ e $Y (Y_1, Y_2, \dots, Y_q)$. A ACC estrutura duas novas variáveis W e V , chamadas de Variáveis Canônicas (VC), como nas equações 1 e 2.

$$W_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p \quad (1)$$

$$V_1 = b_{11}Y_1 + b_{12}Y_2 + \dots + b_{1q}Y_q \quad (2)$$

O objetivo da ACC é estimar os coeficientes $a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1p}$ e $b_{11}, b_{12}, \dots, b_{1q}$, de maneira que a correlação canônica entre W_1 e V_1 (equações 1 e 2, respectivamente) seja máxima. O procedimento é repetido para identificar o segundo vetor de Variáveis Canônicas, W_2 e V_2 , de tal forma que a correlação entre eles seja máxima, e não sejam correlacionados com W_1 e V_1 . Tal procedimento é repetido m vezes, sendo que, $m = \min(p, q)$, garantindo que a correlação entre W_m e V_m seja máxima.

De modo geral, o objetivo final da ACC é obter m vetores de Variáveis Canônicas $(W_1, V_1), (W_2, V_2), \dots, (W_m, V_m)$, tais que as correlações entre W_i e $V_i, \forall i$ sejam máximas e que as correlações (função $\text{corr}(,)$) $\text{corr}(W_i, W_j) = \text{corr}(V_i, V_j) = \text{corr}(W_i, V_j) = 0$, ou seja, sejam todas nulas para $\forall i \neq j$. Assim, tais vetores, indicarão a correlação existente entre os dois conjuntos de variáveis, neste caso, as variáveis meteorológicas e os poluentes atmosféricos para cada cidade separadamente.

Outro fato interessante da ACC é que ela pode ser uma técnica de redução da dimensionalidade dos dados, uma vez que, poucas Variáveis Canônicas podem ser suficientes para representar as relações entre os dois vetores de variáveis originais. Portanto, ao invés de ser necessária a interpretação de $p \times q$ correlações entre as variáveis X e Y , apenas algumas poucas correlações canônicas precisam ser interpretadas (FÁVERO et al., 2009).

A ACC pode ser aplicada sem que necessariamente as variáveis apresentem normalidade, sem quaisquer prejuízos na análise (FÁVERO et al., 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, foram analisados os dados para a cidade de Araraquara. Obteve-se que as duas primeiras variáveis canônicas acumularam 93% de toda a variabilidade dos dados (Tabela 1). A primeira variável canônica (VC) acumulou 57% e a segunda VC acumulou 36%.

Neste estudo considerou-se apenas as variáveis cujo coeficiente de correlação canônica (em valor absoluto) fosse maior que 0,5. Na Tabela 2, pode-se notar que nas correlações canônicas das variáveis meteorológicas, a componente canônica 1, que é a de maior importância, é representada pela temperatura e umidade relativa do ar, que se correlacionam com as variáveis poluentes O₃ (ozônio) e MP10.

Tabela 1 - Percentual de variabilidade acumulada em cada variável canônica - Araraquara

Variável canônica	Variabilidade de cada variável (%)	Variabilidade acumulada (%)
1	57	57
2	36	93

Observa-se que o valor do coeficiente para a umidade relativa do ar é -0,99 e o do MP10 é 0,91, em que correlacionamos de modo que a umidade relativa do ar é inversamente proporcional a concentração do MP10. Isso ocorre porque quanto menor a umidade relativa, maior será a concentração de material particulado inalável e vice-versa.

Tabela 2 - Correlações canônicas das variáveis meteorológicas da cidade de Araraquara

-	1	2
TEMP	0,58	-0,62
UR	-0,99	-0,13
VV	0,06	-0,58
NOx	0,34	0,81
O3	0,74	-0,58
MP10	0,91	0,33

Ainda na primeira variável canônica, nota-se a relação da temperatura com o ozônio, sendo que desta vez, a correlação é proporcional, ou seja, quanto maior a temperatura, maior será a concentração do ozônio. A explicação para esta correlação é porque para que ocorra a formação do ozônio, um dos fatores primordiais é a presença de calor, de tal forma, fica claro que quando a incidência de calor é maior, consequentemente maior será a formação do ozônio.

A análise pode ser feita ainda conjuntamente, assim, como a umidade relativa do ar é inversamente proporcional, pode-se afirmar que quanto maior a umidade relativa do ar, menor será a temperatura, ao mesmo tempo que menor será a concentração do MP10 e do ozônio.

A segunda componente canônica de maior importância apresenta as seguintes correlações: temperatura e velocidade do vento inversamente proporcionais em relação a concentração do NOx. Na relação inversamente proporcional entre os óxidos de nitrogênio e temperatura, Consúll et al. (2004) afirmam que essa correlação é proporcional, uma vez que formação dos óxidos de nitrogênio ocorre por meio de elevadas temperaturas. Carvalho Júnior e Lacava (2003) afirmam também que, as altas temperaturas de operação das câmaras de combustão, contribuem para a formação de NOx. Deste modo, quanto maior a temperatura; maior a formação desses óxidos. Entretanto, a correlação encontrada neste trabalho não ficou de acordo com o observado na literatura.

Em relação velocidade do vento e óxidos de nitrogênio, Monte et al. (2015), afirmam que a velocidade do vento está diretamente vinculada com a concentração de poluentes, uma vez que quanto maior a velocidade do vento, maior será a intensificação do transporte de gases precursores de outras regiões para a região de interesse de estudo ou vice-versa, e com isso, há o aumento da concentração de poluentes em determinadas regiões, ao mesmo tempo que há a diminuição dessa concentração em outras regiões. Ou seja, o vento atua na dispersão dos poluentes atmosféricos.

Outra correlação na segunda componente canônica (Tabela 2) é a de temperatura e velocidade do vento, proporcionalmente correlacionadas com a concentração de ozônio. Em relação à temperatura, sabe-se que está diretamente correlacionada com a formação do ozônio, uma vez que o aumento da radiação solar propicia o aumento da temperatura, que consequentemente implica no aumento nas reações fotoquímicas que ajudam na formação do ozônio. A velocidade do vento, também contribui para a formação do ozônio, uma vez que com o aumento da movimentação das massas de ar, o transporte de poluentes como o ozônio também se intensifica, aumentando sua concentração em determinadas regiões (MONTE et.al, 2015).

Num segundo momento, a análise foi feita para a cidade de Santos. A Tabela 3 mostra o percentual de variabilidade acumulada explicada pelas duas primeiras variáveis canônicas. Observa-se que com apenas 2 variáveis canônicas é possível explicar cerca de 77% de toda variabilidade dos dados.

Pode-se observar que nas correlações canônicas (Tabela 4), a componente canônica de maior importância (componente 1), é formada pelas variáveis velocidade do vento que é inversamente proporcional a concentração dos poluentes SO₂, MP_{2,5}, MP₁₀ e NOx. Pode-se explicar essa relação devido o importante papel da velocidade do vento na dispersão de poluentes, quanto maior a velocidade do vento, maior será essa dispersão e consequentemente menor será a concentração de poluentes. É importante dizer que outros fatores influenciam na dispersão por meio da velocidade do vento como a topografia, por exemplo, que pode inclusive dificultar esse fenômeno.

Tabela 3 - Percentual de variabilidade acumulada em cada variável canônica - Santos

Variável canônica	Variabilidade de cada variável (%)	Variabilidade acumulada (%)
1	49	49
2	28	77

Tabela 4 - Correlações canônicas das variáveis meteorológicas da cidade de Santos

-	1	2
RADUV	-0,04	0,03
VV	-0,89	0,38
TEMP	-0,21	0,34
UR	-0,21	-0,87
SO2	0,71	0,12
O3	-0,42	0,77
MP2,5	0,76	0,17
MP10	0,83	0,39
NOx	0,99	0,04

Com isso, o material particulado é facilmente dispersado quando a velocidade do vento é alta, diminuindo sua concentração. As partículas inaláveis têm capacidade de absorver gases presentes na atmosfera como o dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio, com isso, acredita-se que esses gases, uma vez que são absorvidos pelo material particulado, se correlacionam igualmente com a velocidade do vento (DERÍSIO, 2012).

A segunda componente canônica de maior importância é formada pela variável umidade relativa do ar, que se correlaciona com o ozônio de maneira inversamente proporcional. O ozônio é formado principalmente por reações químicas entre monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, radiação solar e hidrocarbonetos, além de outros fatores importantes para a sua formação como temperatura e umidade relativa do ar, que interferem na concentração do mesmo. Assim, pode-se explicar esta correlação da seguinte maneira: quando há valores de temperatura muito altos, há normalmente uma maior radiação solar, o que implica diretamente na redução da umidade relativa do ar e conseqüentemente uma maior probabilidade de formação de ozônio (LANGARO e SOUZA, 2012).

CONCLUSÕES

O estudo da influência das variáveis meteorológicas nos poluentes atmosféricos é muito importante, principalmente pelo fato dessas variáveis interferirem diretamente na saúde da população, fauna e flora. Pode-se notar que a Análise de Correlação Canônica é uma ferramenta para esse fim, principalmente pelo fato de ser capaz de destacar as principais relações existentes entre os dois conjuntos de variáveis originais, quantificando essas relações por meio das correlações.

Além disso, identificou-se que para Araraquara as variáveis meteorológicas com maior correlação são temperatura e umidade relativa do ar em relação com o material particulado inalável e o ozônio. Para Santos a velocidade do vento é a variável meteorológica que tem maior correlação com dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio e os MP (inalável e respirável). Nota-se ainda que, pelo fato de Araraquara uma cidade do interior e Santos ser uma cidade litorânea, o comportamento dos poluentes e dos fatores meteorológicos são influenciados de diferentes maneiras. Com isso, foram estudadas relações distintas para cada cidade, o que conseqüentemente influenciou na obtenção de resultados diferentes para ambas.

Durante a elaboração do trabalho, algumas dificuldades foram encontradas. Primeiramente, em relação à quantidade de dados faltantes na base QUALAR para Santos e Araraquara, que foram respectivamente 23,61% e 13,07%. Isso acarreta em menor informação, o que pode prejudicar na análise. Além disso, houve também

dificuldade na interpretação da correlação canônica entre temperatura e óxidos de nitrogênio, na cidade de Araraquara, que está diferente do encontrado na literatura.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela concessão da bolsa de estudos de iniciação científica e à CAPES, pela concessão de bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMBROZEVICIUS, A. P. Poluição aquática em Santos (SP): uma abordagem interdisciplinar. São Paulo, 2010. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental. Universidade de São Paulo, 2010.
2. ARARAQUARA. Prefeitura Municipal. 2017. Disponível em: <<http://www.araraquara.sp.gov.br/araraquara/>>. Acesso em: 03/06/2017.
3. BINAKU, K., O'BRIEN, T., SCHMELING, M., FOSCO, T. Statistical analysis of aerosol species, trace gasses, and meteorology in Chicago. *Environmental Monitoring Assessment*, v.185, p.7295-7308, 2013.
4. BRAGA, C. F., TEIXEIRA, E. C., MEIRA, L., WIEGAND, F., YONEAMA, M. L., DIAS, J. F. Elemental composition of PM10 and PM2.5 in urban environment in South Brazil. *Atmospheric Environment*, v.39, n.10, p. 1801-1815, 2005.
5. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) – Resolução 491. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2018. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740>
6. CARVALHO JÚNIOR, J. A., LACAVA, P. T. Emissões em processos de combustão. São Paulo: Editora UNESP, 2003, p. 137.
7. CETESB. Avaliação da qualidade do ar no município de Santos 2011 a 2014. 2015. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2013/12/Relat%C3%B3rio-Santos-2015.pdf>>. Acesso em: 10/10/2018.
8. CONSÚLL, J. M. D., THIELE, D., VESES, R. C., BAIBICH, I. M., DALLAGO, R. M. Decomposição catalítica de óxidos de nitrogênio. *Química Nova*, v.27, n.3, p. 432-440, 2004.
9. DARÇIN, M. Association between air quality and quality of life. *Environmental Science and Pollution Research*. v. 21, p. 1954-1959, 2014.
10. DERÍSIO, J. C. Introdução ao controle da poluição ambiental. 4ª ed. Atual. São Paulo: Oficina de textos, 2012. p. 223.
11. FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L.; CHAN, B. L. Análise de dados – Modelagem multivariada para tomada de decisões. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. p.368.
12. GUERRA, F.P.; MIRANDA, R. M. Influência da meteorologia na concentração do poluente atmosférico PM2,5 na RMRJ e na RMSP. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2011. p. 1–10.
13. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, dados referentes ao município de Santos, 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/santos/panorama>>. Acesso em: 10/10/2018.
14. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, dados referentes ao município de Araraquara, 2016. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/sp/araraquara/pesquisa/22/28120?detalhes=true>>. Acesso em: 09/04/2016.
15. LANGARO, A. P., SOUZA, E. Influência da radiação solar e umidade do ar na concentração do ozônio. *Revista de Ciências Exatas e da Terra UNIGRAN*, v.1, n.1, p. 32-40, 2012.
16. LIRA, A. S. Análise de correlação: Abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações. Curitiba, 2004. Dissertação de Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia - Universidade Federal do Paraná, 2004.
17. MAURO, C. C. Queimadas e Saúde: Uma investigação entre faltas escolares e incidência da queimada de cana-de-açúcar no município de Araraquara. Araraquara, 2012. Dissertação de Mestrado - Curso de Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Universidade de Araraquara – UNIARA, 2012.
18. MONTE, E. Z., ALBUQUERQUE, T. T. A., REISEN, V. A. Previsão da concentração de ozônio na região da Grande Vitória, Espírito Santo, Brasil, utilizando o modelo ARMAX-GARCH. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.30, n.3, p. 285–294, 2015.



19. MONTE, E. Z., ALBUQUERQUE, T. T. A., REISEN, V. A. Impactos das Variáveis Meteorológicas na Qualidade do Ar da Região da Grande Vitória, Espírito Santo, Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 31, n.4, p. 546-554, 2016.
20. PEDROSO, D. Santos e Cubatão têm índice de poluição acima do recomendado pela OMS, 2016. Disponível em: <<http://www.atribuna.com.br/noticias/noticias-detalle/cidades/santos-e-cubatao-tem-indices-de-poluicao-acima-do-recomendado-pela-oms/?cHash=178f91584bc1ad3733ac65a54e80fbb>>. Acesso em: 30/06/2017.
21. QUALAR- Qualidade do ar no Estado de São Paulo. Disponível em:<<https://cetesb.sp.gov.br/ar/qualar/>>. Acesso em: 10/10/2018.
22. STATHEROPOULOS, M., VASSILIADIS, N., PAPPA, A. Principal Component and Canonical Correlation analysis for examining air pollution and meteorological data. *Atmospheric Environment*, v.32, n.6, p. 1087-1095, 1998.
23. VEREMCHUK, L. V., YANKOVA, V. I., VITKINA, T. I., NAZARENKO, A. V., GOLOKHVAST, K. S. Urban air pollution, climate and its impact on asthma morbidity. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, v.6, p. 76-79, 2016.