

Universidade de São Paulo
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
Departamento de Ciências Atmosféricas

DAMIÁN LEÓN GUEVARA

**RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DOA E A OCORRÊNCIA DE DOENÇAS
CARDIOVASCULARES E RESPIRATÓRIAS NO MUNICÍPIO DE SÃO
PAULO NO PERÍODO 2004-2013.**

São Paulo

2017

DAMIÁN LEÓN GUEVARA

**RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DOA E A OCORRÊNCIA DE DOENÇAS
CARDIOVASCULARES E RESPIRATÓRIAS NO MUNICÍPIO DE SÃO
PAULO NO PERÍODO 2004-2013.**

Versão Original

Dissertação apresentada ao Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Meteorologia

Orientador: Prof. Dr. Fabio Luiz Teixeira Gonçalves
Co- Orientador: Prof. Dr. Luis B. Lecha Estela

São Paulo

2017

León D. G. **Relação entre o índice DOA e a ocorrência de doenças cardiovasculares e respiratórias no município de São Paulo no período 2004-2013.** 2017. 106 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento _____

Agradecimentos

Eu gostaria de agradecer a todas as pessoas que estiveram de meu lado durante estes dois anos, que se esforçaram e me apoiaram para mais uma vez sair vitorioso neste grande desafio.

Agradeço especialmente a minha mãe, Idalmis e minha avó Margot, elas são o motivo pelo qual, acredito que nenhum sonho é impossível de alcançar: cada uma das minhas vitórias é por vocês e para vocês.

À minha maravilhosa família, meus tios e tias, primos e primas, minha querida avó Milagros, meus pais, quero dizer que os amo muito e que agradeço seu apoio e amor incondicional, sou muito feliz de ter vocês na minha vida.

Ao meu querida esposa, Jennifer, agradeço cada minuto de paciência, compreensão e amor. Com sua ajuda posso vencer qualquer obstáculo.

Ao meu querida irmã, Diley (satím), agradeço cada minuto de vida, compreensão e amor.

À meus orientadores, Fabio Luiz, Luis Lecha, por acompanhar cada etapa deste Mestrado, muito obrigado pela excelente orientação, motivação durante estes dois anos e por me dar a oportunidade de vencer.

Aos meus amigos e colegas de curso, que sempre que foi necessário me ajudaram com prontidão e boa vontade, em especial a vocês: Maciel, Ramón, Janet, Marco, Beto, Rafael, Elias, Cristina, Lucas, Igor, Victor, Edson, Paola, Samuel, Sebastião, Djalma, Yuyu, Andrea, Bete, muito obrigado por tudo. Sempre é bom ter amigos como vocês.

Aos professores e funcionários do IAG, que acompanharam cada etapa da minha trajetória neste Instituto. Em especial agradeço ao professor Ricardo, quem sempre atendeu com boa vontade as minhas frequentes dúvidas, à Augusto agradeço por toda sua amizade, atenção para mim e mis colegas cubanos e por torcer por nós todo este tempo.

Agradeço ao CNPq por ter financiado minha bolsa de pesquisa durante estes dois anos.

RESUMO

León D. G. **Relação entre o índice DOA e a ocorrência de doenças cardiovasculares e respiratórias no município de São Paulo no período 2004-2013.** 2017. 106 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

A atmosfera tem grande e contínua interdependência com o entorno físico-geográfico, o qual influencia direta e indiretamente a saúde humana. O município de São Paulo é uma região vulnerável em relação aos efeitos dos fenômenos meteoro-trópicos, os quais são os responsáveis por esta influência. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo principal estimar a densidade parcial de oxigênio dissolvido no ar (DOA), e analisar a relação de sua diferença em 24 horas (índice DOA), e as diferentes doenças cardiovasculares (DCV) e respiratórias para crianças e idosos (RESPC e RESPI, respectivamente) do município de São Paulo durante o período 2004-2013. Os dados meteorológicos de superfície utilizados foram obtidos no horário das 1200 TMG e também foram empregadas as médias diárias na estação meteorológica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG), no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga. Para a descrição sinótica de casos de estudo e a determinação dos tipos de circulação (TC), foram utilizadas cartas sinóticas de pressão em superfície plotadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação do Ministério da Marina (DHN), para as 12 TMG, também foram utilizados informes de casos significativos do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) das 1200 TMG. Foi igualmente determinado o Estado do Tempo Diário (ETD) para parte do período de estudo, observando o sistema meteorológico predominante em 24 horas. As DCV e RESPS apresentaram uma variação sazonal significativa, com evidente aumento do número de pessoas doentes durante o inverno e diminuição durante o verão. A análise do comportamento meteoro-trópico ofereceu valores máximos e mínimos de temperatura e de pressão de vapor de água (TVA), que se relacionam com ocorrências de surtos significativos das DCV, RESPC e RESPI. Por outro lado a DOA e o índice DOA mostram ao longo do período evidente variação sazonal, com máximos no inverno (julho-setembro) e mínimos no verão (dezembro-março). Porém, foram encontrados máximos e mínimos notáveis destas variáveis “fora de temporada”, ou seja, nas estações fora do inverno com grande diferença entre dias, indicativos de dinâmica muito intensa dos processos sinóticos atuantes, com a capacidade de produzir efeitos meteoro-trópicos significativos mesmo durante o verão. O índice DOA mostrou variações entre dias bem significativas, com máximos por Hiperóxia superiores aos 15 g/m^3 e mínimos por Hipóxia inferiores ao -8 g/m^3 . Segundo a análise dos ETD, foi muito frequente a ocorrência de dias frios, muito frios e chuvosos com e sem vento, entanto dias muito quentes e úmidos, com ou sem vento foram menos frequentes no período de estudo. As correlações entre as variáveis meteorológicas e as doenças mostraram melhores resultados quando foram calculadas as médias mensais e trimestrais. Os coeficientes mais elevados e significativos, acima de 0,40, encontraram-se por biênios, ressaltando o biênio 2004-2005 com os maiores valores (0,87). A relação entre a DOA e os TC influentes mostra como a estrutura vai

mudando do setor sul a leste e depois norte na mesma medida que os valores da DOA passam de condições de Hiperóxia a neutra à Hipóxia, indicando que as condições de Hiperóxia atmosférica são predominantes nos meses do inverno e as de Hipóxia no verão. O TC “leste” reflete influência marítima e aparece como transição sazonal e de variação diária, com impactos na saúde. Finalmente, o DOA, índice DOA, TC e ETD são indicadores importantes para estudos epidemiológicos em situações sinóticas específicas.

Palavras-Chave: morbidade, doenças, índice DOA, efeitos meteoro-trópicos.

ABSTRACT

León D. G. **Associations between doa index and occurrence of cardiovascular and respiratory diseases in the municipality of São Paulo from 2004 to 2013.** 2017. 105 f. Dissertation (Master in Meteorology) – Institute of Astronomy, Geophysics and Atmospheric Sciences, University of São Paulo, 2017.

The atmosphere has great and continuous interdependence with the physical-geographic environment, which directly and indirectly influences human health. The city of São Paulo is a vulnerable region in relation to the effects of meteorological phenomena, which are responsible for this influence. Therefore, the main objective of this work is to estimate the partial density of dissolved oxygen in the air (DOA), and to analyze the relationship of its difference in 24 hours (DOA index), and different cardiovascular diseases (CVD) as well as respiratory diseases for children and (RESPC and RESPI, respectively) in the city of São Paulo during the period 2004-2013. The surface meteorological data used were obtained at 12:00 PM GMT and daily averages were also used at the Meteorological Station of the Institute of Astronomy, Geophysics and Atmospheric Sciences (IAG), at the *State Park of Fontes do Ipiranga*. For the synoptic description of case studies and the determination of circulation types (TC), surface pressure charts were used by the Hydrographic and Navigational Directorate of the Ministry of the Navy (DHN) for the 12 TMG, also used case reports from the Center for Weather Forecasting and Climate Studies (CPTEC) of 12:00 GMT. The State of Daily Time (DTE) was also determined for part of this study period, observing the predominant meteorological system in 24 hours. CVD and RESP showed a significant seasonal variation, with a clear increase in number of diseased people during the winter and a decrease during the summer. The meteorological behavior analysis provided maximum and minimum values of temperature and water vapor pressure (TVA), which are related to occurrences of significant outbreaks of CVD, RESPC and RESPI. On the other hand, the DOA and the DOA index show seasonal variation over the period, with maximum values in winter (July-September) and minimum values in summer (December-March). However, there were found notable maxima and minima of these variables during the other seasons, out of winter, presenting great difference among consecutive days,. That is an indication of very intense dynamics of the acting synoptic processes, with the capacity to produce significant meteoric-tropic effects even during the summer. The DOA index, on the other hand, showed significant variations between consecutive days, with hyperoxia maxima higher than 15 g / m^3 and hypoxia lower than -8 g / m^3 . According to the DTS analysis, cold, very cold and rainy days with and without wind were very frequent, but very hot and humid days, with or without wind were less frequent during the study period. The correlations between the meteorological variables and the diseases showed better results when the monthly and quarterly averages were calculated. The highest and most significant coefficients, above 0.40, were found for biennia, highlighting the 2004-2005 biennium with the highest values (0,87). The relationship between the DOA and the influential TCs shows how the structure changes from the South to the East and then North to the same extent that the DOA values change from hyperoxia to neutral to Hypoxia. That is an indication that atmospheric hyperoxia conditions are predominant in the winter months while Hypoxia during the summer. The TC "east" reflects maritime influence and appears as a seasonal and daily variation transition, with health impacts. Finally, the DOA, DOA, TC and

DTE indexes are important indicators for epidemiological studies in specific synoptic situations.

Keywords: respiratory and cardiovascular morbidity diseases, DOA index, meteor-tropic effects.

Sumário

1. Introdução	11
1.1 Desenvolvimento de Prognósticos Biometeorológicos	13
1.2 Estudos Biometeorológicos em Cuba	13
1.3 Estudos Biometeorológicos em Brasil	15
1.4 Objetivo principal.....	17
2. Fundamento teórico	18
2.1 Influências do clima e sua variabilidade sobre as enfermidades	18
2.2 Influência meteorológica na saúde humana	19
2.3 Estados do tempo diário (ETD).....	22
2.4 Macroprocessos da circulação geral da atmosfera.	23
2.5 Variabilidade do clima e sua influência sobre as doenças na população	24
3. Dados e metodologia	26
3.1 Região de estudo	26
3.1.1 Condições geográficas do município de São Paulo.....	26
3.1.2 Condições climáticas do município de São Paulo.....	27
3.2 Dados utilizados	28
3.2.1 Variáveis meteorológicas	28
3.2.2 Dados de saúde.....	29
3.3 Metodologia	29
3.3.1 Cálculo da densidade parcial de oxigênio no ar (DOA).....	29
3.3.2 Tipos de Circulações (TC)	30
3.3.3 Classificação dos estados de tempo diários (ETD)	31
3.3.4 Dinâmicas para dias sucessivos nos TC.	33
3.3.5 Ocorrência de máximos significativos das doenças e os ETD.	33
3.3.6 Estratificação da DOA	35
3.3.6.1 Comportamento estável da DOA e o índice DOA	35
3.3.7 Padronização dos dados	36
3.3.7.1 Coeficiente de correlação linear de Pearson (r)	36
3.3.8 Estudo de Casos	36
4. Resultados e discussões	38
4.1 Análise do ritmo das doenças	38
4.1.1 Doenças cardiovasculares	38
4.1.2 Doenças respiratórias em crianças	40

4.1.3 Doenças respiratórias em idosos	41
4.1.4 Índice de preferência sazonal	42
4.2 Análise de correlação dos dados	46
4.3 Análise da DOA e do índice DOA com relação às doenças cardiovasculares e respiratórias.	52
4.4 Característica geral dos parâmetros biometeorológicos utilizados	60
4.5 Análises do estado do tempo diário (ETD)	63
4.5.1 Os contrastes em 24 horas dos ETD e seus efeitos sobre a saúde humana.	65
4.5.2 Relação entre os Estados de Tempo Diário e as doenças	68
4.6 Análises dos tipos de circulação (TC).....	70
4.6.1 Dinâmica dos TC em dias sucessivos para o período de 2007 a 2013.	71
4.7 Ocorrências de máximos diários das doenças associados às mudanças dos ETD.....	74
4.8 Análise do comportamento diário da DOA e o índice DOA com relação às variáveis meteorológicas e às doenças.	74
4.9 Análises estatísticas complementares.....	80
4.9.1 Condições de Hipóxia moderada ou forte	80
4.9.2 Condições de Hiperóxia moderada ou forte	84
4.10 Comportamento estável do índice DOA	88
4.11 Estudo de casos significativos.....	91
5. Conclusões.....	95
6. Referências bibliográficas.....	100

1. Introdução

O homem vive imerso na atmosfera e desde que nasce seu desenvolvimento tem uma interdependência estreita e contínua com o entorno físico-geográfico, que inclui as características predominantes da variabilidade do clima local e do estado do tempo. O planeta não está habitado uniformemente, e isto é devido em grande parte às complexas condições climáticas de certas regiões na Terra. No decurso do desenvolvimento evolutivo, o homem foi preparado pela natureza para suportar as diversas ações do mundo exterior e para estabelecer contatos permanentes com os processos variáveis que acontecem no mesmo. Os fatores meteorológicos e climáticos influenciam diretamente a vida humana, desde o ponto de vista biofísico e fisiológico, esta influência pode ser observada inclusive nos próprios órgãos e em especial no cérebro, pois estes desenvolvem respostas adaptativas que garantem a sobrevivência contra as constantes mudanças do tempo e o clima.

No início do século XX começaram-se estudar os efeitos do tempo e do clima sobre a vida dos seres humanos, plantas e animais de forma mais objetiva, rigorosa e interdisciplinar, dando início a uma nova ciência, a Biometeorologia, conhecida como a ciência que estuda os efeitos do clima e do tempo sobre o comportamento dos seres vivos, com sociedade, congressos, além de definição e classificação na década de 70.

Os primeiros estudos na área da Biometeorologia foram direcionados à classificação dos estados do tempo diário (ETD), avaliando seus efeitos sobre o homem, e as plantas. Os ETD são definidos pela característica predominante do complexo meteorológico em um intervalo de 24 horas. Fedorov (1925) estudou o efeito destes estados na produção de trigo em áreas centrais da antiga União Soviética. Howe (1925) por outro lado, caracterizou os ETD predominantes durante as estações do ano nos Estados Unidos (EUA) e sua relação com a saúde; Switzer (1925) estudou as características climáticas em México, Panamá e Cuba caracterizando os diferentes estados do tempo e sua relação com as distintas doenças na população. Sheridan, (2002) modificou um método automático de classificação de massas de ar com um enfoque biometeorológico. Outros autores como Matzarakis et al. (2010) modelaram os fluxos radiantes de ambientes diferentes em relação ao impacto que têm sobre o bem-estar dos seres humanos.

As influências meteorológicas em pessoas sem doenças e com doenças, foram descritas durante o período 1934-1938 por Petersen (1938) na série de monografias "O paciente e o tempo". Importantes contribuições à Biometeorologia também podem ser encontradas em Ruder (1931). Na década do 50, foram desenvolvidos diversos trabalhos (Voronin, 1954; Chubukov, 1956; Voronin et al., 1959; Ovcharova, 1958) focados especificamente na resposta do corpo humano as mudanças do tempo e o clima, e os principais mecanismos fisiológicos envolvidos neste processo.

Anos depois Weihe (1992) planteou que a Biometeorologia é uma ciência de adaptação, introduzindo assim, um novo conceito dinâmico, onde coloca-se a atenção sobre a capacidade dos indivíduos de se adaptar com as condições do ambiente atmosférico e outras influências ambientais.

O aumento da morbidade e a mortalidade associada a um grupo de enfermidades crônicas não transmissíveis pode estar relacionado com as mudanças bruscas do tempo, e com a influência de condições meteorológicas específicas como ondas de calor e frio, fazendo este estudo um dos pilares da Biometeorologia Humana. Lecha e Delgado (1996) indicaram que existem condições contrastantes no estado do tempo diário, com a capacidade de produzir diversos tipos de respostas nocivas sobre os sectores mais vulneráveis da população. Todo isto pode produzir diversos tipos de respostas meteoropatológicas severas nos seres vivos com perigo para sua vida (Lecha e Delgado, 1996; Gonçalves et al. 2007; Frumkin et al., 2008). Desta forma, pode se dizer que estes tipos de condições podem ser considerados também fatores de risco para a saúde humana, pelo qual é imprescindível identificá-los para qualquer região, pois conhecendo-os é possível mitigar tais efeitos através de um sistema regional de alerta para a saúde baseado em previsões biometeorológicas.

Dentro do Programa de Aplicações e Serviços Climáticos da Organização Meteorológica Mundial foram desenvolvidos diversos trabalhos (Kirch; 2005; Menne, 2005; Bertollini, 2005) também relacionados com os efeitos do tempo e do clima sobre a saúde humana. Por outro lado, Kovacs (2004), Ebi (2003) e Menne (2003) focaram-se nos potenciais impactos da variabilidade climática e o papel de eventos extremos.

1.1 Desenvolvimento de Prognósticos Biometeorológicos

Um dos primeiros países no desenvolvimento dos serviços de prognóstico biometeorológico foi a Rússia. Ovcharova (1963) estabeleceu inicialmente uma associação entre a maior atividade do sistema nervoso em animais de laboratório e as trocas gasosas com o meio circundante. Tal associação conduziu subsequentemente à utilização teórica de oxigênio do ar como bioindicador, o qual foi ponto de referência para futuras previsões do serviço biometeorológico.

Na Alemanha, as previsões operacionais biometeorológicas são fornecidas desde os anos 90, e agora existe uma grande quantidade de produtos, incluindo o desenvolvimento de aplicações customizadas para telefones móveis. Além disso, os cientistas da Universidade de Freiburg e do Instituto de Biometeorologia do Serviço Meteorológico Alemão programaram modelos muito precisos para o cálculo do balanço térmico do corpo humano (Jendritzky et al., 1990).

Kalkstein (1995) liderou o desenvolvimento de pesquisas de mortalidade humana relacionada com as mudanças do tempo, especialmente durante a ocorrência de ondas de calor nos Estados Unidos de América (EUA). Um ano depois foi criado o primeiro sistema de alerta contra ondas de calor nesta região especificamente na cidade de Filadélfia (Kalkstein et al., 1996). Similares sistemas de alerta existem hoje em várias cidades dos EUA, Canadá, Coréia do Sul e China, os quais funcionam principalmente nos meses de verão.

1.2 Estudos Biometeorológicos em Cuba

Em Cuba, foram desenvolvidos diversos trabalhos que estudaram pela primeira vez na região, o balanço térmico do corpo humano, também caracterizaram o clima de Cuba baseando-se nos ETD e na climatologia sinótica (Lecha, 1984; Lecha, 1987; Lecha e Llanes, 1988; Lecha et al, 1990; Lecha e Florido, 1989; Lecha et al., 1994). Pela primeira vez foram avaliados índices complexos como o índice de temperatura fisiológica equivalente (PET), por exemplo. Onde a “PET” é definida como a temperatura equivalente fisiológica para qualquer dado lugar (ao ar livre ou dentro de casa) e é equivalente a temperatura do ar na qual, num cenário típico interior, o balanço

térmico do corpo humano é mantido com as temperaturas centrais e as da pele iguais para aquelas condições que estão sendo avaliadas (Höppe, 1999).

Lecha (1998) realizou uma classificação bioclimática (descreve a influência do médio ambiente sobre os seres humanos) dos ETD em Cuba. Foram encontrados 18 estados do tempo, os quais foram relacionados com a ocorrência diária de doenças. O autor encontrou relações significativas entre a incidência de doenças cardiovasculares e neurológicas e a ocorrência de estresse de calor, por outro lado, a presença de dias com nuvens foi relacionada ao aumento de asma em adultos e crianças.

Estrada, Moya e Lecha desenvolveram um importante projeto titulado "Efeitos do clima na saúde humana em condições climáticas do trópico úmido" no período (1991-1995) em Cuba. Durante todo esse período foram avaliados os impactos do clima sobre doenças como, a asma brônquica, doenças cardíacas, hipertensão, doenças cerebrovasculares, dores de cabeça e certos tipos de infecções respiratórias agudas. Estes resultados foram fundamentais na aplicação operativa do serviço de previsão biometeorológica para Cuba e outras partes do mundo (Ex. México). Desta forma em 1996 foi implementado o primeiro sistema de avisos e alertas para a Saúde em Cuba, especificamente foram utilizadas medidas de Densidade parcial de Oxigênio no Ar (DOA), a qual depende da temperatura, a umidade e a pressão atmosférica (ver seção 3.3.1), além disso, foram analisadas suas variações em 24 horas (índice DOA) a escala sinótica (Lecha e Delgado, 1996).

Atualmente em Cuba está disponível o modelo numérico "*PronBiomet*", desenvolvido por Estrada et al. (2007) para o Serviço de Prognóstico Biometeorológico. Esse modelo permite a previsão e monitoramento da ocorrência de efeitos meteoro-trópico massivas para qualquer região, através da Internet acede aos bancos de dados do *Global Forecast System (GFS)* e usa os valores previstos de temperatura do ar a 2 m acima da superfície, a pressão atmosférica reduzida ao nível médio do mar e a umidade ao nível da superfície.

Na Espanha foram obtidos resultados satisfatórios comparando os resultados do modelo "*PronBiomet*" com informações sobre o cuidado nos serviços de emergência do Hospital Vizcaino Basurto durante o período 2005-2007, que está ligado à rede de

hospitais públicos. Fernández e Lecha (2010) mostraram que mais de 90% dos principais contrastes entre dias notáveis observados do índice DOA em Bilbao concordaram com o aumento dos casos atendidos em algumas das doenças monitoradas.

1.3 Estudos Biometeorológicos em Brasil

Quanto a estudos relativos ao município de São Paulo, temos diversos trabalhos efetuados pelo grupo LPAE (Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental) do Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina da USP, sob coordenação do Prof. Dr. Paulo Saldiva. Este laboratório tem produzido diversos experimentos mostrando o impacto de agentes poluentes na fisiologia e anatomia de ratos (Saldiva *et al.*, 1992). Os resultados mostram evidências indiscutíveis sobre o impacto dos poluentes, mas também mostram sua reversibilidade quando os mesmos são retirados da capital. Outros estudos experimentais realizados por o próprio Saldiva (1995) ressaltam a efeito associado do CO com as doenças respiratórias ao longo dos anos.

Numerosos trabalhos acerca da relação entre as doenças e condições do tempo em São Paulo podem ser encontrados, por exemplo, Gouveia *et al.*, 2006 mostrou que nas doenças a baixa percentagem de crianças que eventualmente possa aparecer neste grupo é resultado de outros fatores a mal formação congênita. Por outro lado diversas associações relacionadas aos problemas de saúde ligados ao aparelho respiratório e circulatório sobre a população paulistana são evidenciadas nos estudos feitos por Tuan *et al.* (2015), aponta-se o CO e O₃ como a causa mais frequente associada às internações de crianças por pneumonia em São José dos Campos, São Paulo.

Para a mesma doença em crianças, em idade escolar, de seis regiões distintas de São Paulo, selecionadas em função da intensidade do tráfego rodoviário, Nicolussi *et al.*, (2014b) indicou a maior prevalência de asma e rinite nas escolas localizadas na região central de São Paulo, devido ao intenso tráfego.

Martins *et al.* (2004) analisaram outro fator não menos importante como é a associação entre poluição atmosférica e efeitos adversos à saúde e o status socioeconômico, chegando à conclusão de que o MP10 estava negativamente correlacionado aos idosos

de alta renda e nível de escolaridade, e positivamente aos idosos de baixa condição socioeconômica.

Excessiva frota veicular, elevado número de indústrias, extensas áreas asfaltadas e a urbanização acelerada são alguns dos fatores que tornam as grandes cidades susceptíveis a níveis de poluição e condições atmosféricas anômalas, são a causa fundamental do deterioro do conforto térmico e níveis aceitáveis de contaminação atmosférica (Cesar et al., 2013). Estudos desenvolvidos por Ferreira e Cardoso (2014) e Nicolussi et al. (2014a), mostraram que existe uma relação entre o estado insalubre do ar e a saúde pública, incrementando desse modo o número de internações hospitalares (Pinheiro et al., 2014).

No Brasil, até atualidade não existe nenhuma iniciativa de sistemas de alertas para prognósticos meteoro-trópicos com vistas aos sistemas operacionais. O cálculo do índice DOA tem uma importante vantagem operacional e é realizado rapidamente com os dados habituais contidos nas observações da rede global de monitoramento do tempo. Devido a esta facilidade, estes dados podem ser tratados por métodos numéricos em qualquer lugar no mundo. Por suas vantagens operacionais, eficácia e facilidade de aplicação na assistência médica, recomenda-se o uso do índice DOA para os estudos dos efeitos do tempo sobre a saúde humana, tal como a doutora Ovcharova (1981) sugeriu na previsão biometeorológica para a cidade de Moscou (detalhes na seção 3.3.1).

Pelo acima exposto, pode se ressaltar a grande importância do estudo da influência do tempo e do clima sobre a saúde humana, um conhecimento profundo do assunto permitiria a previsão com antecedência de eventos de crise na saúde das pessoas, podendo desenhar estratégias mais eficazes para seu atendimento. O uso de índices complexos objetivos, que simulam o clima e suas variações também constituem ferramentas eficazes e simples de usar. É por isto que o presente trabalho propõe-se avaliar o comportamento do índice DOA e sua influência sobre a ocorrência de doenças cardiovasculares (DCV) e doenças respiratórias (RESP) na população residente no Município de São Paulo. Além disso, serão estudadas as condições meteorológicas e as mudanças bruscas do tempo para a região durante todo o período de estudo, isto, com motivo de analisar a sua relação com as distintas doenças e as respostas meteoro-patológicas que significam um risco para vida.

1.4 Objetivo principal

Obter a diferença em 24 horas da densidade parcial de oxigênio dissolvido no ar (índice DOA) e analisar a sua relação com as doenças cardiovasculares e respiratórias no Município de São Paulo durante o período de 2003 a 2014.

Objetivos específicos

- Estudar as condições sinóticas associadas a altos valores do índice DOA e aos aumentos nos números de reportes por doenças cardiorrespiratórias em idosos.
- Verificar se o aumento da morbidade associada a um grupo de enfermidades crônicas não transmissíveis está relacionado com as mudanças bruscas do tempo e com condições meteorológicas específicas como ondas de calor e de frio.
- Analisar a possível relação entre os reportes de doenças e a ocorrência de máximos significativos nas variáveis estudadas.
- Definir os estados do tempo diários (ETD) e os tipos de circulação atmosférica (TC) no período e associá-los ao índice DOA e as outras variáveis meteorológicas.

2. Fundamento teórico

2.1 Influências do clima e sua variabilidade sobre as enfermidades

O clima se estabelece a partir de uma combinação de influências complexas do tipo: astronômicas, meteorológicas e geográficas, conhecidas como fatores climáticos, que atuam de forma desigual sobre os componentes do clima (insolação, radiação solar, temperatura, umidade do ar, evaporação, nebulosidade, precipitação, pressão atmosférica e vento), definindo seu comportamento nas diferentes regiões do planeta.

O comportamento esperado do clima pode ser afetado por sinais de sistemas meteorológicos que inibem ou acentuam os padrões climáticos de uma região. A variabilidade climática geralmente ocorre ciclicamente e depende de fatores relacionados com a sazonalidade, ondas que ocorrem várias vezes por ano e fenômenos que ocorrem aproximadamente a cada certo número de anos, a escala climática. A variabilidade climática é esperada e uma vez que ocorre, o clima pode retornar a sua “condição normal”. A “normal” climática está associada à média das condições em um determinado período de 30 anos.

A interação entre o clima e os processos biológicos não ocorre de forma isolada, e sim, interage em conjunto com os distintos elementos climáticos e processos fisiológicos. A relação entre eles foi definida de acordo com Lecha (2009), Ortiz Rivero (2013) e Valencia (2008), como processos complexos não lineares e difíceis de mensurar diretamente.

A relação entre o clima e a saúde humana é complexa e difícil de estabelecer. Numerosos estudos epidemiológicos (Pereira, 1995) tem demonstrado que o tempo e o clima como componentes ambientais afetam a saúde dos seres humanos, e denominam as distintas reações destes componentes como respostas biometeorológicas.

A maioria dos textos médicos indicam que vários fatores são o substrato da ocorrência de doenças cardiovasculares e respiratórias: dieta excessiva, açúcares refinados, gordura e sal, o consumo excessivo de álcool, tabagismo, obesidade, sedentarismo, antecedentes familiares (origem genética), raça, sexo, profissão, stress, superlotação, diabetes

mellitus, hipertensão e condições socioeconômicas, sendo estes, de modo geral, fatores de risco tradicionais. Estudos recentes envolvem outros fatores associados à ocorrência deste tipo de doença, tais como a assistência aos serviços de saúde, o surgimento de situações de desastre, o grau de urbanização e desenvolvimento industrial, os eventos meteoro-tropicais extremos e as particularidades climáticas-geográficas de cada região.

No entanto, destes fatores é bem importante não confundir com aqueles que estão associados à fenômenos meteorológicos e climáticos, como por exemplo, os eventos meteoro-tropicais extremos e às particularidades climáticas-geográficas de cada região, pois, apesar de ter estudos que evidenciam a estreita relação entre o tempo, o clima e a saúde humana, ainda resta trabalhar mais na forma na que essas relações são apresentadas ao pessoal responsável de tomar as decisões em casos de situações de saúde adversas na população, para que em seu devido momento possam ter uma melhor compreensão destes importantes fatores de risco (Lecha, 1996).

No passado século XX e começos do XXI existem um grande interesse tanto dos governos como da comunidade científica mundial em entender melhor a relação tempo-clima-saúde, para desenhar políticas de gestão que conduzam à redução dos impactos relacionados ao clima e sua variabilidade, a fim de adotar medidas de adaptação seguras e sustentáveis. Os impactos meteoro-tropicais negativos para a saúde humana podem ocorrer diretamente (Ex. doenças respiratórias ou cardiovasculares), ou de forma indireta, como resultado de outros eventos que afetam aos seres humanos, como por exemplo, secas, inundações e epidemias (Bucher e Haase, 1993).

Para o mesmo ano estes mesmos supracitados investigadores alemães Bucher e Haase (1993) apontaram um conceito fundamental: “com a exceção das condições extremas, as mudanças do tempo não podem causar as doenças, mas estes podem ser um disparador para a ocorrência de doenças agudas ou contribuir ao agravamento de problemas crônicos, se a habilidade do organismo para adaptar-se a estas mudanças não é boa o suficiente como para neutraliza-la”.

2.2 Influência meteorológica na saúde humana

O tempo meteorológico é uma condição complexa e mutável da atmosfera em escala temporal de minutos até no máximo 15 dias, trata-se do tempo atual ou tempo a ser previsto pelos meteorologistas. Os tipos de tempos têm sua sequência, na qual a

repetição da ausência ou da presença de um conjunto de fenômenos atmosféricos (pressão atmosférica, temperatura etc.) os quais conduzem às situações de riscos (seca, estiagem, chuvas, enchentes, vendavais, geada).

É importante esclarecer a diferença que existe entre tempo e clima, pois quando se pretende estudar a relação entre, por exemplo, o índice DOA e a ocorrência de crises cardiovasculares e respiratórias, se devem estabelecer com clareza os tipos de variações temporais que serão utilizadas, por exemplo, variações diárias, mensais, anuais e interanuais. Sendo que, o clima é uma média de 30 anos das variáveis meteorológicas.

A procura das relações dos efeitos meteoro-tropicais entre as variações diárias dos sistemas meteorológicos e a ocorrência de crises de saúde, depende da capacidade de adaptação individual para lidar com as mudanças do estado do tempo. Por exemplo, as pessoas hipertensas com características *deeper* (doentes cuja pressão arterial cai consideravelmente durante a noite / pacientes com descenso da pressão arterial entre 10 a 20% em relação aos valores diurnos) manifestam durante a etapa do sono uma diminuição de suas tensões arteriais sistólicas e diastólicas, o que é normal e indica um adequado descanso do indivíduo, mas os hipertensos do tipo *raiser* (doentes cuja pressão arterial não só desce durante a noite, até apresentam valores de suas tensões arteriais que excedem os valores da pressão arterial diurna) tem um comportamento diferente, pois na etapa do sono profundo podem manifestar episódios bruscos e intensos de aumento da tensão arterial sistólica ou ambas.

Esta é uma clara manifestação de crises hipertensivas, com riscos potenciais para a saúde destes indivíduos (Figura 1). Estas são relações com o tempo meteorológico ou relações meteoro-tropicais (Monteagudo e Lecha, 2015). Mudanças do clima acontecem quando o indivíduo viaja para outro lugar, bastante distinto do original, por exemplo.

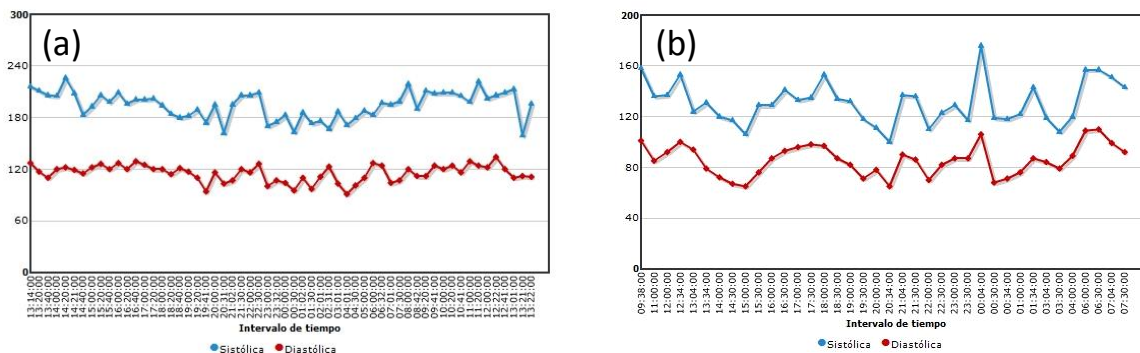


Figura 1. Representação diária para pacientes hipertensos na província de Villa Clara em Cuba (Monteagudo e Lecha, 2015). Em (a) hipertensos tipo *deeper* e em (b) hipertensos tipo *raiser*. Em vermelho apresentasse a pressão diastólica e em azul a sistólica. Nota-se que as maiores diferenças manifestna-se nos hipertensos tipo *raiser*.

Então, neste caso o indicador Biometeorológico que se deve considerar para buscar uma possível relação é o valor real do elemento, não sua anomalia o contraste em determinado intervalo de tempo, pois a maior disponibilidade (Hiperóxia) ou menor disponibilidade (Hipóxia) de oxigênio no ar, a presença de valores altos ou baixos da temperatura do ar, o maior ou menor conteúdo da umidade, o maior ou menor valor da pressão ou a influência de todo o sistema meteorológico atuando em conjunto, podem influenciar de maneira direta e significativa na estabilidade da função cardiovascular e respiratória de estes indivíduos.

A região do município de São Paulo é afetada continuamente por mudanças nas condições meteorológicas, tais como: a queda da temperatura e umidade do ar no inverno, a maior amplitude térmica diária, pouca insolação, oscilações bruscas de temperatura e dispersão dos poluentes na passagem e aproximação de frentes frias.

A ocorrência de extremo de calor no verão ou de extremo frio no inverno tende a afetar a saúde e o bem estar de diversas formas. Por exemplo, combinações dos ritmos de temperaturas baixas com ventos fortes provocam a sensação de conforto térmico mais frio, com maior risco à hipotermia (temperatura corporal abaixo de 35°C), produzida pelo frio excessivo. A frequência cardíaca também tende a se tornar mais baixa, a respiração mais lenta e os vasos se contraírem, provocando aumento da pressão sanguínea. Entretanto, segundo Auciliems (1997), é errado atribuir morbidade ou

mortalidade a um parâmetro específico, mas precisam ser tratadas como partes de complexas interações biológicas ambientais.

2.3 Estados do tempo diário (ETD)

Tendo visto alguns exemplos das condições meteorológicas que afetam ou interagem com os seres vivos, analisam-se as influências associadas ao estado do tempo diário (ETD); considerando o efeito integral dos diferentes elementos meteorológicos.

O estado do tempo é a condição complexa, única e não repetível de todos os elementos físicos que compõem a atmosfera, para uma série cronológica de tempo e lugar determinado. Este processo em climatologia complexa é chamado "*estado de tempo instantâneo*", mas é impossível classificar infinitos tipos de tempo por isso é comumente aplicado outro conceito chamado de "*estado do tempo diário*" (Lecha, 1992). O estado do tempo diário (ETD) segundo Lecha, Paz e Lapinel (1994) é definido pela característica predominante do complexo meteorológico num intervalo de 24 horas, por exemplo: um dia ensolarado, muito quente, chuvoso, tempestuoso, frio ou suas combinações.

Cronologicamente, podem-se definir as condições meteorológicas prevaletentes no período da manhã à noite, porque nessas horas o ETD passa a ser relacionado com o clima predominante. Nem conceitualmente a classificação de ETD é única, porque depende da aplicação específica para a qual ela é feita. Não é a mesma interação de tempo referido para a saúde humana que o tempo referido com a produção de cana de açúcar ou de bananas (Lecha e Nourzhanova, 1990), o mesmo acontece com as influências climáticas em atividades turísticas ao ar livre que fazem parte dos tratamentos climatoterapêuticos em spa e sanatórios ou em praias.

Com fins Biometeorológicos, para aplicações na saúde humana, podem ser considerados *a priori* os elementos do complexo meteorológico diretamente envolvido no equilíbrio de calor do corpo humano, ou aqueles que expressam uma mudança abrupta (de contraste) do ambiente que rodeia a homem.

2.4 Macroprocessos da circulação geral da atmosfera.

Segundo Dzerdzeevkii et al. (1946), os processos da circulação geral da atmosfera (CGA) denominados como, mecanismos elementais de circulação (MEC), permitem o transporte de massa e energia em períodos de tempo de 2 a 10 dias.

Alisov e Poltaraus (1974) propôs um método para classificar diariamente o tipo de circulação atmosférica de uma determinada região baseando-se nos MEC. Este método identifica para um ponto ou lugar de interesse, qual é a direção predominante do fluxo de transporte nesse dia, o que pode ser do setor norte, sul, leste ou oeste. Para separar os setores são desenhadas duas retas, cujo ponto de intercepção e precisamente o lugar de interesse para o estudo (Figura 2.).

Do ponto de vista biometeorológico, esse método é aplicado para determinar o tipo de circulação predominante em uma determinada região, em períodos nos quais foram reportados máximos de doenças na população.

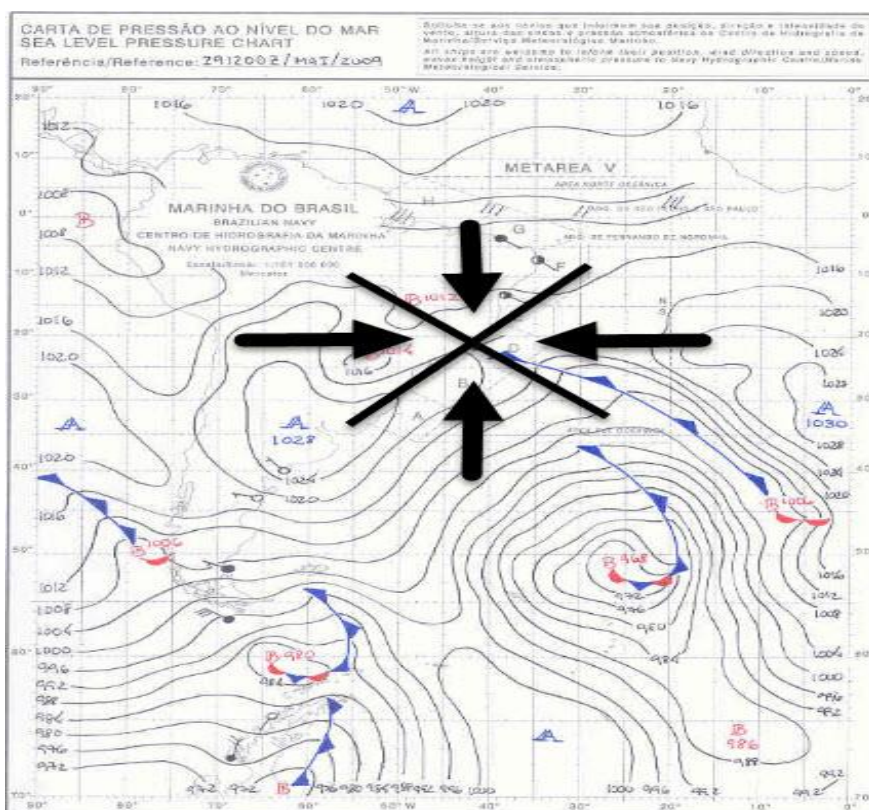


Figura 2. Exemplo de um mapa diário de superfície onde se emprega o método proposto por Alisov e Poltaraus (1974) para classificar o tipo de circulação atmosférica dominante em uma determinada região.

Samuel Braun (2003) fez uma análise similar para a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e encontraram vários tipos de macroprocessos da circulação geral da atmosfera. O autor utilizou dados de reanálise do NCEP (*National Center for Environmental Prediction*) das 1200 UTC, cartas de pressão de superfície plotadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação do Ministério de Marina (DHN), também às 12 UTC, imagens de satélite meteorológico GOES-8 do canal infravermelho, e dados da estação meteorológica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo (USP). No final identificaram as seguintes condições sinóticas para a região:

- Alta subtropical (ASAS) do Atlântico Sul;
- Alta polar (AP): caracterizada pelo deslocamento marítimo do anticiclone extratropical;
- Frente Fria (FF) no estado de São Paulo;
- Pré-frontal (PRÉ): frente fria antes de atingir o estado de São Paulo;
- Pós-frontal (PÓS): frente fria que passou pelo estado de São Paulo.

2.5 Variabilidade do clima e sua influência sobre as doenças na população

A relação entre o clima e a saúde humana é complexa e difícil de estabelecer. Numerosos estudos epidemiológicos têm demonstrado que o tempo e o clima, como componentes ambientais, afetam a saúde dos seres humanos, e denominam as distintas reações a estes componentes como meteorotrópicas ou biometeorológicas. Bucher e Haase (1993) apontaram que com exceção das condições extremas, as mudanças do tempo não podem causar as doenças, mas estes podem ser um disparador para a ocorrência de doenças agudas ou contribuir ao agravamento de problemas crônicos, se a habilidade do organismo para adaptar-se a estas mudanças não é boa o suficiente como para neutraliza-la.

A maioria dos textos médicos indica que vários fatores são o substrato da ocorrência de doenças cardiorrespiratórias: dieta excessiva, açúcares refinados, gordura e sal, o consumo excessivo de álcool, tabagismo, obesidade, sedentarismo, antecedentes familiares (origem genética), raça, sexo, profissão, stress, superlotação, diabetes

Fundamento teórico

mellitus, hipertensão e condições socioeconômicas, sendo estes, de modo geral, fatores de risco tradicionais. Estudos recentes envolvem outros fatores associados à ocorrência deste tipo de doença, tais como o acesso aos serviços de saúde, o surgimento de situações de desastre, o grau de urbanização e desenvolvimento industrial, os eventos meteorológico-tropicais extremos e as particularidades do clima e a geografia de cada região.

No entanto, destes fatores é bem importante pesquisar em aqueles que estão associados a fenômenos meteorológicos e climáticos, como por exemplo, os eventos meteorológico-tropicais extremos e às particularidades do clima e a geografia de cada região, pois, apesar de ter estudos que evidenciam a estreita relação entre o tempo, o clima e a saúde humana, ainda resta trabalhar mais na forma na que essas relações são apresentadas ao pessoal encarregado de tomar as decisões em casos de situações de saúde adversas na população, para que em seu devido momento possam ter uma melhor compreensão destes importantes fatores de risco.

Na atualidade existe um grande interesse tanto dos governos como da comunidade científica global em entender melhor a relação tempo-clima-saúde, para implementar políticas de gestão que conduzam à redução dos impactos relacionados ao clima e sua variabilidade, a fim de adotar medidas de adaptação seguras e sustentáveis. Os impactos meteorológico-tropicais negativos para a saúde humana podem ocorrer diretamente (Ex. doenças respiratórias ou cardiovasculares), ou de forma indireta, como resultado de outros eventos que afetam aos seres humanos, como por exemplo, secas, inundações e epidemias (Bucher e Haase, 1993).

3. Dados e metodologia

3.1 Região de estudo

O município de São Paulo é uma das regiões mais vulneráveis do mundo aos efeitos dos fenômenos meteoro-trópicos perigosos por causa dos 14 milhões de veículos e mais de 20 mil indústrias (CETESB, 2014) que se encontra nela. Além disso, o município de São Paulo está sujeito a eventos meteorológicos severos de fortes precipitações e quedas de temperaturas que somado as condições higiênico-sanitárias deficientes, ajudam ao aumento de doenças na população, a qual corresponde a 10% da população brasileira (42 milhões de habitantes), com uma mancha urbana que abrange uma área de aproximadamente 100 x 50 km (Figura 3).

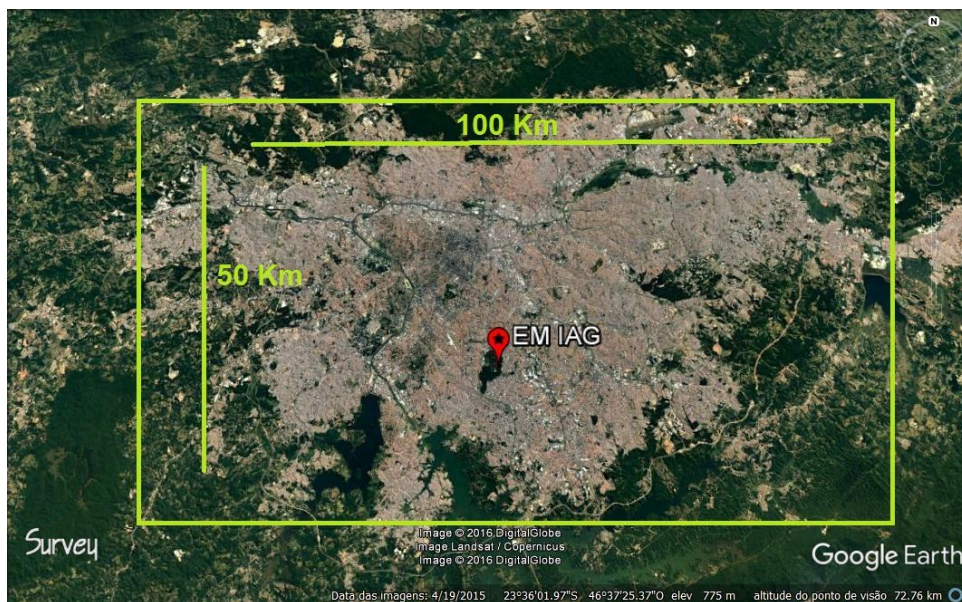


Figura 3. Mancha urbana do município de São Paulo. Setas indica a estação meteorológica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG).

3.1.1 Condições geográficas do município de São Paulo

O município de São Paulo está localizado nos 23°S e 46°W, na região sudeste do Brasil. No censo demográfico de 2010, a população do município era de 11 milhões de habitantes de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), apresentando uma densidade populacional de 7 387,69 hab./km². Conforme o este censo, 11 152 344 habitantes viviam na zona urbana (99,1%) e 101 159 na zona rural

(0,9%). A região urbana situa-se praticamente na Bacia Sedimentar de São Paulo, cujo principal Vale é o Rio Tietê, orientado no sentido leste-oeste, com altitude média de 720 metros e extensa planície de inundação. Essa bacia é cercada ao norte pela Serra da Cantareira, também orientada no sentido leste-oeste, com altitudes que atingem até 1200 metros e a leste-sul pelo reverso da Serra do Mar com altitudes que ultrapassam os 800 metros. O município de São Paulo está aproximadamente a 45 km do Oceano Atlântico, e é o terceiro maior conglomerado urbano do mundo (CETESB, 2004).

3.1.2 Condições climáticas do município de São Paulo

A região Sudeste do Brasil, onde o município de São Paulo está inserido, devido a sua localização latitudinal, é caracterizada como uma região de transição entre climas tropicais de latitudes baixas e climas subtropicais (Koeppen) de latitudes médias. O sul da Região Sudeste é afetado pela maioria dos sistemas sinóticos que atingem o sul do país, com algumas diferenças em termos de intensidade e sazonalidade do sistema (Climanálise Especial, 1996). A região caracteriza-se por verões chuvosos e invernos secos. Nos meses de outubro e março ocorre grande parte da de precipitação anual.

A precipitação de verão no sudeste do Brasil é dependente do estabelecimento ou não da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e outros sistemas (Paegle e Mo, 1997). A ZCAS é definida como uma faixa persistente de nebulosidade orientada noroeste-sudeste associada a uma zona de convergência na baixa troposfera que se estende desde o sul da Amazônia até Atlântico Sul-Central, bem caracterizada nos meses de verão (Silva Dias, 1995). Durante os períodos de ZCAS ativa, a precipitação persiste por vários dias consecutivos com chuvas em uma mesma área, muitas vezes causando inundações.

Os sistemas frontais estão associados ao escoamento ondulatório da macro escala, que durante o verão, podem se intensificar no sul do país e provocar intensa precipitação na região sudeste (Climanálise Especial, 1996). Sistemas convectivos de mesoescala que se formam no Paraguai, ao norte da Argentina e leste dos Andes, algumas vezes deslocam-se para o sudeste do Brasil trazendo chuvas para a região na estação de verão (Velasco e Fritsch, 1987; Rocha, 1992). Linhas de instabilidade pré-frontais, associadas à brisa marítima, também contribuem para a precipitação de verão no sudeste do Brasil.

O clima no município de São Paulo apresenta inverno seco e verão úmido, com temperaturas que variam de 15°C (média das mínimas) nos meses mais frios e de 22°C (média das máximas) nos meses mais quentes, com média anual de temperatura de 19°C (IAG, 2008). A precipitação média em agosto (inverno) é aproximadamente 50 mm, enquanto que em fevereiro (verão), é próxima a 250 mm (INMET, 2004). É importante destacar que existe uma clara separação de estação seca (abril-setembro) e úmida (outubro-março).

O estudo realizado por Oliveira et al. (2003), considerando 11 estações meteorológicas na município de São Paulo durante o ano 1988, mostrou a influência topográfica e urbana sobre o padrão de velocidade do vento. Os resultados mostraram que a circulação sobre a área do município de São Paulo é dominada por três principais fatores: brisa marítima; circulação de vale-montanha e o efeito urbano, tais como rugosidade, construções e ilha de calor. Oliveira et al. (2003) observaram que durante os meses mais quentes do ano a brisa marítima é uma característica dominante na variação média diurna do vento e que os efeitos térmicos na circulação vale-montanha sobre o fluxo são mais facilmente vistos em padrões temporais de divergência/convergência. Esses efeitos térmicos, em geral, foram mais importantes nos meses mais frios, à noite e onde as velocidades dos ventos são fracas.

3.2 Dados utilizados

A continuação será apresentada o conjunto de dados analisados para o desenvolvimento da presente pesquisa. As seguintes seções serão apresentadas pela ordem e magnitude de complexidade.

3.2.1 Variáveis meteorológicas

Foram utilizados dados de baixa frequência, medidos na Estação Meteorológica do Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA) do IAG da USP, localizada no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, na zona Sul de São Paulo (23° 39'S, 46°37'W) a 900 m de altitude para o período compreendido entre os anos 2003-2014. As variáveis utilizadas neste estudo foram, pressão atmosférica (1200 UTC, hPa), temperatura do ar (1200 UTC, máxima e mínima diária, °C), umidade relativa do ar (1200 UTC e média

Dados e Metodologia

diária,%), velocidade do vento (1800 UTC, média diária, Km h^{-1}), precipitação (média diária, mm), cobertura de nuvens (média diária, oitavos).

3.2.2 Dados de saúde

Os dados de morbidade (número de ingressos hospitalares) diária de doenças cardiovasculares (DCV) e respiratórias (RESP) para o município de São Paulo foram obtidos através do Data-SUS (Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde) para todo o período. Na Classificação Internacional de Doenças nº 10 (CID-10, 2003), as DCV correspondem-se com os códigos dentro do limiar I05–I09 (crônicas), que representam a população na faixa etária com mais de 65 anos (idosos). No caso das doenças RESP, foram divididas em duas categorias, crianças (RESPC) e idosos (RESPI), sendo consideradas somente a faixa etária com 65 anos ou mais e a faixa etária com 14 anos ou menos. Os dados de doenças RESP escolhidos são os que se correspondem aos códigos dentro do limiar J10 - J18 (pneumonia, influenza), o limiar J40 - J47 (crônicas), dentro desse limiar os códigos J45 e J46 representam a asma.

3.3 Metodologia

3.3.1 Cálculo da densidade parcial de oxigênio no ar (DOA).

Seguindo a Lei de Dalton (Wallace e Hobbs, 2006) que planteia que a pressão atmosférica pode ser considerada como a soma das pressões parciais dos componentes do ar (ex. nitrogênio, oxigênio, vapor de água e outros), Ovcharova (1981) obteve a densidade parcial de oxigênio dissolvido no ar (DOA), e analisou a sua variação em 24 horas (Índice DOA). O autor considerou que, como o oxigênio ocupa o 23,15% da massa contida em 1m^3 de ar úmido, a pressão parcial do oxigênio (P_{O_2}) pode ser expressa como:

$$P_{O_2} = a (P - TVA) \quad (1)$$

onde, P é a pressão atmosférica (hPa), TVA é a tensão de vapor de água (hPa), $a = 0.2315$ é a proporção que ocupa a massa do oxigênio em 1 m^3 de ar úmido, o que considera-se aproximadamente constante.

A pressão parcial do oxigênio manifesta uma variação pouco significativa na atmosfera (2 hPa e 5 hPa), isso é devido a que depende grandemente da alteração da pressão atmosférica (variável de pouca variação), e em menor medida do conteúdo de umidade do ar. Consequentemente esta variação pouco significativa não se considera influente na ocorrência de reações meteoro-patológicas. O cálculo da pressão parcial do oxigênio utiliza-se amplamente em estudos de fisiologia experimental, em medicina cósmica e é também empregada como parte do estudo dos processos de difusão pulmonar durante a respiração e adsorção-concentração de oxigênio do ar.

Baseando na Lei dos gases de Clapeyron – Mendeleiev e empregando a expressão (1) apresentada anteriormente, Ovcharova (1981) usou a expressão (2) para obter a densidade parcial de oxigênio dissolvido no ar (DOA), a qual pode ser empregada como um indicador biometeorológico quantitativo.

$$DOA = \rho_{O_2} = \frac{P_{O_2}}{R_d T} = \frac{a (P - TVA)}{R_d T_a} \quad (g \ m^{-3}) \quad (2)$$

onde $R_d = 287 \text{ J Kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ é a constante universal do ar seco e T_a temperatura absoluta do ar (K),

No presente trabalho foi empregada a expressão (2) utilizada por Ovcharova (1981) para o cálculo da DOA, posteriormente foi analisada sua diferença em 24 horas (índice DOA). Para isto foram utilizados os dados de temperatura, pressão e umidade das 1200 UTC.

3.3.2 Tipos de Circulações (TC)

Para determinar os Tipos de Circulações (TC) que influenciam o município de São Paulo nas diferentes épocas do ano, foi empregado o método proposto por Alisov e Poltaraus (1974) (detalhes seção 2.4), para isto foram analisadas cartas sinóticas de superfície geradas pela diretoria de Hidrografia e Navegação do Ministério da Marina (DHN), no horário das 1200 UTC. A disponibilidade das cartas sinóticas foi limitada entre os anos 2004-2006, devido a isto a análise foi realizada no período 2007-2013. O critério e código utilizado para a classificação dos TC é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação dos Tipos de Circulação de massas de ar.

Direção do Vento (°)	Tipos de Circulação	Códigos
316 a 45	N	4
46 a 135	E	3
136 a 225	S	2
226 a 315	O	1
Calma	C	0

3.3.3 Classificação dos estados de tempo diários (ETD)

Seguindo o proposto por Lecha (1981), o qual aplicou um método objetivo de classificação dos estados de tempo a partir do comportamento diário de uma seleção de variáveis meteorológicas, neste estudo foram empregadas variáveis que para as condições de clima subtropical, quente e úmido que predominam no estado de São Paulo cumpram com o seguinte:

- Sejam observações meteorológicas de rotina (temperatura, pressão, vento etc.).
- Expressem a influência dos principais fatores que formam o clima local.
- Influam no conforto ou desconforto térmico do corpo humano.
- Expressem o contraste diário e as diferenças em 24 horas do complexo meteorológico.
- Mostrem a ocorrência de fenômenos atmosféricos de interesse para a saúde.

Seguindo Lecha (1992) foram empregados os critérios expressos na Figura 4, e a classificação apresentada na Tabela 2, para determinar os ETD no município de São Paulo. As variáveis escolhidas foram, temperatura máxima e mínima diária (°C), nebulosidade média durante o dia (oitavos), umidade relativa média diária (%) e a média diária da velocidade do vento.

NUBOSIDAD (OCTAVOS)	HUMEDAD RELATIVA %	TEMP. MAX ≤ 30°		TEMP. MAX > 30°		MAX ≤ 30° MIN ≤ 10° MAX ≤ 20° 10 < TN ≤ 20°			
		T MIN 20°	10 < TN 20°	T MIN 20°	10 < TN 20°				
0	≤ 60	II / XIII		XII		XIII			
	61-80	VII		XI SP					
1	81-90	I SV I CV	VII		XI CP				
	≤ 60	II / XIII		XII					
2	61-80	VI SP		XI SP					
	81-100	I SV I CV	VI CP		XI CP				
3	≤ 60	II / XIII		V SP			XIII		
	61-80	V CP		X CP					
4	81-100	I SV I CV	V CP		X CP				
	≤ 60	II / XIII		III SP				XIII	
5	61-80	III SP		VIII SP					
	81-100	I SV I CV	IV CP		IX CP				
6	≤ 60	II / XIII		III SP		XIII			
	61-80	III SP		VIII SP					
7	81-100	I SV I CV	IV CP		IX CP				

Figura 4. Critérios para a classificação dos estados locais do tempo diário. A partir de variáveis como nebulosidade (N), umidade relativa (HR), temperatura máxima (T_{Max}) e mínima (T_M).

Tabela 1. Designação dos tipos e subtipos de ETD para São Paulo

Códigos	Tipos	Subtipos	Denominação dos estados do tempo diário (ETD)
1	I	I sv	Muito quente e muito úmido, sem vento
2		I cv	Muito quente e muito úmido, com vento
3	II	II	Muito quente e ligeiramente úmido
4	III	III	Coberta quente
5	IV	IV	Chuvoso e quente
6	V	V sp	Nublado quente, sem precipitações
7		V cp	Nublado quente, com precipitações
8	VI	VI sp	Quente, ensolarado e úmido, sem precipitações
9		VI cp	Quente, ensolarado e úmido, com precipitações
10	VII	VII	Quente, claro e ligeiramente úmido
11	VIII	VIII	Coberto, fresco ou frio
12	IX	IX	Chuvoso, fresco ou frio
13	X	X sp	Nublado, fresco ou frio, sem precipitações
14		X cp	Nublado, fresco ou frio, com precipitações
15	XI	XI sp	Fresco ou frio, ensolarado e úmido, sem precipitações
16		XI cp	Fresco ou frio, ensolarado e úmido, com precipitações
17	XII	XII	Frio, claro e ligeiramente úmido
18	XIII	XIII sv	Muito frio, sem vento
19		XIII cv	Muito frio, com vento

A classificação apresentada na Tabela 2 permite identificar 13 tipos e 19 subtipos de ETD, os que cumprem com importantes regularidades climáticas e físico-geográficas que permitem estudar o clima da região em questão. As variações contrastantes em 24 horas do complexo meteorológico são identificadas pela ocorrência de mudanças súbitas nos ETD nesse período de tempo, indicando a capacidade potencial dos processos meteorológicos atuantes, para causar efeitos meteoro-trópicos à população.

O clima local pode ser representado segundo os ETD através de um diagrama de frequência anual o mensal de cada ETD, dessa forma pode ser observada claramente a variação sazonal do clima local, e também o tempo predominante em qualquer época do ano, isto é possível de observar também em países de pequena variabilidade climática tais como Cuba (Lecha, 1992).

3.3.4 Dinâmicas para dias sucessivos nos TC

Para realizar a análise da possível influência das variações contrastantes dos TC, no aumento das doenças na população por DCV, se realizou um *lag* de 4 dias a todas as variáveis envolvidas (TC, DCV), com o objetivo de observar a resposta biotrópica na população, pois estas tendem a ter um atraso na sua manifestação. Posteriormente, as DCV de cada dia (0-72 horas) foram filtradas atendendo ao valor de DCV superior à média mais um desvio padrão, garantindo que a amostra final esteja conformada pelos maiores números de casos de ocorrência por DCV para dias sucessivos. Desta forma obtém-se uma sequência de códigos dos TC nos 4 dias de *lag* (dinâmica de dias sucessivos) correspondente aos valores mais significativos de ocorrência de DCV.

3.3.5 Ocorrência de máximos significativos das doenças e os ETD

Existem várias formas de definir os máximos diários de uma doença associados às mudanças do tempo, é importante levar em conta a distribuição espacial da mesma pois se não há sincronismo entre os máximos observados em centros de saúde vizinhos, resulta difícil separar os máximos por efeitos meteoro-trópicos dos máximos por efeitos locais ou associados a outras causas ambientais ou socioeconômicas como a pobreza, o tipo de assentamento, as condições higiênico-sanitárias, etc. Devido à ausência de um mapa comparativo do comportamento espacial das doenças, foi elevado o umbral dos

máximos diários, para assim baseados na lógica estatística, identificar os dias associados a condições meteorológicas capazes de produzir efeitos meteoro-trópicos na população.

Para determinar os máximos que podem estar associados à ocorrência de condições catalizadoras do estado do tempo podem ser aplicados dois métodos: o primeiro consiste em aumentar progressivamente o valor do umbral utilizando o desvio padrão como base do cálculo, obtendo-se três limiares: a média mais desvio padrão, a média mais dois desvios padrões e a média mais três desvio padrões. O segundo método considera a ocorrência dos máximos desde um até quatro dias consecutivos (poderiam ser mais ou menos) porque de essa forma podem-se resolver-se vários problemas como:

- Quando os máximos ocorrem em dias consecutivos é menos provável que seja por influências locais.
- Também pode ser aplicado o método de filtrado mencionado anteriormente, ou seja, variando o umbral diário, seletivamente, para buscar o melhor ajuste e analisando o efeito final nos quatro dias utilizados como período de referência.
- A valoração dos máximos em dias consecutivos oferece diretamente a sequência (códigos) das variáveis em questão (ETD) que originam uma dinâmica biotrópica por excelência, que é o que se precisa encontrar.

Neste trabalho foi aplicado o método que considera a ocorrência dos máximos desde um até quatro dias consecutivos, pois desta forma pode ser realizado uma análise mais completo, garantindo que os máximos encontrados estejam associados a efeitos meteoro-trópicos. Empregando este método poderão ser obtidas as sequências o dinâmicas dos ETD correspondentes aos máximos más significativos (superiores à média mas um, dois ou três desvios padrões durante quatro dias sucessivos). Uma vez identificadas estas sequências, são analisados na amostra original todos os casos da doença em questão associados a estas, mesmo que não foram casos significativos, para desta forma comprovar a influência o não dos efeitos meteoro-trópicos.

3.3.6 Estratificação da DOA

Foi analisada a relação entre o comportamento da DOA e do índice DOA com respeito às variáveis meteorológicas e às doenças durante o período de estudo, para isso foi realizada uma classificação dependo do comportamento da DOA. Foi levando em conta a magnitude do desvio padrão (DP) de toda a amostra (Tabela 3).

Tabela 3. Classificação do comportamento da DOA atendendo à magnitude do desvio padrão (DP).

Categorias	Crítérios
Hiperoxia forte	Valor médio + 3DP
Hiperoxia moderada	Valor médio + 2DP
Hiperoxia débil	Valor médio + DP
DOA neutral	Valor médio ± DP
Hipóxia débil	Valor médio – DP
Hipóxia moderada	Valor médio – 2DP
Hipóxia forte	Valor médio – 3DP

3.3.6.1 Comportamento estável da DOA e o índice DOA

Para a análise do comportamento estável da DOA se realizou, assim como para os TC, um lag de 4 dias aos valores da DOA e das doenças aqui estudadas, e posteriormente foram filtrados para dividir as condições de Hipóxia das de Hiperóxia. Para separar ambas as condições se calculou a média da DOA para o período, mais e menos um desvio padrão, ou seja, valores acima da média mais um desvio padrão indicam condições de Hiperóxia e valores inferiores a da média menos um desvio padrão indicam condições de Hipóxia. Posteriormente foram analisados os dias sucessivos onde se manteve a mesma condição, ou seja, condições biometeorológicas semelhantes e foram estabelecidas relações objetivas com a ocorrência das doenças. Para a análise foi calculada a anomalia das doenças com respeito à média geral da mesma para cada *lag*, empregando a seguinte expressão:

$$\text{Anomalia ou erro relativo} = \frac{(\text{valor específico } (X_i) - \text{média geral } (X_m))}{\text{média geral } (X_m) * 100}$$

3.3.7 Padronização dos dados

Visto que o conjunto de dados (parâmetros meteorológicos, índice DOA) apresentam unidades físicas (escalas) diferentes, serão normalizados com a finalidade de remover a influência da localização e extensão do conjunto de dados (Munn, 1970). As unidades físicas do conjunto de dados são canceladas, tornando-as quantidades adimensionais. O procedimento adotado para padronização é calcular o desvio padrão S_x em relação à média de um determinado conjunto de dados (X) e dividir por este através da seguinte equação:

$$Z = \frac{X_i - \bar{X}}{S_x}$$

3.3.7.1 Coeficiente de correlação linear de Pearson (r)

A correlação é uma medida da relação entre duas variáveis. O coeficiente de correlação (r) pode variar entre -1 (correlação negativa perfeita) e +1 (correlação positiva perfeita). Se a relação é direta, o coeficiente será positivo e se a relação é inversa, o coeficiente será negativo. Um valor de $r = 0$ representa ausência de correlação (Bunchaft e Kellner, 1999). O coeficiente de correlação é o resultado da divisão da covariância amostral de duas variáveis X e Y , pela raiz quadrada do produto das suas variâncias:

$$r = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{X})^2 \sum(Y - \bar{Y})^2}}$$

3.3.8 Estudo de Casos

Com o objetivo de verificar a associação entre as internações hospitalares e as variáveis meteorológicas, fez-se um estudo de casos, baseado nos casos em que se registraram uma maior ocorrência de internações por doenças cardiovasculares (DCV) e doenças respiratórias em idosos (RESPI). Para isso foram empregadas as médias diárias dos parâmetros meteorológicos, pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa), temperatura a 2 m de altura (°C) e vento a 10 m de altura, obtidos do ERA Interim, ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts), com resolução de 0.75×0.75 (Dee et al., 2011). Utilizando o software MATLAB estes campos foram plotados para a análise das condições do tempo nesses dias.

Para complementar a análise, identificando a cobertura de nuvens, sistemas frontais e ciclones atuantes na área de interesse, foram empregadas imagens de satélite das 12 00 UTC, correspondentes aos dias dos casos escolhidos, estas foram obtidas do CPTEC/INPE (Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos), no canal infravermelho quatro, do GOES 10 e GOES 12 (Geostationary Satellite Server), além disso, será analisado o comportamento das variáveis calculadas (ETD, TC, o DOA e índice DOA) e meteorológicas.

4. Resultados e discussões

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos na presente pesquisa, exemplo de isto é, o comportamento da densidade parcial de oxigênio (DOA) e o índice DOA, características dos parâmetros biometeorológicos, a classificação dos ETD, a determinação dos tipos de circulação e também o estudo de casos significativos.

4.1 Análise do ritmo das doenças

Segundo os registros de dados disponíveis no Sistema Único de Saúde (DATA-SUS), para o período de estudo houve maior registro de doenças cardiovasculares em idosos (DCV) com um 66 %, seguido do registro de doenças respiratórias em crianças (RESPC) com um 26 % e doenças respiratórias em idosos RESPI com um 7 % (Figura 5).

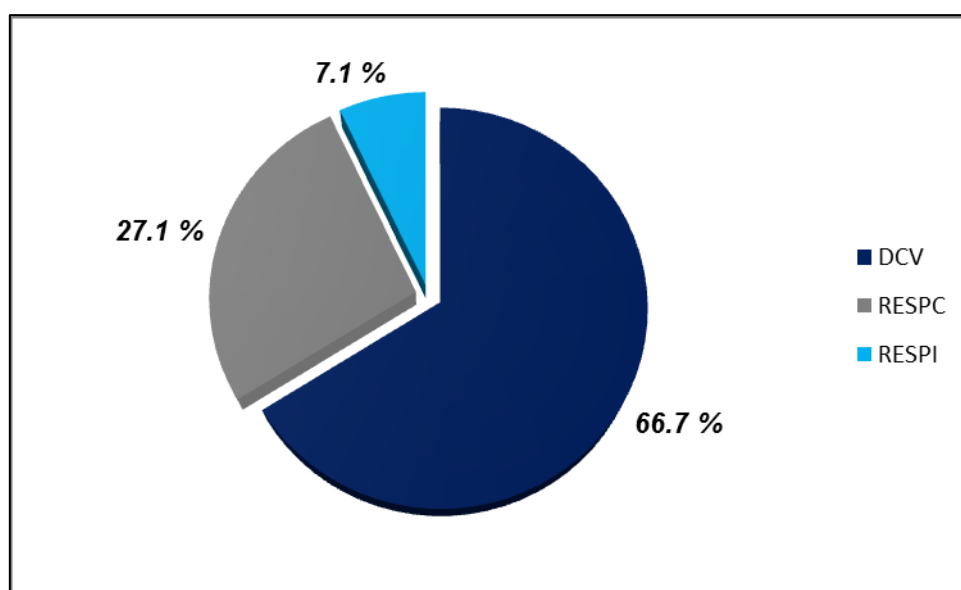


Figura 5– Morbidade diária para DCV, RESPC e RESPI no período de 2004 a 2013.

4.1.1 Doenças cardiovasculares

Na Figura 6 mostra-se a variação diária das DCV no município de São Paulo durante o período 2004 a 2013, pode-se observar que estas apresentam uma ligeira variação sazonal e uma fraca tendência crescente (linha vermelha) que indica uma taxa de crescimento de apenas uma internação por ano. A linha de cor preta representa o limite dos casos em excesso, neste caso corresponde a 60 casos por dia, calculados a partir da média das DCV mais seu desvio padrão, a quantidade dos casos em excesso aumenta de

forma mais evidente a partir do ano 2009 o que indica a pertinência e atualidade do estudo, por se tratar de um problema novo em desenvolvimento que deve ser avaliado e caracterizado com todos os elementos disponíveis.

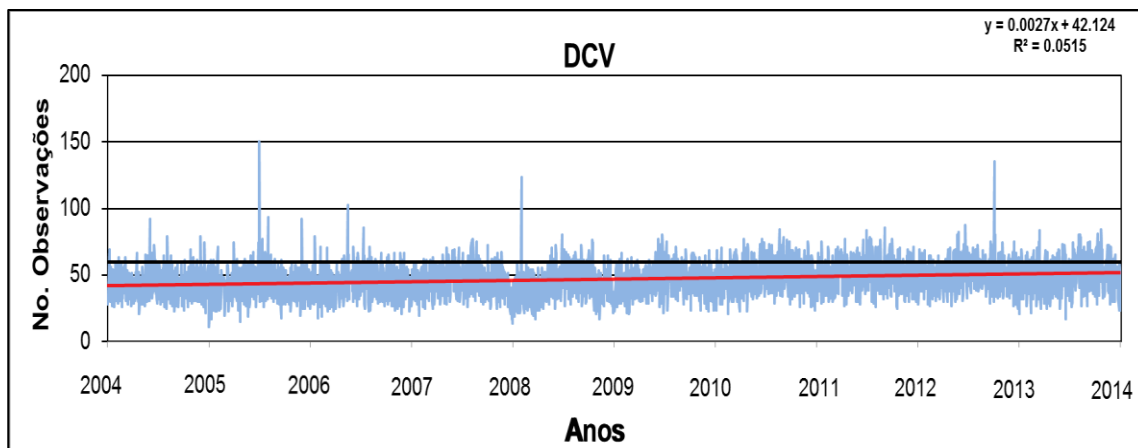


Figura 6– Morbidade diária das DCV para o período de estudo, a linha preta está associada aos casos em excessos e a linha vermelha está associada à tendência da série temporal.

Foram identificados máximos significativos de ocorrência de DCV no período, por exemplo, os anos 2005, 2008 e 2012 tiveram registros de 150, 123 e 135 casos em um dia respectivamente. Foram detectados picos diários muito notáveis (quando o valor diário por internações é superior ao valor por excesso da doença em questão), que devem ser analisados cuidadosamente, com o objetivo de descrever as características das condições meteorológicas existentes nesses dias. A frequência de ocorrência de tais máximos notáveis nas DCV aumentou durante o transcurso do período, especificamente a partir do ano 2009 (Figura 7), indicio que poderia refletir o efeito estressante do clima local sobre os pacientes portadores de doenças cardiovasculares.

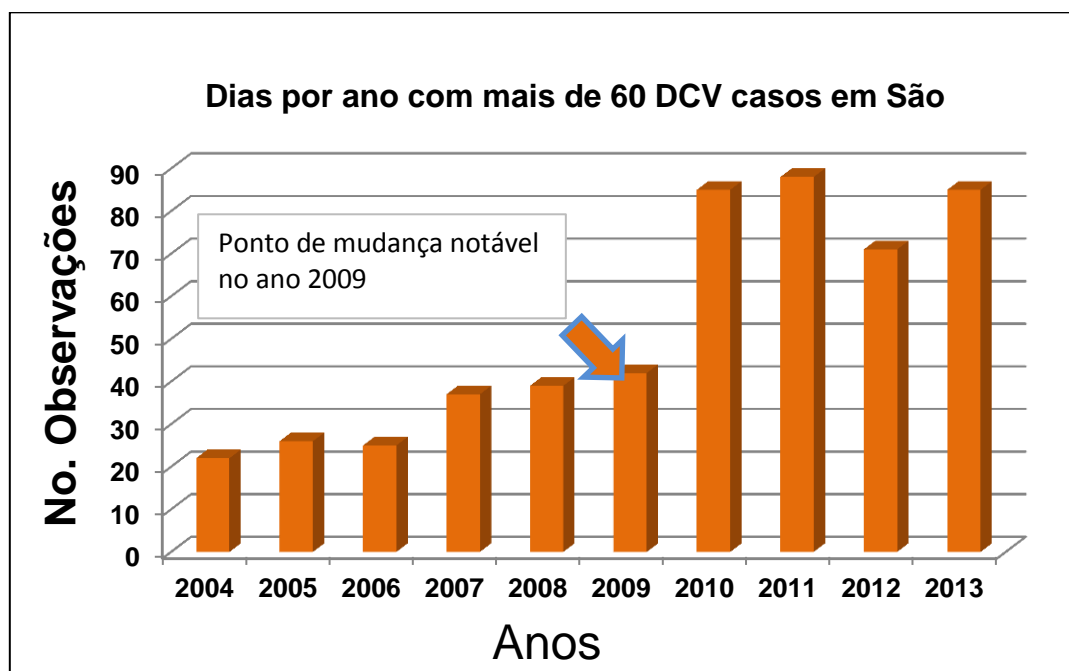


Figura 7– Número de dias por ano, onde foram registrados mais de 60 casos de DCV.

Tal comportamento poderia estar dado pelo aumento do estresse por calor, resultados similares foram obtidos em Cuba (Lecha *et al.*, 2015). Este aspecto já foi discutido por cientistas no ano passado durante o congresso realizado no município de Brasília e também foi abordado por colegas de Puerto Rico, eles abordaram amplamente temas relacionados com a ocorrência de ondas de calor, e explicaram que o ano 2009 foi notável devido à ocorrência de ondas de calor que atingiram diversas áreas do planeta, além disso foi um ano de influência do evento “EL NIÑO” e reportaram-se episódios similares em muitas partes do mundo em aquele verão. Desde então, o fenômeno está se repetindo com efeitos importantes sobre a ocorrência de crises de saúde associadas a doenças cardiovasculares.

4.1.2 Doenças respiratórias em crianças

A variação diária da morbidade por doenças respiratórias em crianças (RESPC) mostra uma variação sazonal bem definida (Figura 8), mas neste caso não se observa tendência nos dados no transcurso dos anos. Os casos em excesso, calculados de forma análoga às DCV, se corresponderam com o valor de 29 casos por dia e resultam máximos no inverno e começo da primavera. A quantidade dos casos em excesso aumenta de forma muito mais evidente que a própria variação diária, também a partir do ano 2009 como ocorre com as DCV. Precisamente o ano 2009 foi muito quente (máximos superiores a

35 °C) e também se caracterizou por anomalias importantes no inverno de ambos os hemisférios, o que concorda com estudos realizados por Lecha (2015) na província de Villa Clara, Cuba.

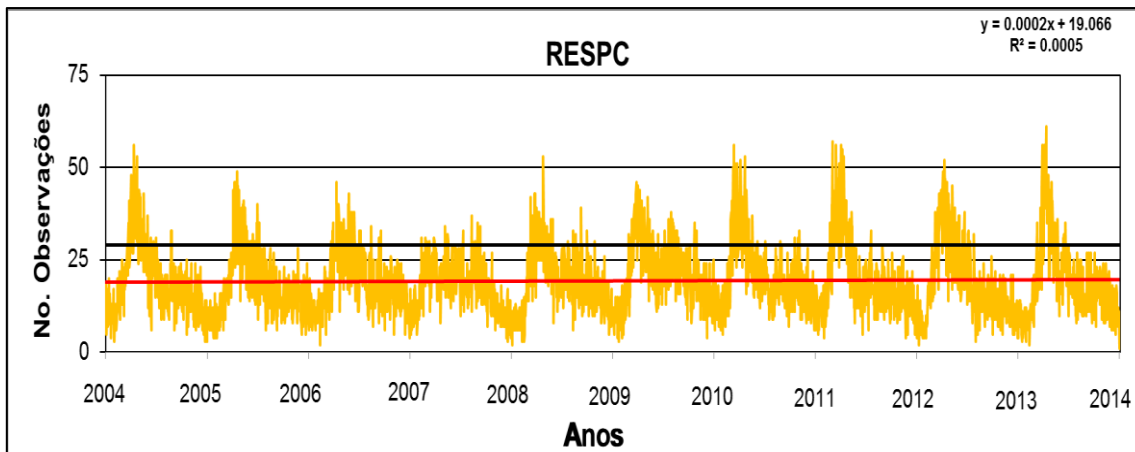


Figura 8– Morbidade diária das doenças respiratórias em crianças para o período de estudo, a linha preta está associada aos casos em excessos e a linha vermelha está associada à tendência da serie.

É notável a presença de alguns máximos significativos, exemplo deles são, o dia 2 de março de 2011 com 57 casos, e o dia 9 de abril de 2013 com 61 casos, estes máximos têm 38 e 42 casos por encima da média da amostra respectivamente.

4.1.3 Doenças respiratórias em idosos

No caso das doenças respiratórias referentes a pessoas com mais de 65 anos (RESPI), observa-se uma clara variação sazonal no período (Figura 9a e 9b). Os casos diários das RESPI manifestam um incremento de ocorrência no começo do inverno e depois os casos vão diminuindo gradualmente até alcançar um mínimo ao final do ano, ou seja, no verão resultados similares foram encontrados por Lecha e Llanes (1988). Isto representa uma resposta biotrópica sazonal clássica descrita anteriormente por diversos estudos biometeorológicos (Paldy et al., 2005).

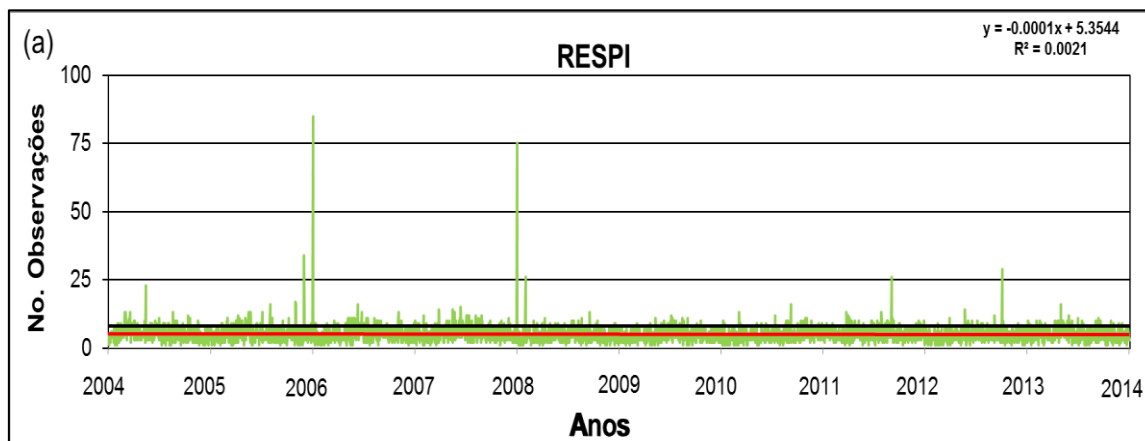


Figura 9a– Morbidade diária das doenças respiratórias em idosos (a) para o período de estudo, a linha preta está associada aos casos em excessos e a linha vermelha está associada à tendência da serie.

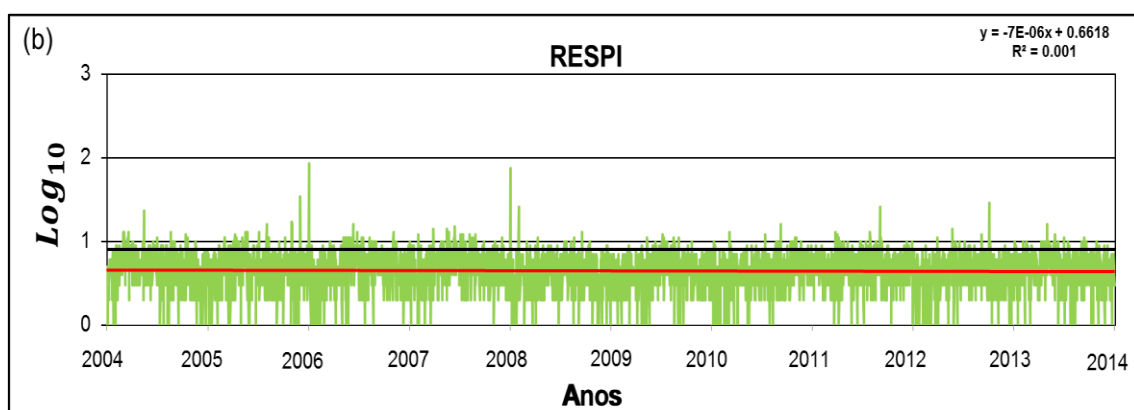


Figura 9b– Morbidade diária das doenças respiratórias em idosos aplicando escala logarítmica no eixo x.

Foram identificados máximos significativos de 85 e 75 casos que ocorreram nos dias 1 de janeiro dos anos 2006 e 2008 respectivamente. Uma vez comprovado que isto não se corresponde com erros na série de dados de nosso estudo, se devem analisar detalhadamente as características do tempo nesses dias e valorizar os possíveis fatores desencadeantes de efeitos meteoro-trópicos significativos, especialmente porque são dias do verão, e por tanto, não devem estar associados a processos extratropicais.

4.1.4 Índice de preferência sazonal

As anomalias da ocorrência diária das doenças antes mencionadas com respeito a sua média geral no período 2004-2013, mostraram ter uma definida variação sazonal, o que indica a influência do efeito do clima local sobre a sua ocorrência (Figura 10).

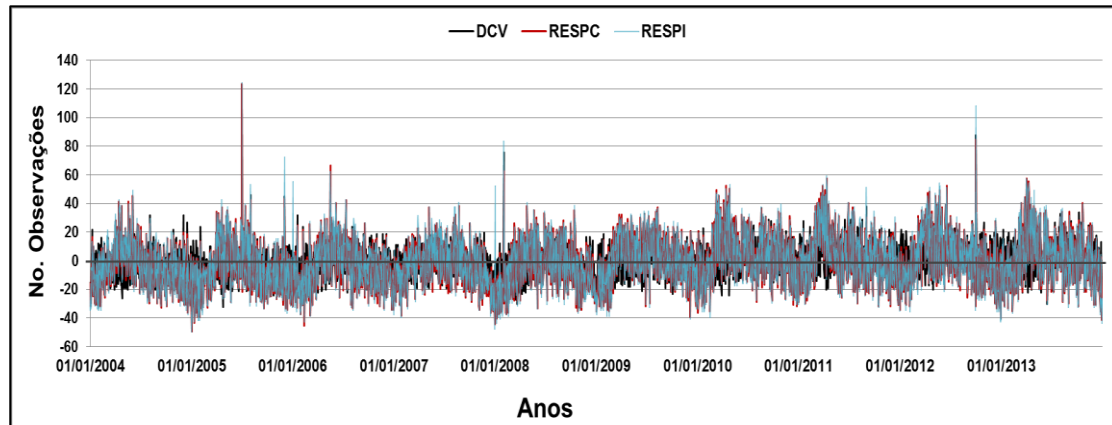


Figura 10– Anomalias diárias das DCV, RESPC e RESPI durante o período de 2004 a 2013.

Com o objetivo de destacar a preferência sazonal de cada doença por separado, foi analisado o índice de preferência sazonal (IPS), atendendo somente os períodos de verão e inverno, este índice está dado pela seguinte expressão:

$$IPS = \frac{\text{Média de casos em verão}}{\text{Média de casos em inverno}} \times 100$$

No caso das DCV, como pode-se observar nas Figuras 11 e 12 a ocorrência de casos por esta doença apresenta um aumento em inverno com respeito a seu comportamento no verão. Desta forma pode-se dizer que esta doença se manifesta preferentemente durante o inverno e apresenta um aumento de ocorrência a partir do ano 2009, mantendo este incremento até o final do período de estudo.

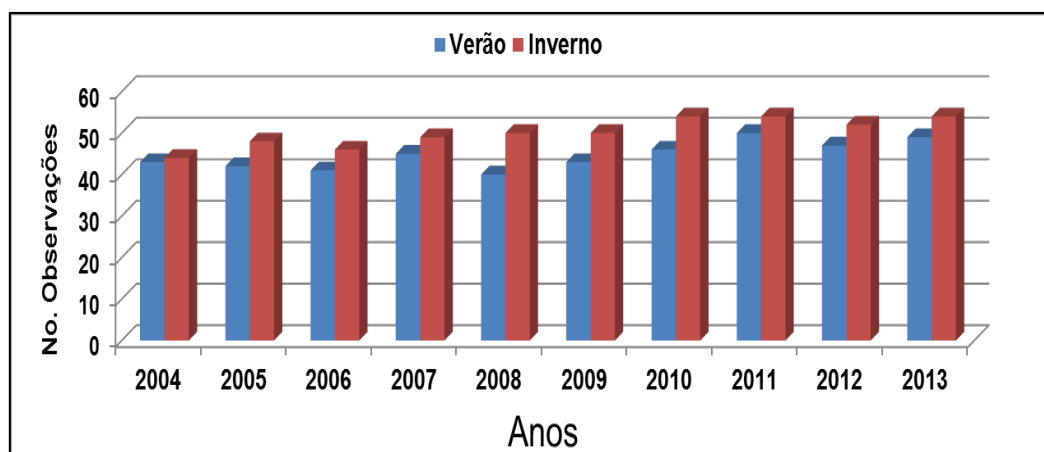


Figura 11– Média de ocorrência das DCV nas estações de verão e inverno durante o período 2004-2013.



Figura 12– Índice anual de preferência sazonal verão e inverno para as DCV durante o período 2004-2013.

Analisando o caso da morbidade devido a RESPC, existe um comportamento mais variado. Nos invernos do período compreendido entre 2004-2009 a ocorrência de casos de RESPC foi maior com respeito ao verão, esta situação se inverteu posterior ao ano 2009, onde a ocorrência da doença resulta ser maior nos meses de verão (Figura 13 e 14).

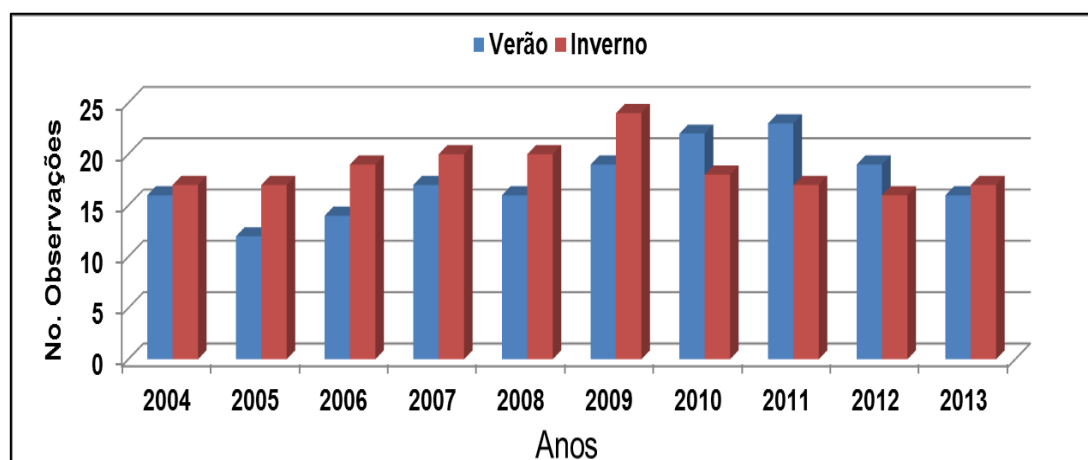


Figura 13 – Média de ocorrência das RESPC nas estações de verão e inverno durante o período 2004-2013.



Figura 14– Índice anual de preferência sazonal verão e inverno para as RESPC durante o período 2004-2013.

Para o caso das RESPI o número de internações devido a esta doença apresenta um comportamento similar durante o biênio de 2005 - 2006 e também no ano 2008 (Figura 15). No resto do período se observa um comportamento variado.

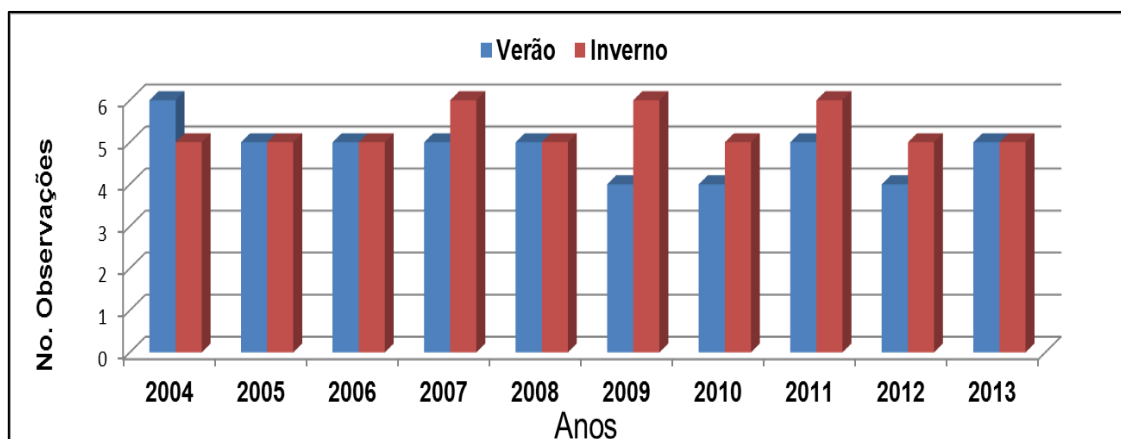


Figura 15– Média de ocorrência das RESPI nas estações de verão e inverno durante o período 2004-2013.



Figura16– Índice anual de preferência sazonal verão e inverno para as RESPI durante o período 2004 a 2013.

4.2 Análise de correlação dos dados

Nesta seção serão abordados os resultados da análise de correlação entre as variáveis meteorológicas de estudo (ver seção 3.1.1) e a morbidade devido a DCV, RESPC, RESPI. Os coeficientes de correlação foram obtidos mediante o calculo das médias mensais e trimestrais de cada variável.

A variação diária das DCV, RESPC e RESPI apresentaram valores baixos do coeficiente de correlação (na sua maioria menores que 0.5, mas com nível de significância $p > 0,05$) com respeito às variáveis envolvidas. A seguir será descrita a análise da variação mensal e trimestral para comparar os resultados.

Na Tabela 4 são apresentadas as correlações entre as variáveis em questão, empregando médias mensais. Notam-se valores relativamente elevados (comparando com os restantes na Tabela) dos coeficientes de correlação entre as DCV e os EDT ($r = 0.5$, $p > 0.05$). Esta doença apresentou valores do coeficiente de correlação de 0.35 e 0.43 com respeito à pressão atmosférica e a temperatura máxima (T_{Max}) respectivamente. A correlação entre morbidade por RESPC e a T_{Max} e o ETD apresentou valores dos coeficientes de -0.24 e 0.22 respectivamente. Por outro lado as RESPC também apresentaram um valor de correlação de 0.24, quando analisadas com respeito à quantidade de oxigênio dissolvido no ar (DOA) e ao índice DOA. Embora estes valores não indiquem uma boa correlação, eles são estatisticamente significativos ($p > 0.05$) e indicam uma relação direta ou inversa entre as variáveis.

No caso das RESPI em relação com a temperatura mínima (T_{Min}) apresentaram um valor do coeficiente de correlação de -0,44, indicando uma relação inversa entre ambas, similares resultados foram encontrados por Lecha (1992).

Tabela 4– Correlações entre as doenças e as variáveis* de estudo empregando médias mensais no período de estudo. Em cor vermelho as correlações maiores ou iguais a 0.5. O nível de significância para estas correlações foi sempre maior que 0.05.

Variáveis	DCV	RESPC	RESPI
TC	0,48	0,10	-0,18
ETD	0,50	0,22	0,34
DOA	0,44	0,24	0,37
Dif-DOA	-0,08	0,24	0,14
T 1200Z	-0,48	-0,23	-0,36
T _{Max}	-0,43	-0,24	-0,35
T _{Min}	-0,54	-0,18	-0,44
TVA	-0,05	-0,09	-0,37
HR 1200Z	-0,12	0,04	-0,18
FF 1800Z	-0,65	-0,31	-0,18
P 1200Z	0,35	0,20	0,10
Dif-P	-0,04	0,12	0,07
N diária	-0,31	-0,21	-0,14
HR diária	-0,21	0,09	-0,22
FF diária	-0,60	-0,37	-0,08
RR	-0,46	-0,35	-0,29

*P (Pressão atmosférica), T (Temperatura), HR (Umidade relativa), FF (Velocidade do vento), TVA (Tensão de vapor de água), N (nebulosidade), TC (Tipo de circulação), ETD (Estado do tempo diário), Dif-DOA (Índice DOA).

Na Figura 17 apresenta-se a variação temporal das DCV e da temperatura mínima para o período 2004 - 2005. O gráfico contém os dados utilizados na análise de correlação empregando médias mensais. A correlação entre estas variáveis apresenta relação inversa indicada pelo sinal negativo do coeficiente de correlação, o que concorda com o encontrado na literatura (Lecha, 1992). É importante salientar que com o objetivo de ilustrar melhor a relação entre as variáveis foram escolhidos para a realização dos gráficos menores intervalos de tempo, desta forma é melhor identificar o comportamento das variáveis.

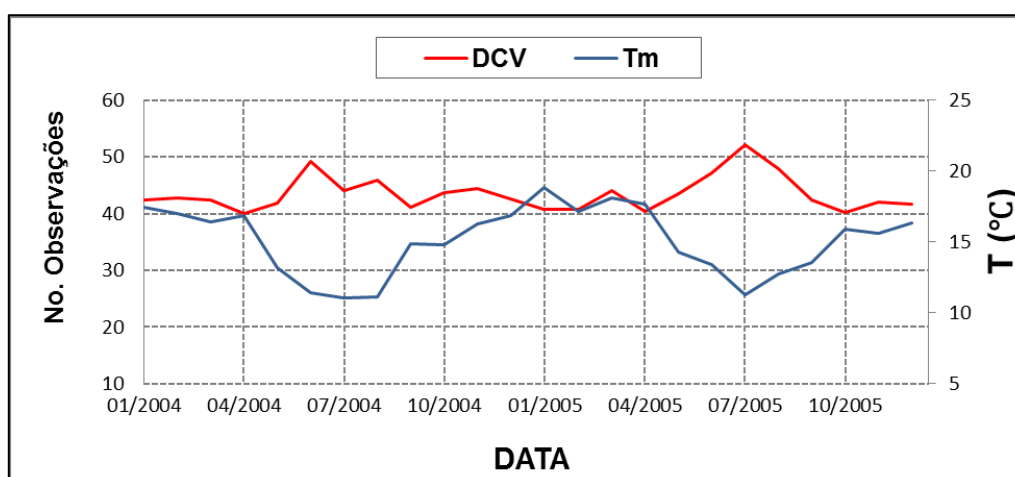


Figura 17– Série temporal da temperatura mínima e das DCV empregando médias mensais. O período apresentado é o biênio 2004-2005.

Na Figura 18 apresentam-se a variação temporal das DCV e da pressão atmosférica para o período de 2008 a 2009, também para o caso onde foram utilizadas médias mensais. As variáveis tendem a apresentar um comportamento sazonal semelhante, em geral um aumento da pressão se corresponde com um aumento das DCV e vice-versa.

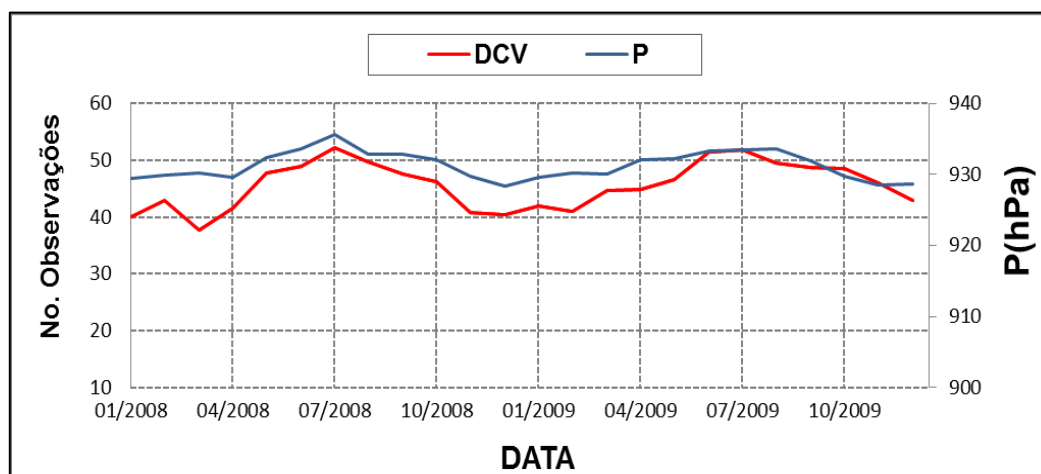


Figura 18– Série temporal da pressão atmosférica e da DCV empregando médias mensais. O período apresentado é o biênio 2008-2009.

Os coeficientes de correlação variaram entre 0,48 para os TC e 0,50 para os ETD em relação as DCV. As Figuras 19 e 20 apresentam a variação temporal das DCV e as variáveis calculadas TC e ETD respectivamente empregando médias mensais. Observa-se como em geral as variáveis tendem a ter um comportamento similar durante o período.

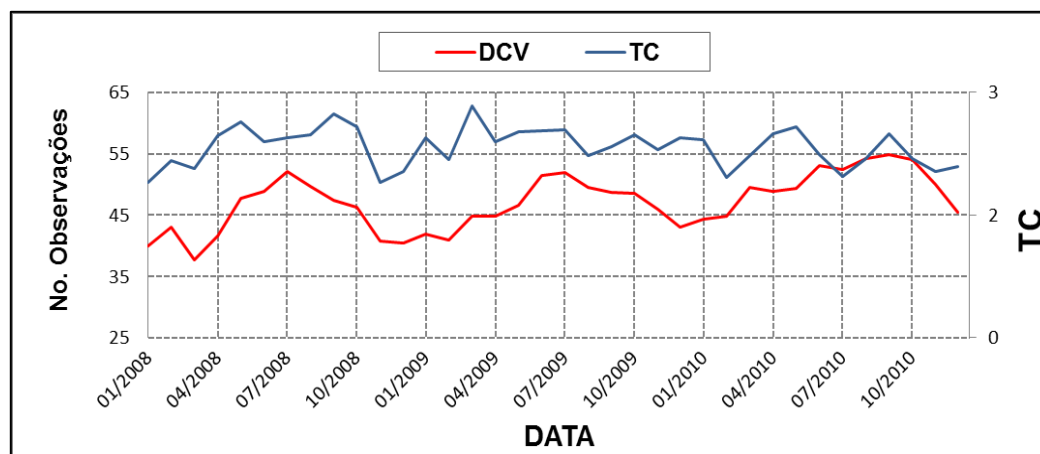


Figura 19– Série temporal dos tipos de circulação (TC) e da DCV empregando médias mensais. O período apresentado é 2008-2010.

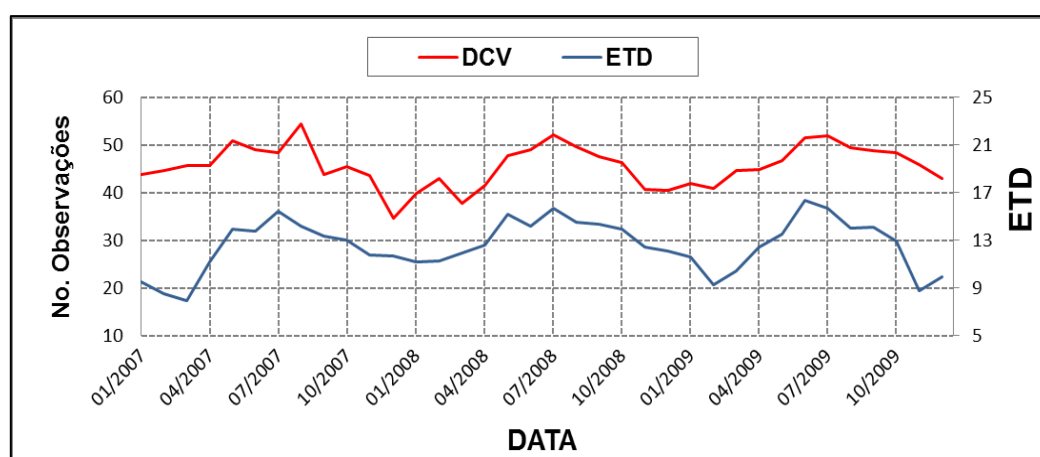


Figura 20– Série temporal do estado do tempo diário (ETD) e da DCV empregando médias mensais. O período apresentado é 2007-2009.

Reproduzindo a análise anterior, mas agora empregando médias trimestrais (Tabela 5), pode-se observar claramente como a correlação é muito melhor em comparação a quando são empregadas médias mensais, resultados similares foram obtidos por Braga et al. (1999). Verificam-se as melhores associações entre a morbidade por DCV e RESPI com relação à pressão atmosférica com valores de 0.85 e 0.81 respectivamente. A correlação entre as DCV e a umidade relativa e os ETD também apresentaram altos valores do coeficiente de correlação. Para o caso das DCV poderia se dizer que a temperatura máxima ($r = 0,64$), a pressão ($r = 0,85$), os ETD ($r = 0,82$) e a DOA ($r = 0,87$) podem ser as variáveis que mais se relacionam com a morbidade desta doença.

Tabela 5– Correlações entre as doenças e as variáveis* de estudo empregando médias trimestrais no período de estudo. Marcadas em cor vermelho os coeficientes de correlação maiores ou iguais a 0.5. O nível de significância para estas correlações foi sempre maior que 0.05.

Variáveis	DCV	RESPC	RESPI
TC	0,43	0,15	0,02
ETD	0,82	0,49	0,75
DOA	0,87	0,39	0,83
Dif-DOA	-0,13	0,22	0,05
T 1200Z	0,57	0,12	0,54
T_{Max}	0,64	0,14	0,59
T_{Min}	0,34	0,03	0,32
TVA	0,47	0,06	0,26
HR 1200Z	0,75	0,37	0,72
FF1800Z	-0,19	-0,23	0,12
P 1200 Z	0,85	0,37	0,81
Dif-P	-0,07	0,26	0,09
N diária	0,79	0,31	0,77
HR diária	0,79	0,37	0,75
FF diária	-0,08	-0,26	0,26
RR	-0,11	-0,37	-0,02

*Onde: P (Pressão atmosférica), T (Temperatura), H_r (Umidade relativa), FF (Velocidade do vento), TVA (Tensão de vapor de água), N (nebulosidade), TC (Tipo de circulação), ETD (Estado do tempo diário), Dif-DOA (Índice DOA).

Analisando os coeficientes de correlação com relação à umidade relativa (HR), nota-se que as melhores correlações ocorrem quando são empregadas médias trimestrais, para os casos referidos as DCV e as RESPI. A Figura 21 apresenta a variação temporal das DCV e da HR analisando a média trimestral destas variáveis para o período compreendido entre 2008-2010. Resulta interessante a notável queda que manifestam ambas as variáveis em fevereiro do ano 2010, este comportamento foi estudado e também coincidiu com baixos valores de precipitação (média de 1,4 mm).

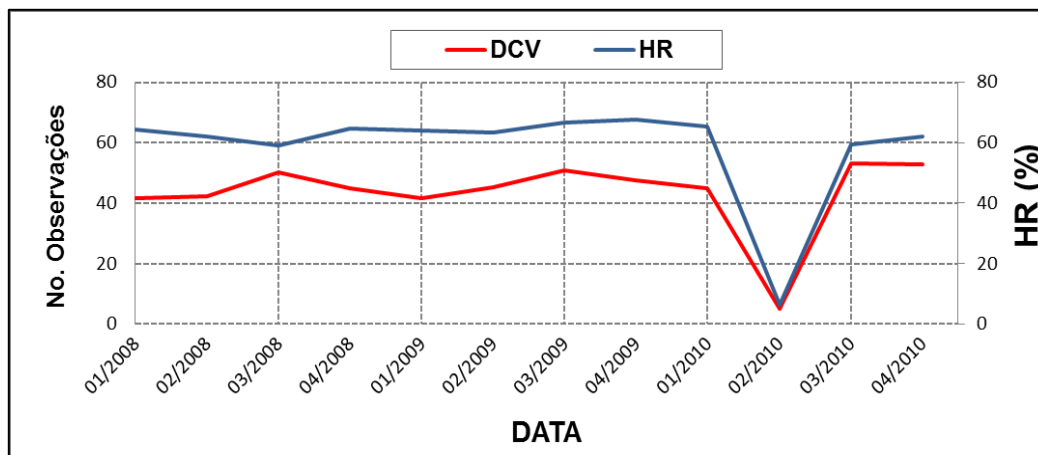


Figura 21– Série temporal da umidade relativa (HR) e das DCV empregando médias trimestrais. O período apresentado é 2008 - 2010.

Os resultados referentes às temperaturas máximas são apresentados a seguir. Nota-se que assim como Lecha (1994) e Fernández de Arróyabe (2002) as correlações que envolvem a temperatura possuem em geral os maiores valores de coeficientes de correlação, como é encontrado na literatura.

A Figura 22 apresenta a série temporal das DCV e a DOA para o período 2009 - 2011 empregando médias trimestrais. O coeficiente de correlação para este caso foi de 0,87, o que indica que a variação entre estas duas variáveis é no mesmo sentido (aumento de uma está relacionada com aumento de outra e vice-versa).

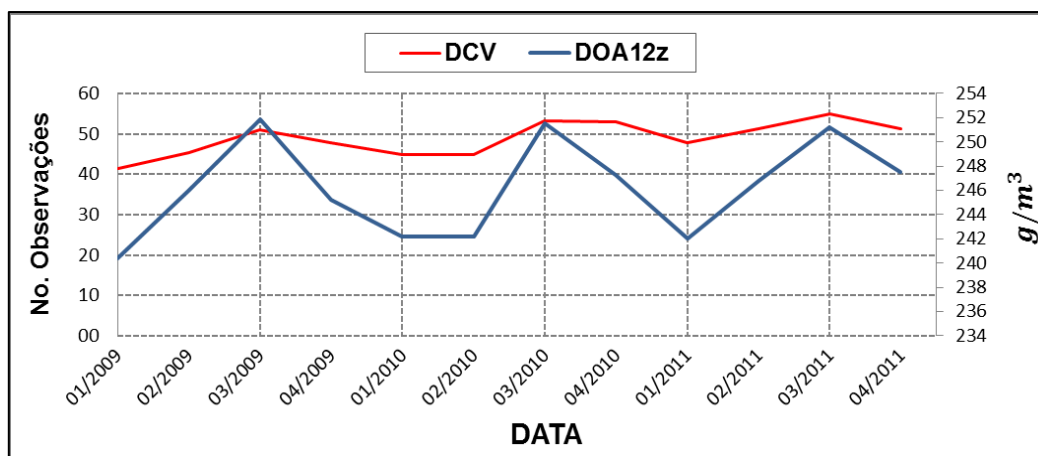


Figura 22– Série temporal DOA e da DCV empregando médias trimestrais. O período apresentado é 2009 a 2011.

4.3 Análise da DOA e do índice DOA com relação às doenças cardiovasculares e respiratórias.

Analisando a variação temporal da DOA no período de estudo, também foi observada uma clara variação sazonal, com máximos no inverno (junho - setembro) e mínimos no verão (dezembro - março). Não obstante, como mostra a Figura 23, existem máximos e mínimos notáveis deste parâmetro que podem ocorrer fora de temporada e que podem indicar a ocorrência de efeitos meteoro-tropicais com a capacidade potencial de afetar a saúde de grandes grupos de indivíduos vulneráveis às influências do estado do tempo.

Além disso, na mesma figura pode-se apreciar que o comportamento de cada ano é diferente, em alguns anos se observam máximos muito notáveis da DOA, em contraste com outros anos onde os máximos não chegam a ser muito elevados (inferiores a $258,1g/m^3$). Por exemplo, no ano 2009, um ano muito quente ($5^{\circ}C$ acima da média dos 10 anos), e que se caracterizou pelas anomalias positivas (3,4 por acima da média dos 10 anos) importantes durante o inverno.

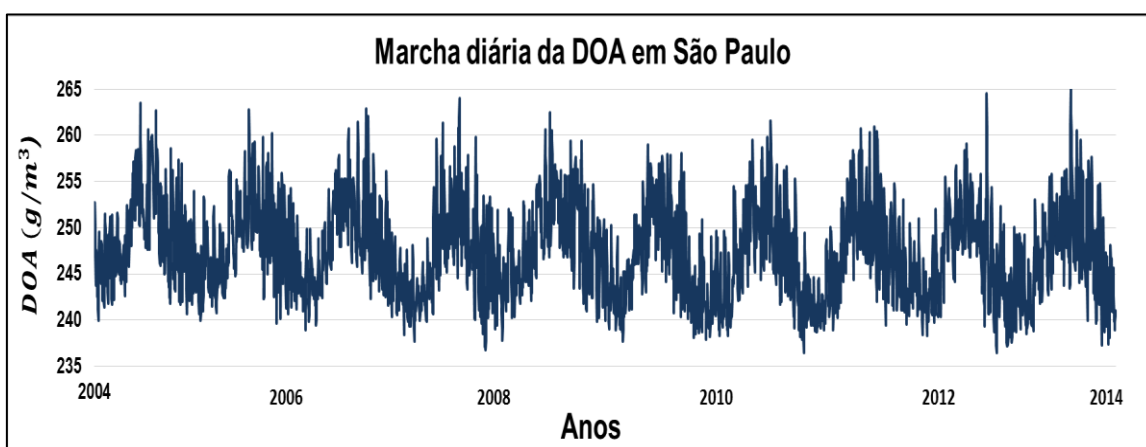


Figura 23– Série temporal da DOA. Período 2004-2013.

Em concordância com o anterior, o índice DOA também apresentou uma marcada variação sazonal (Figura 24) com significativos contrastes entre um dia e o seguinte, isto reflete indicativos de ocorrência de dinâmica muito intensa dos sistemas sinóticos atuantes, com a capacidade de produzir efeitos meteoro-tropicais importantes. Observa-se que os dados são altamente representativos da variação sazonal do clima local, com uma marcada diferença entre o verão e o inverno.

Resultados e discussões

O índice também mostra valores bem significativos, com máximos por Hiperóxia superiores aos 15 g/m^3 e mínimos por Hipóxia inferiores aos -10 g/m^3 . Tais valores de contraste podem justificar a ocorrência de efeitos meteoro-trópicos massivos e diversos entre a população mais vulnerável. Foram encontrados máximos notáveis do índice DOA durante os meses de transição (ex. novembro ou abril), e isto pode estar relacionado a que ocorrem no momento do ano onde a população está menos adaptada à mudança sazonal.

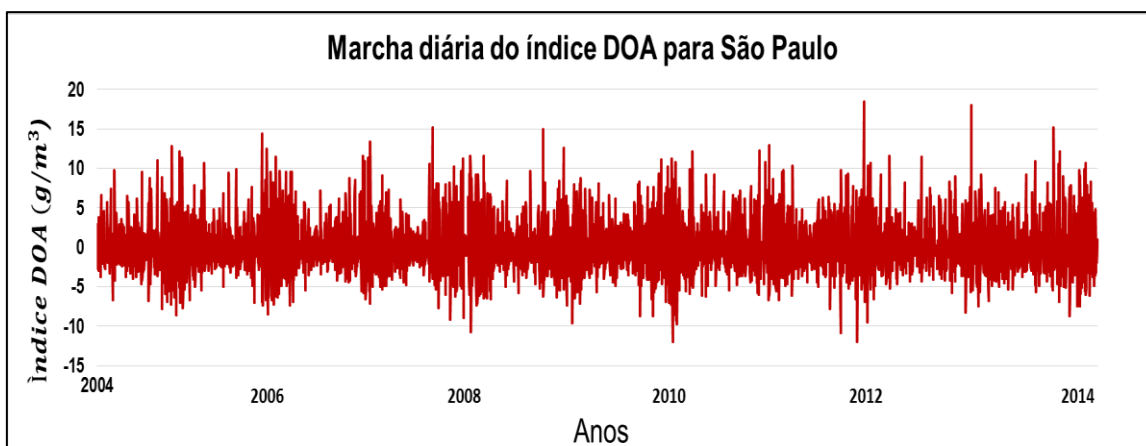


Figura 24– Série temporal do índice DOA. São Paulo, 2004 a 2013.

Como as respostas meteoro-patológicas (crises de saúde) associadas a estas condições biometeorológicas são diferentes, se deve esperar um comportamento diferente das DCV, as RESPC e as RESPI em relação ao índice DOA e à DOA. Baseando-se em estudos realizados em Cuba (Lecha, 2015), pode-se dizer que as condições de Hiperóxia atuam em grande parte no desencadeamento das doenças respiratórias (RESPC e RESPI), enquanto que condições de Hipóxia atuam como mecanismo de disparo na ocorrência das doenças cardiovasculares (DCV). Na Figura 25 é apresentado o número de casos registrados de DCV e o índice DOA, neste caso os maiores valores de ocorrência das DCV estão associados aos maiores contrastes negativos do índice DOA (-10 a -8), ou seja, a condições de Hipóxia.

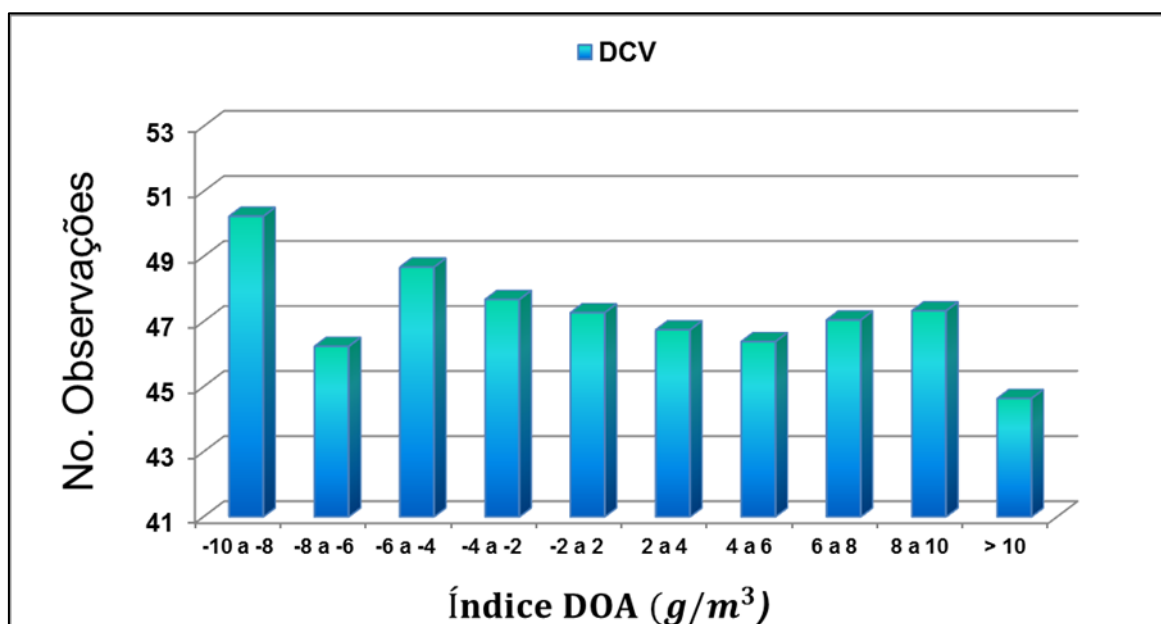


Figura 25– Relação entre a ocorrência das DCV e o índice DOA. Período 2004 - 2013.

Na Figura 26 é analisado o comportamento das RESPC e sua relação com o índice DOA durante o período de estudo, neste caso acontece o contrario que para as DCV. A ocorrência desta doença está associada a condições de Hiperóxia, ou seja, significativos contrastes (positivos) do índice DOA.

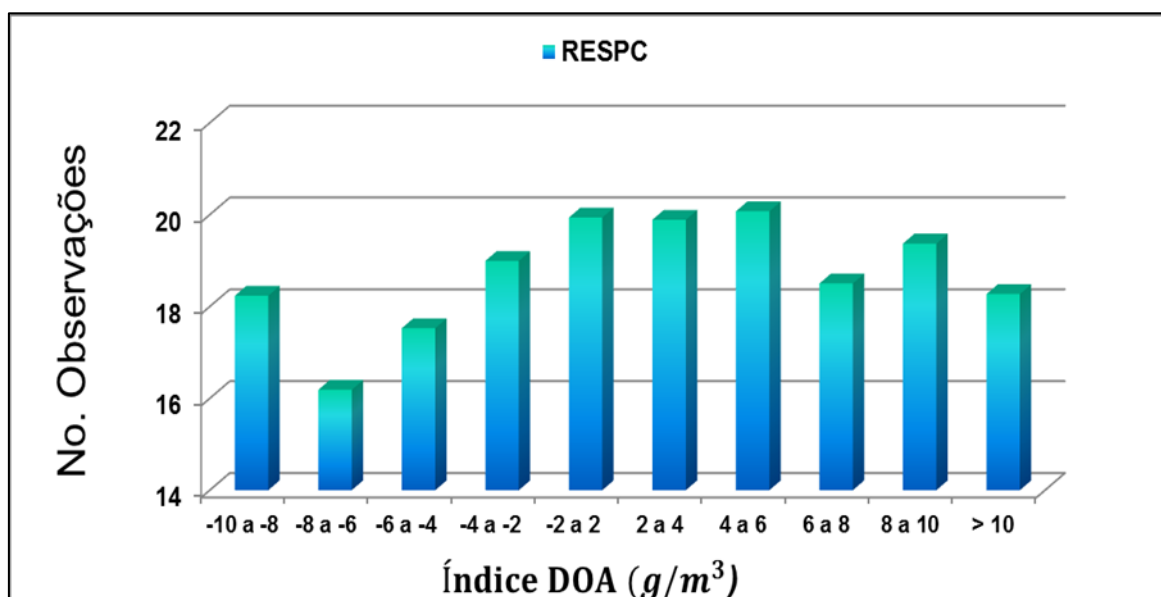


Figura 26– Relação entre a ocorrência das RESPC e o índice DOA. São Paulo, 2004 a 2013.

Por outro lado as RESPI apresentaram um comportamento bem homogêneo ao longo do período para ambas as condições, Hiperóxia e Hipóxia (Figura 27), isto pode estar

Resultados e discussões

relacionado com o fato de que nos dados de doenças respiratórias predominam os casos de gripe, catarro comum, e outras infecciones respiratórias agudas (Iras), desta forma as condições do tempo podem contribuir à existência de um surto sazonal de Iras, mas uma vez que aparecem os primeiros casos, sua propagação tem pouco a ver com o estado do tempo e sim com fatores sociais, higiênico-sanitários, entre outros, que influem na propagação deste tipo de doenças (Lecha, 2007). Este resultado concorda com o obtido por Lecha et al. (1994) e Fernández de Arróyabe (2008).

As Iras aparecem em grandes surtos, intimamente relacionados com a presença de episódios de contaminação atmosférica. O município de São Paulo por sua condição de mega cidade é possível encontrar situações onde podem ocorrer máximos notáveis associados à poluição atmosférica; de modo que os máximos podem ou não estar associados a mudanças bruscas do índice DOA.

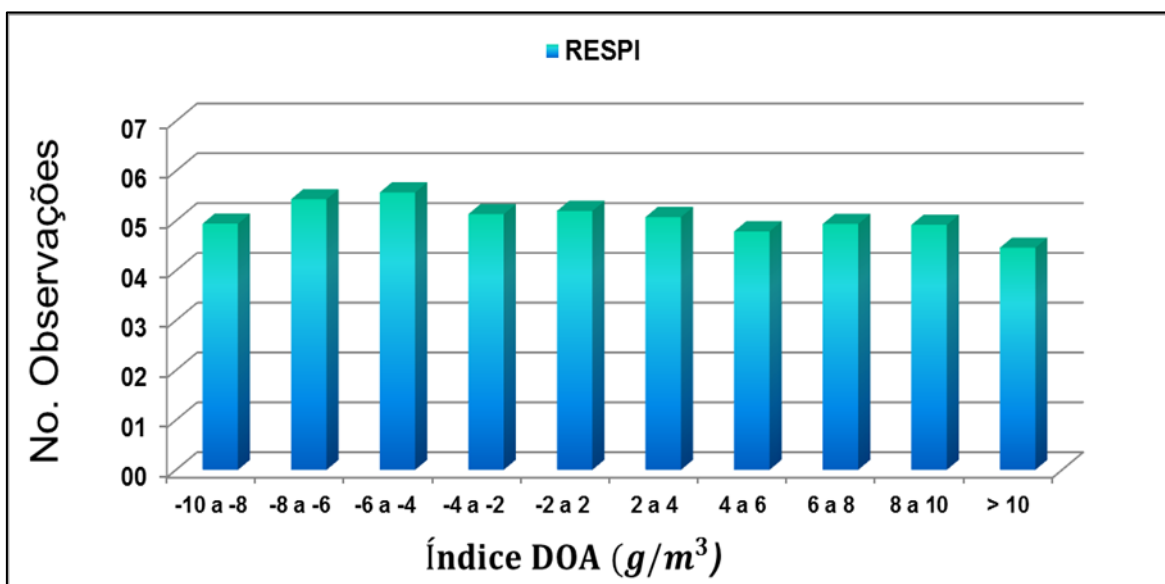


Figura 27– Relação entre a ocorrência das RESPI e o índice DOA. Período 2004 - 2013.

A Figura 28 apresenta a frequência de ocorrência de valores contrastantes do índice DOA para junho de 2008. Lembre-se que após 2009 houve um disparo nos surtos das DCV, desta forma junho de 2008 poderá ser um exemplo das condições antes deste sucesso. Foram observados dias típicos do inverno com condições de Hiperóxia apresentando contrastes do índice DOA maiores que $2 g/m^3$, e de eles 3 dias mostram a ocorrência de efeitos meteoro-trópicos por frio, com contrastes maiores a $4 g/m^3$. Além disso, tem-se a ocorrência de um caso notável, o dia 16 de junho, com um

contraste por Hiperóxia que alcançou o valor de 15 g/m^3 , neste mês os contrastes oscilaram em torno dos $\pm 5 \text{ g/m}^3$ (Figura 29), é por isso que este máximo resulta tão notável, e pode estar relacionado com a influência de uma intensa massa de ar frio que afetou o município neste dia. Mais frequentes foram os dias com condições de Hipóxia significativa, destacando 9 dias com valores inferiores a -2 g/m^3 , e de eles, 4 dias por embaixo dos -4 g/m^3 . Assim pode se dizer que no mês em questão ocorreram varias condições contrastantes do estado do tempo tanto por condições de Hiperóxia como por condições de Hipóxia.

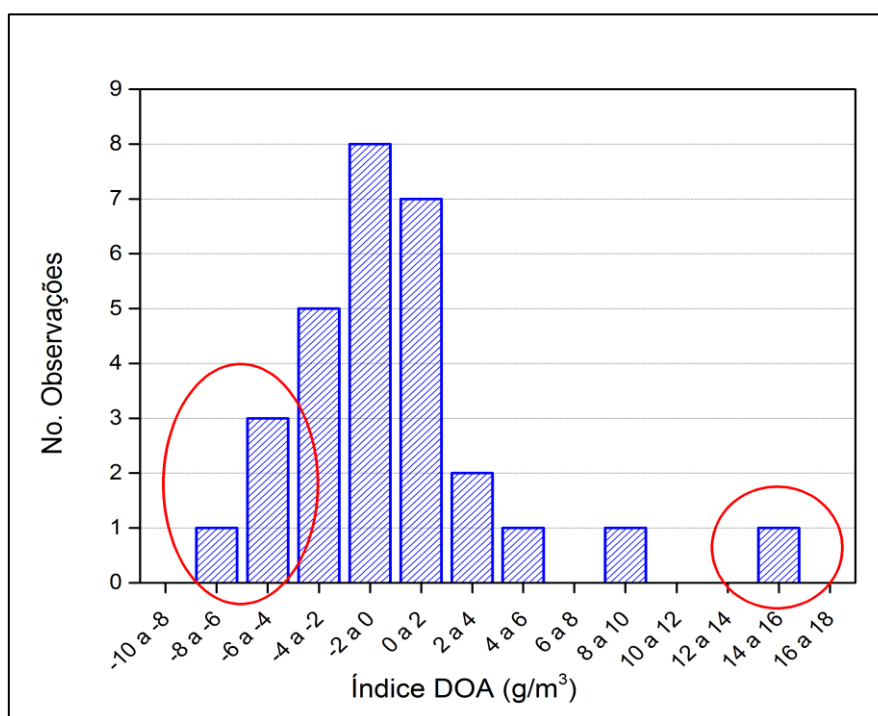


Figura 28– Histograma de frequência do índice DOA durante junho de 2008. Os círculos vermelhos indicam os eventos mais contrastantes no mês em questão.

Na seguinte Figura 29 apresenta-se a variação diária do índice DOA para o mês de junho, podem ser observados vários picos significativos os que podem estar associados à influência de sistemas extratropicais que ocorreram nesse período, especialmente o que afetou à região durante os dias 14 a 16 de junho de 2008.

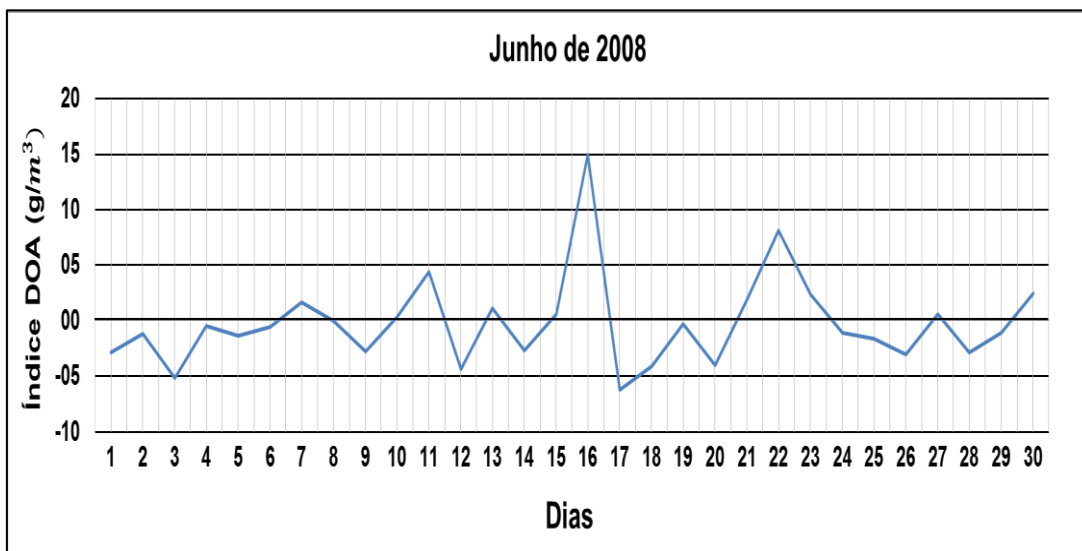


Figura 29– Variação temporal do índice DOA, para junho de 2008.

Por outro lado na Figura 30 é apresentada a marcha diária das doenças cardiovasculares e respiratórias, as que também mostram valores de ocorrência acima da média durante o mês. As DCV apresentaram um maior número de casos com respeito às RESPI, e também é observado o que parece ser um ciclo de aproximadamente 7 dias, podendo estar associada à influência de frentes frias.

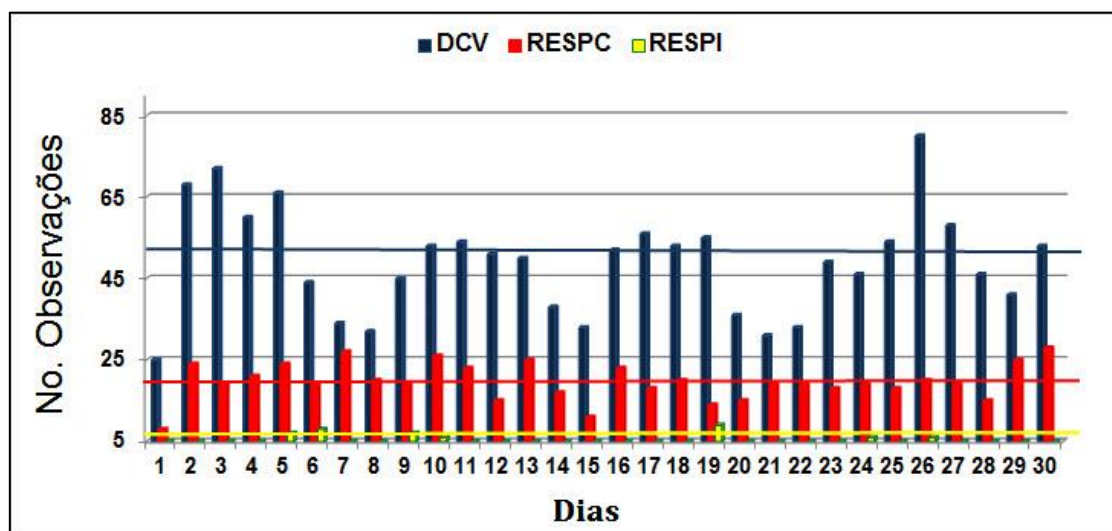


Figura 30– Série temporal da ocorrência diária por DCV, RESPC e RESPI para junho de 2008.

A linha horizontal amarela, vermelha e azul indica o valor médio para as RESPI, RESPC e DCV respectivamente para todos os junhos do período 2004 a 2013 no município de São Paulo.

Analisando a relação entre a ocorrência diária das doenças (DCV e RESPC) e o índice DOA para junho de 2008 (Figura 31) nota-se a presença da clássica representação em forma de U, que indica que o maior número de casos de ocorrência das doenças estão

associados a marcados contrastastes (extremos do gráfico) do índice DOA, sejam positivos ou negativos. O padrão de U é evidente em ambos os casos (DCV e RESPC), sendo mais representativo nas RESPC que nas DCV, desta forma as doenças aumentam quando aumenta o valor do índice DOA, lembre-se que aumentos positivos estão associados a condições de Hiperóxia, entanto aumentos negativos associam-se a condições de Hipóxia.

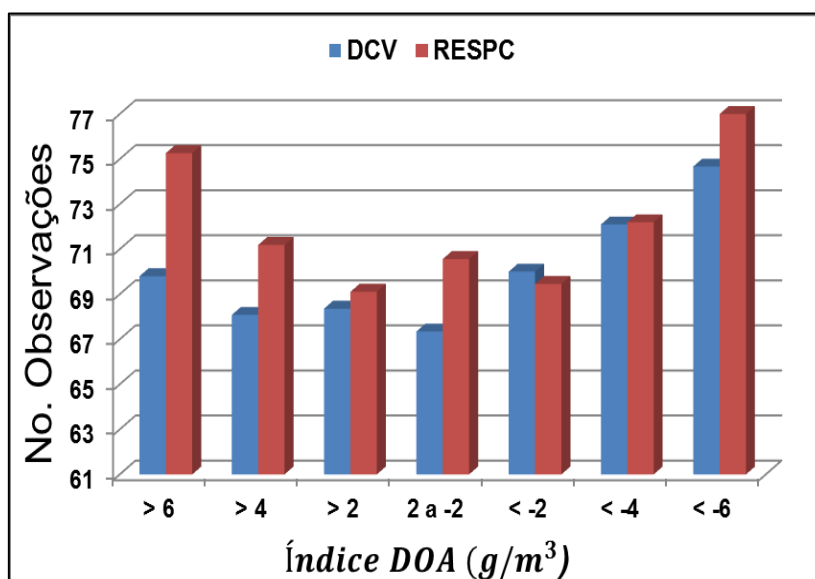


Figura 31– Relação entre a ocorrência diária das RESPC com respeito ao valor do índice DOA. São Paulo, 2008.

No gráfico de anomalias das DCV e RESPC com respeito ao índice DOA (Figura 32) nota-se que a resposta biotrópica também é evidente. Em condições de Hipóxia atmosférica se podem observar como ambas as doenças apresentam anomalias positivas que aumentam a medida que é maior o contraste negativo do índice DOA, neste caso as DCV apresentam sob condições de Hipóxia maiores anomalias positivas em relação ás RESPC. Durante a influência de condições de Hiperóxia é menor a resposta biotrópica no caso das DCV, entanto as RESPC apresentaram maiores anomalias positivas.

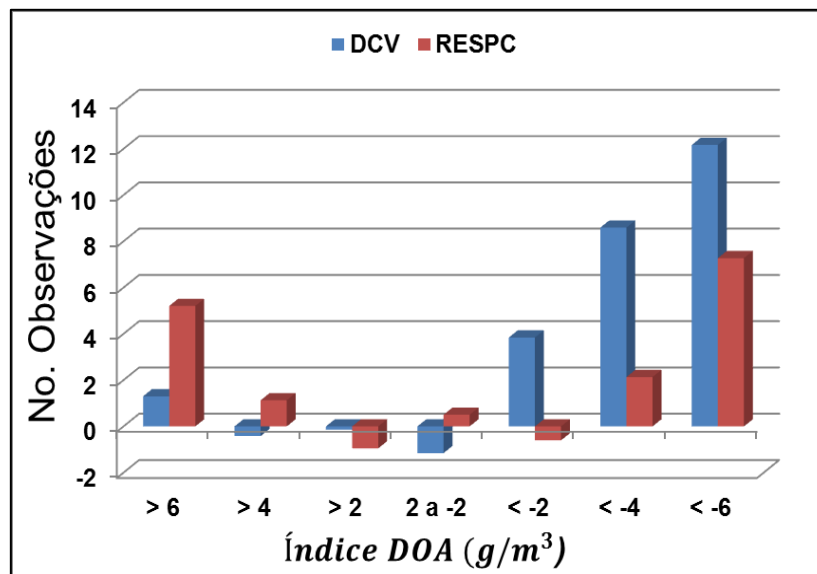


Figura 32– Relação entre as anomalias diárias das RESPC com respeito ao valor do índice DOA para junho de 2008.

Segundo o discutido anteriormente, resulta evidente a existência de uma resposta meteoro-tropical por parte das doenças, mesmo que seja mais representativa em uma que em outra. Através de diagramas 3D que relacionem o comportamento das variáveis de interesse poderá ser abordado este assunto com maior clareza. Os diagramas (Figura 33 e 34) reparamentam claramente a situação discutida anteriormente.

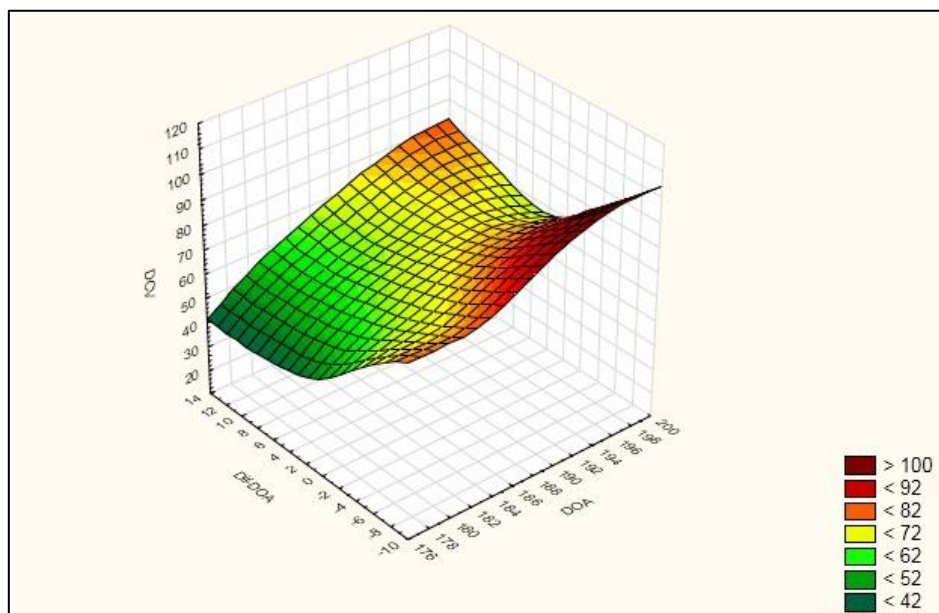


Figura 33– Reapresentação em 3D entre as anomalias diárias por DCV com respeito ao valor do índice DOA e a DOA. São Paulo, 2008.

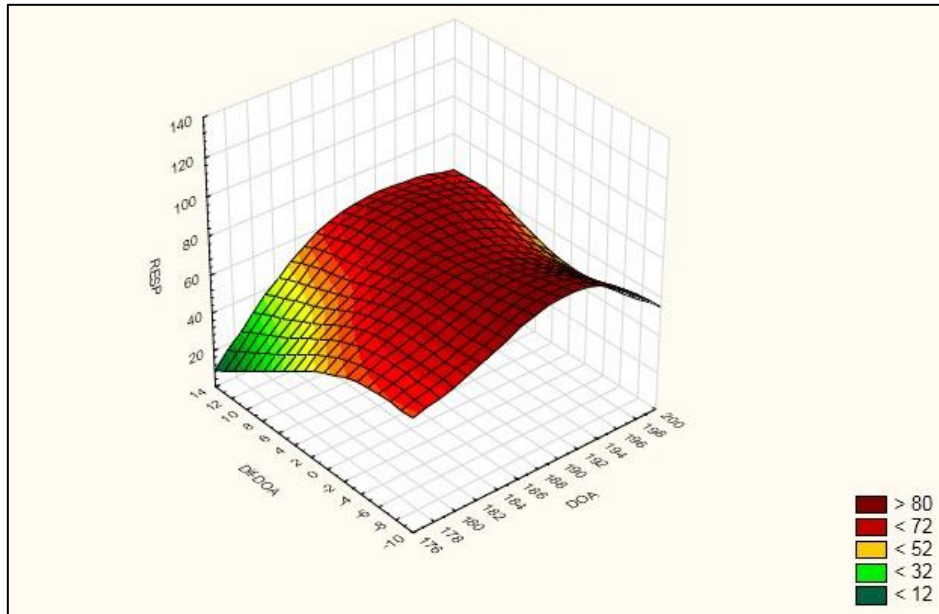


Figura 34— Reapresentação em 3D entre as anomalias diárias das RESPC com respeito ao valor do índice DOA e a DOA. São Paulo, 2008.

Observam-se como as doenças cardiovasculares (DCV) aumentam notavelmente sob condições de Hipóxia dentro de valores elevados da DOA (Figura 33), ou seja, uma mudança de frio para calor ou de alta pressão a baixa pressão no inverno, por exemplo. Pode-se associar a mudanças da massa do ar continental, o qual estaria influenciado por uma situação sinótica dada com circulação predominante do Sul.

No caso das RESPC, estas são muito sensíveis às condições de Hiperóxia, e isto ocorre tanto para elevados como para baixos valores da DOA (Figura 34), exemplo disto são, situações de alta ou baixa pressão atmosférica, ou na presença de inversões térmicas.

4.4 Característica geral dos parâmetros biometeorológicos utilizados

Neste item são apresentados os resultados das análises do comportamento dos parâmetros meteorológicos selecionados.

A temperatura (T) e a tensão de vapor de água (TVA) têm comportamentos que concordam com a ocorrência de surtos sazonais de DCV, RESPC e RESPI. Na Figura 35 pode ser observado como estas variáveis apresentam uma marcada variação sazonal, com valores extremos de interesse, indicativos de intenso estresse por calor (máximas

Resultados e discussões

superiores a 35 °C) além de intenso estresse por frio (mínimas inferiores a 10 °C), com a capacidade em ambos os casos de provocar a ocorrência de significativos efeitos meteoro-trópicos. As temperaturas máximas e mínimas diárias durante o período e estudo são apresentadas na Figura 36, ressaltando de igual forma sua marcada variação sazonal.

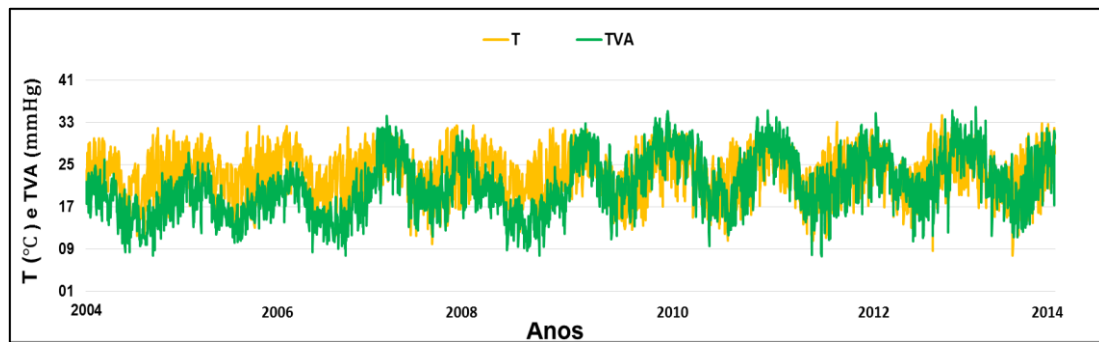


Figura 35– Reapresentação diária da temperatura (T) e a tensão de vapor de água (TVA) as 1200 Z durante o período 2004 a 2013.

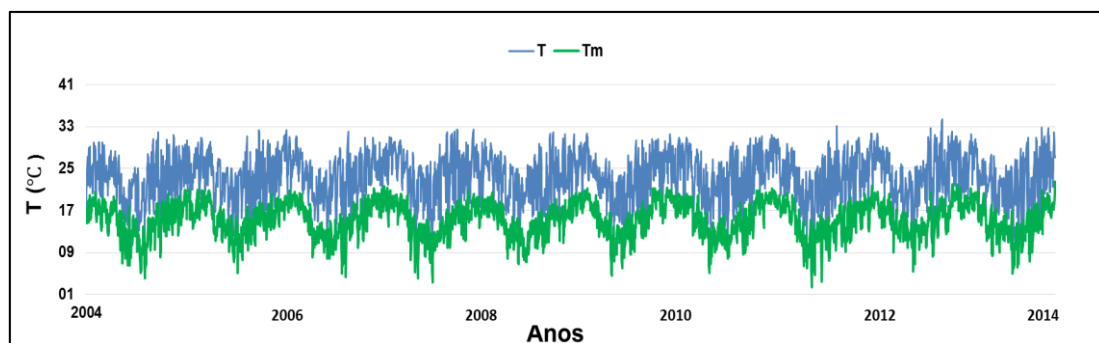


Figura 36– Reapresentação diária da temperatura mínima (T_M) e máxima (T_{Max}). São Paulo, 2004 a 2013.

Pela relação estabelecida na fórmula de Clapeyron-Mendeleiev, altas temperaturas estão associadas a condições de Hipóxia e baixas temperaturas a condições de Hiperóxia (Figura 37), entanto com a umidade relativa (HR) sucede o contrário (Figura 38).

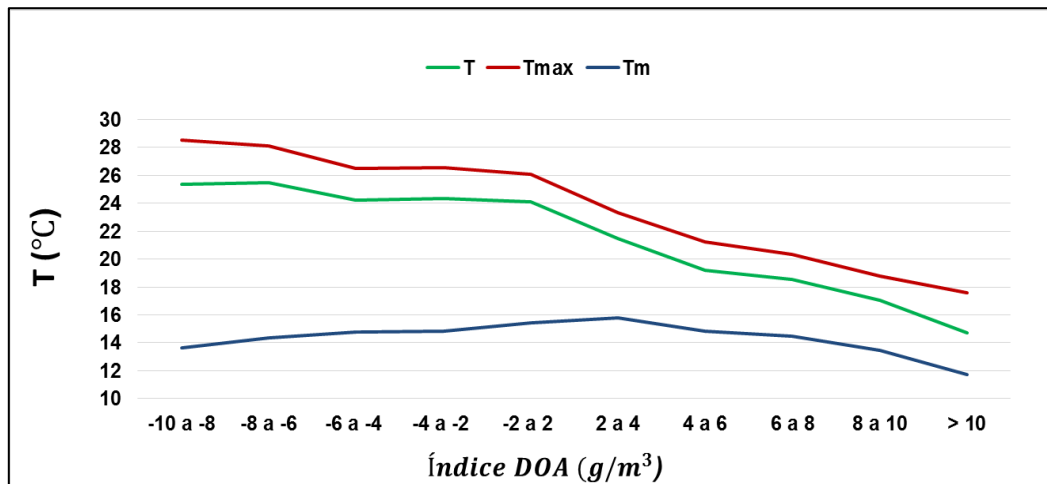


Figura 37– Reapresentação diária da temperatura mínima (T_M), máxima (T_{Max}), e a 1200 Z (T) com respeito ao valor do índice DOA. São Paulo, 2004 a 2013.

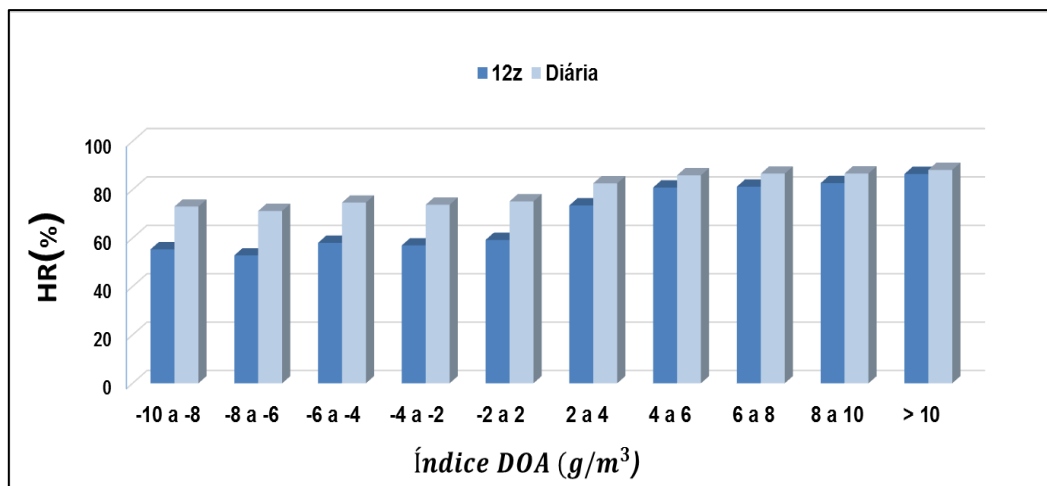


Figura 38– Representação diária da umidade relativa (HR) às 1200 Z e diária com respeito ao valor do índice DOA. São Paulo, 2004 a 2013.

O índice DOA é determinado pela temperatura, então é importante estudar o tipo de massa de ar atuante, sendo importante estabelecer a diferença entre a massa de ar tropical ou extratropical.

Analisando o caso da pressão atmosférica, pode-se dizer que as mudanças de pressão em 24 horas estão muito relacionadas com o índice DOA (Figura 39). Pode ser observado como marcadas mudanças nos valores de pressão também se correspondem com altos contrastes do índice DOA, especificamente contrastes negativos de pressão estão associados a condições de Hipóxia e contrastes positivos associam-se a condições de Hiperóxia.

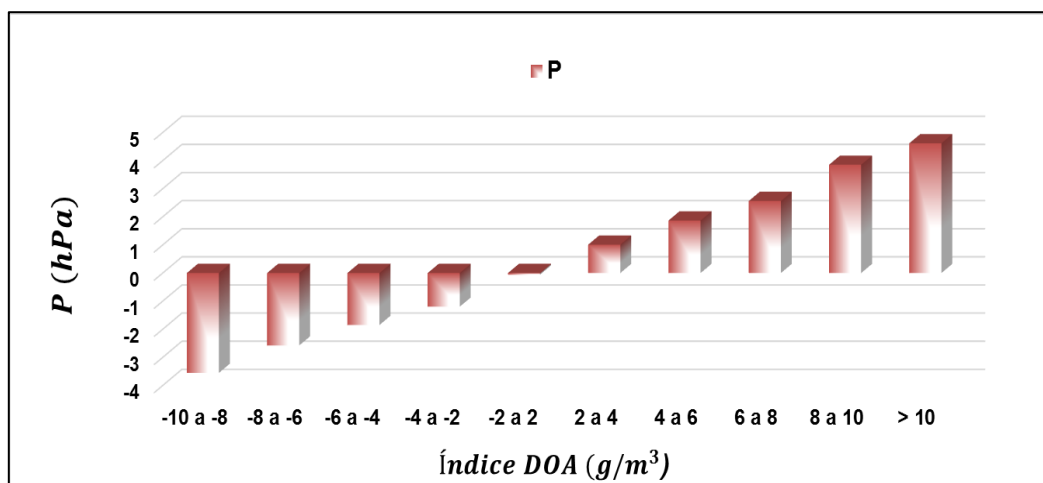


Figura 39– Diferença de pressão atmosférica em 24 horas (ontem-hoje) com respeito ao valor do índice DOA. Os dados de pressão correspondem ao horário das 1200 Z, durante o período 2004 a 2013.

Também o comportamento da pressão determina as características da DOA e então pode-se determinar o tipo de condição de Hiperóxia ou Hipóxia, já seja barométrica, térmica ou composta. Quando o índice DOA está determinado pela pressão, resulta imprescindível analisar o tipo de situação sinótica atuante, procurando as típicas influências ciclônicas ou anticiclônicas, segundo seja o caso, acompanhadas de condições de tempo ruim o bom respectivamente.

4.5 Análises do estado do tempo diário (ETD)

Os efeitos meteoro-trópicos significativos com a capacidade para afetar a fisiologia de grandes grupos de pessoas vulneráveis, só ocorrem quando existem mudanças contrastantes das condições meteorológicas. Desta forma se deve fazer uma análise dos processos meteorológicos presentes nos casos extremos de ocorrências das doenças.

Para o município de São Paulo foram encontrados 18 tipos ou códigos que correspondem a cada ETD (ver significado dos códigos na seção 3.3.3). Na figura 40 pode ser observado que os tipos 1 e 2 correspondentes a dias muito quentes e muito úmidos com e sem vento (detalhes Tabela 2), não são observados devido a dois fatores geográficos muito importantes na formação do clima do município de São Paulo, a distância à costa (efeito da continentalidade) e a altitude. Isto faz com que a umidade relativa (HR) média diária apresente a maioria do tempo valores inferior a 80 %. Por

outro lado os dias chuvosos, especialmente frios e muito frios foram mais frequentes (tipo 12), e isto pode ter uma influência sobre a saúde da população local.

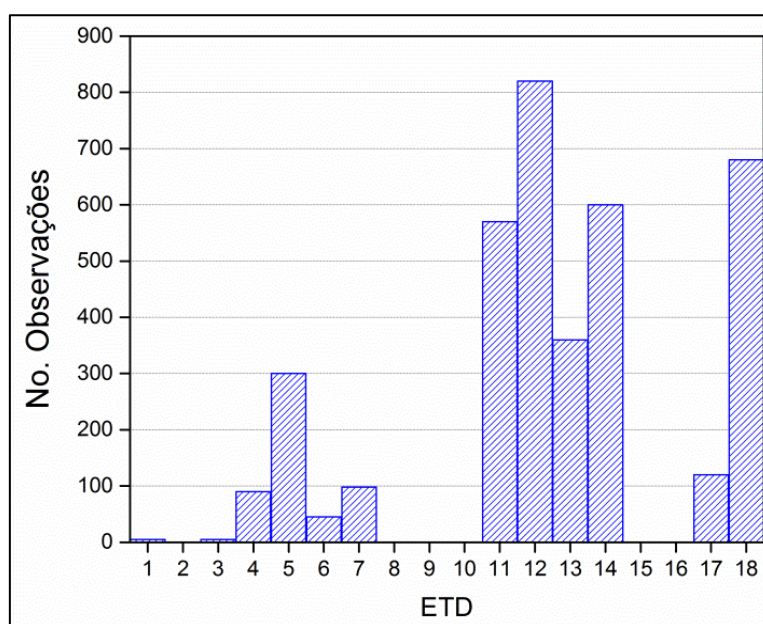


Figura 40– Histograma de frequência dos estados de tempo diário (ETD), para o período 2004 a 2013.

As Figuras 41 e 42 ilustram a frequência de ocorrência dos ETD atuantes nos dias com máximos de ocorrência das DCV (>60 casos) e RESPI (>8casos), estas doenças foram as de melhor correlação com os ETD. Observa-se que a ocorrência de máximos nas DCV estão associadas a vários tipos de ETD, nos quais ressaltam os códigos 18, 12 e 14 com maior frequência de ocorrência. Por outro lado a ocorrência de máximos associados às RESPI estão associados à ETD mais específicos como são os tipos 11, 12 e 14. Ambas as doenças parecem estar relacionadas com ETD do tipo 12 e 14, pois a frequência destes é alta para ambos os casos.

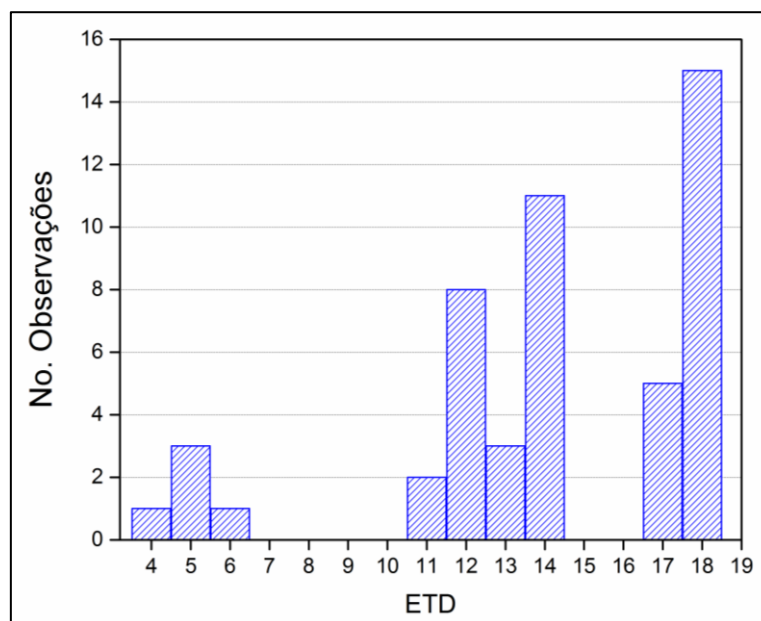


Figura 41 – Estrutura diária dos estados do tempo diário (ETD) para os dias em que foram registrados máximos das DCV no período (>60 casos) para um total de 49 dias. São Paulo, 2004 a 2013.

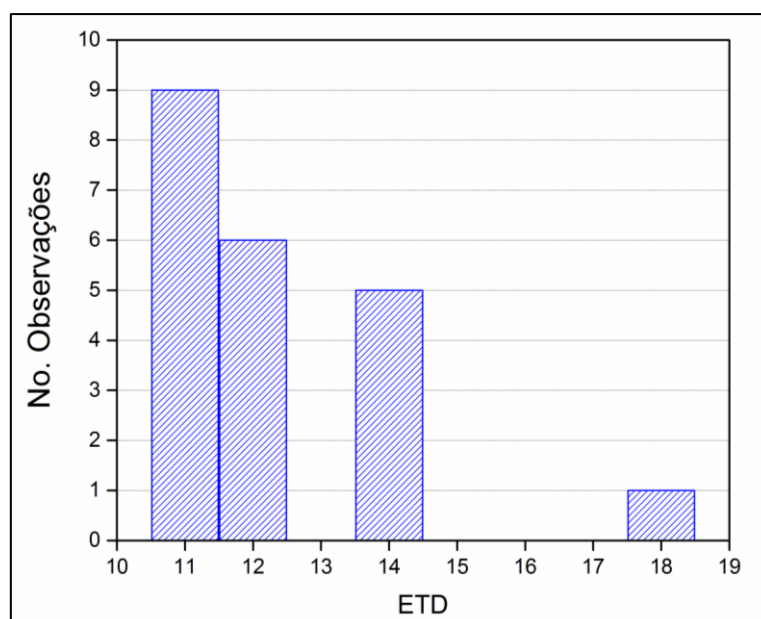


Figura 42– Estrutura diária dos estados do tempo diário (ETD) para os máximos das RESPI (>8 casos) para um total de 21 dias. São Paulo, 2004 a 2013.

4.5.1 Os contrastes em 24 horas dos ETD e seus efeitos sobre a saúde humana.

As mudanças contrastantes do tempo se produzem pela ocorrência de extremos na variabilidade em 24 horas do complexo meteorológico. O problema está em determinar

os elementos meteorológicos que serão utilizados como representativos de todo o complexo (Chugaev, 1991; Bútieva et al., 1984).

Tendo definido os critérios de classificação dos ETD (seção 3.2.3), Bútieva et al. (1984) realizou uma matriz de correlação entre os distintos tipos e subtipos que conformam a classificação dos ETD atendendo a sua diferença em 24 horas, ou seja, se calcula o módulo da diferença em 24 horas do ETD (hoje-ontem) e o resultado se classifica mediante uma escala de cores dependendo do nível de contraste. A Tabela 7 é uma adaptação desta matriz de correlação, levando em conta os tipos de ETD observados no município de São Paulo.

Tabela 7. Contrastes dos ETD observados no município de São Paulo durante o período 2004 - 2013.

ETD (Ontem)	ETD correspondente ao dia atual (Hoje)																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18							
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	>8															
2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	>8														
3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	>8													
4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	>8												
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	>8											
6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	>8										
7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	>8									
8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	>8								
9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	>8							
10	>8	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8							
11	>8	>8	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7							
12	>8	>8	>8	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6							
13	>8	>8	>8	>8	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5							
14	>8	>8	>8	>8	>8	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4							
15	>8	>8	>8	>8	>8	>8	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3							
16	>8	>8	>8	>8	>8	>8	>8	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2							
17	>8	>8	>8	>8	>8	>8	>8	>8	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1							
18	>8	>8	>8	>8	>8	>8	>8	>8	>8	8	7	6	5	4	3	2	1	0							

Leyenda:

	Sem contraste
	Pouco contrastante
	Contrastante
	Muito contrastante

No município de São Paulo no período compreendido entre 2004 - 2013, os invernos se caracterizaram pela influência de sistemas sinóticos extratropicais, que se alternaram com condições tropicais. A instabilidade nos tipos de inverno pode provocar a

Resultados e discussões

predisposição na população local à ocorrência de frequentes reações meteoro-trópicas, (Marengo e Espinoza, 2015; Espinoza et al., 2011).

O comportamento diário dos ETD no município de São Paulo para o biênio 2007 - 2008 (escolhido a forma de apresentação pela boa correlação obtida entre os ETD e as doenças) mostra claramente o câmbio sazonal característico do clima local, mas também são notáveis diferenças em 24 horas que identificam a ocorrência de alguns ETD muito contrastantes (Figura 43).

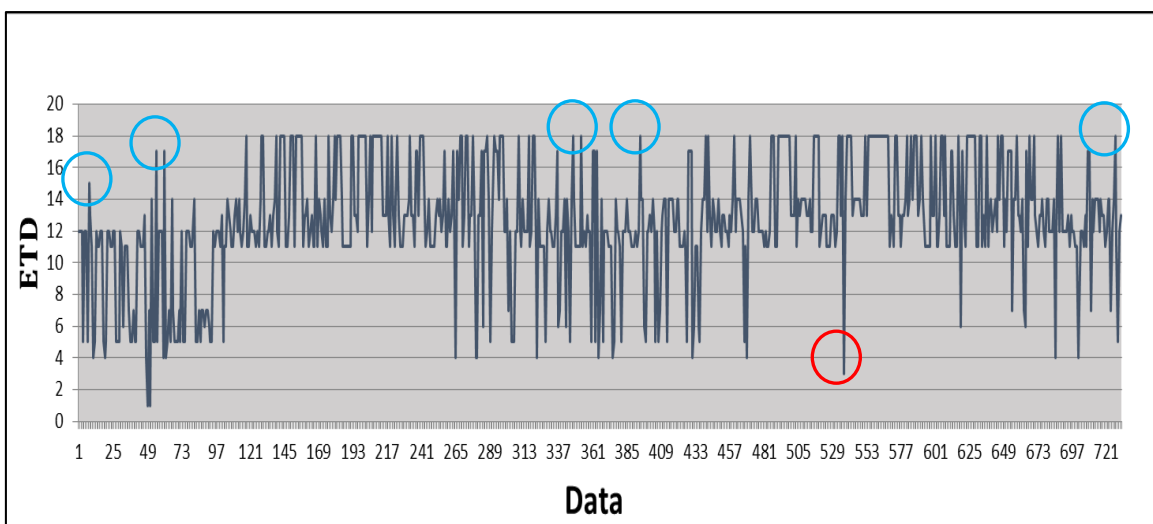


Figura 43– Variação temporal dos Estados do tempo diário (ETD) no município de São Paulo no biênio 2007 - 2008. O círculo vermelho indica um caso de ETD muito contrastante por ser um dia quente em um contexto invernal, os círculos azuis indicam exemplos de dias frescos ou frios durante o verão.

A estrutura diária dos ETD em ambos os anos permite visualizar a ocorrência de dias evidentemente contrastantes ou fora do contexto meteorológico, ou seja, ETD característicos do verão que se apresentam no inverno e vice-versa. Um marcado contraste em 24 horas é capaz de produzir efeitos meteoro-trópicos específicos entre a população local, como surtos de gripe, pneumonia e infarto do miocárdio (Lecha, 1998).

Como se observa na Figura 44 (a), na distribuição anual do contraste em 24 horas dos ETD predominam os dias com pouco contraste com um 39 %, os dias sem contraste representam o 33 % da amostra total para o biênio, entanto que os casos contrastantes e muito contrastantes representam menos do 23 % e do 5 % da amostra respectivamente.

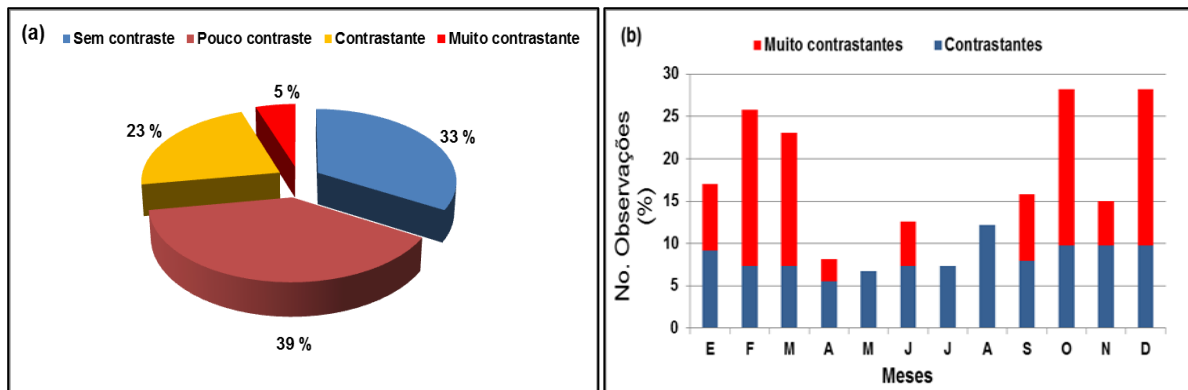


Figura 44– Grau de contraste dos ETD (a) e frequência de ocorrência (%) por mês dos ETD contrastantes e muito contrastantes (b) para o biênio 2007 a 2008.

A frequência de ETD contrastantes e muito contrastantes (Figura 44b) apresenta valores mínimos que são claramente visíveis nos meses de inverno com menos de 15 % de ocorrência para estes meses. Nota-se que a maior frequência de ocorrência de ETD muito contrastantes se dá no mês de outubro com um 27 %, o que pode estar relacionado ao fato de que este mês considera-se um mês de transição entre a estação inverno e verão. Por outro lado nos meses de verão também foram observados altos valores percentuais, que indicam os frequentes câmbios contrastantes dos ETD que ocorreram neste período.

4.5.2 Relação entre os Estados de Tempo Diário e as doenças

Quando calculadas a taxa de ocorrência diária das distintas doenças aqui estudadas com relação ao grau de contraste que se produz em 24 horas dos ETD se obtém resultados interessantes. Na Figura 45 (a) pode ser observado como as doenças analisadas excetuando as RESPI, apresentaram nos dias com ETD contrastantes e muito contrastantes taxas de ocorrência acima de 30 internações por dia. A taxa de ocorrência das doenças cardiovasculares alcança mais de 80 casos por dia para os dias com ETD muito contrastantes e contrastantes. No caso dos ETD muito contrastantes a influência nas DCV foi maior com 45 internações por dia cada vez que este tipo de ETD se apresentou (Figura 45 b).

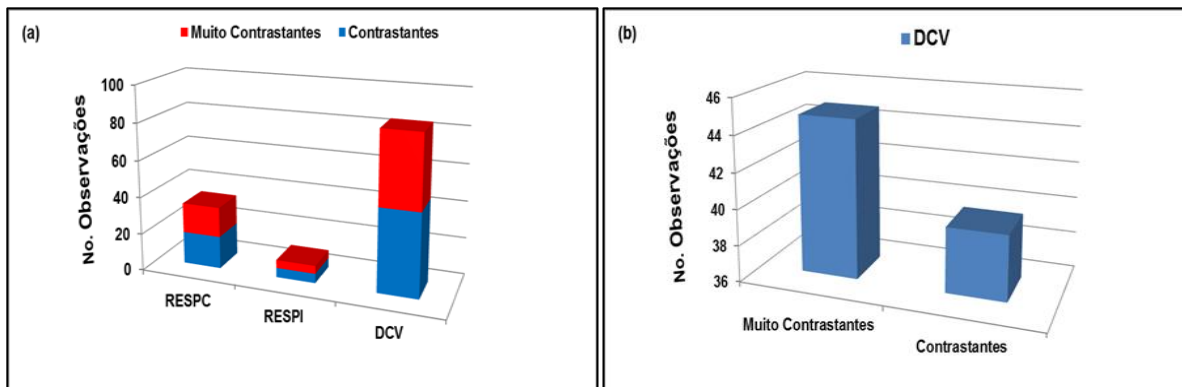


Figura 45– (a) Taxa de ocorrência diária das DCV, RESPC e RESPI com relação ao grau de contraste em 24 horas dos ETD. Em (b) número de interações por DCV associados a contrastes dos ETD. O período é o biênio 2007 a 2008.

Por outro lado analisando os tipos de ETD e sua possível influência na ocorrência das doenças (Figura 46), pode-se dizer que o tipo 7 (nublado quente, com precipitações), 13 (nublado, fresco ou frio, sem precipitações) e 15 (fresco ou frio, ensolarado e úmido, sem precipitações) são os de maior influência na ocorrência das doenças. Os máximos de ocorrência das RESPC e as RESPI parecem estar associados a ETD de tipo 7. Por outro lado é evidente como o ETD tipo 15 está associado ao máximo de ocorrência de DCV. (Figura 46)

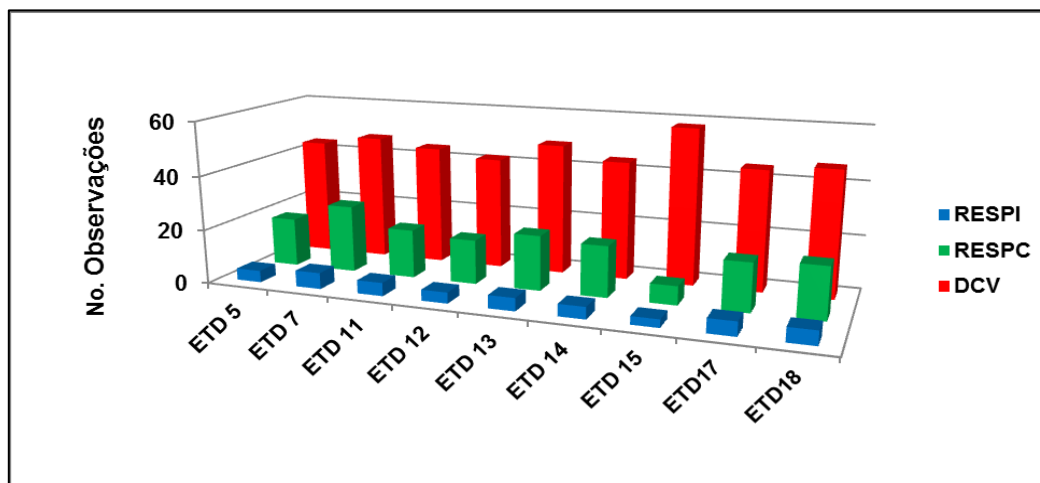


Figura 46– Associação entre a ocorrência diária das doenças (DCV, RESPC e RESPI) e os ETD observados no município de São Paulo, no biênio 2007 a 2008.

4.6 Análises dos tipos de circulação (TC)

Seguindo a metodologia apresentada na seção 3.2.2 tem-se que a classificação do tipo de circulação para a região de estudo foi realizada levando em conta os dois tipos básico de transporte (Tabela 2), transporte meridional (norte e sul) e longitudinal (leste e oeste). Na Figura 47 mostrasse o número de casos de ocorrência dos distintos tipos de circulação para o período escolhido, lembre-se que a disponibilidade das cartas sinóticas foi limitada entre os anos 2004-2006 pelo que a amostra e conseqüentemente este análise, compreenderá somente o período 2007 - 2013.

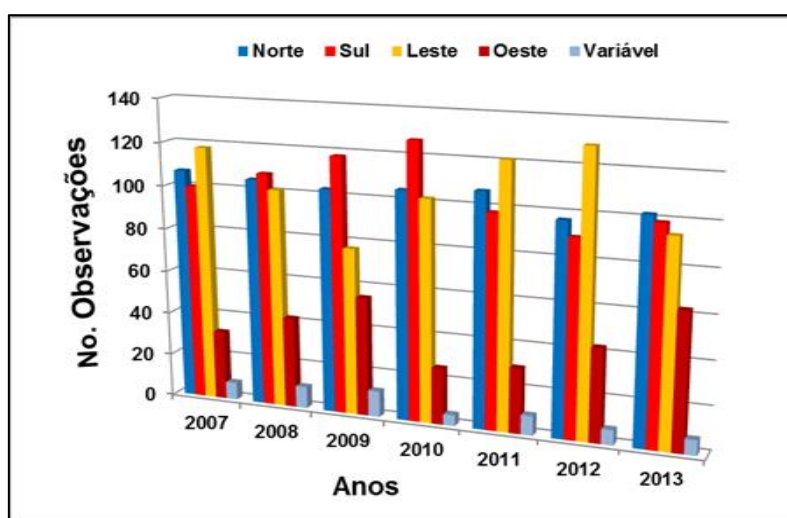


Figura 47– Casos de ocorrência de tipos de circulação Norte, Sul, Leste, Oeste e Variável no município de São Paulo, para o período 2007 a 2013.

Na figura 48 podem ser observadas as frequências de ocorrência para cada tipo de circulação e resulta evidente a marcada influência de circulações do setor Sul (S), Leste (L) e Norte (N), que predominam durante todo o período. Com menor frequência podem ser observadas circulações com componentes variáveis e do setor oeste (O).

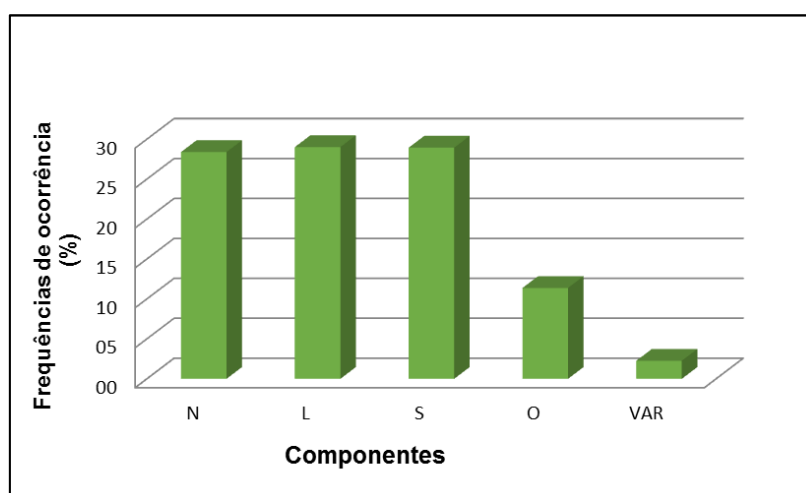


Figura 48– Frequências de ocorrência de tipos de circulação Norte, Sul, Este, Oeste e Variável no município de São Paulo, 2007 a 2013.

De modo geral pode-se dizer que a circulação do setor Sul é representativa da influência dos sistemas extratropicais mais frequentes no inverno; enquanto o fluxo do setor Norte reflete as influências tropicais. Finalmente as componentes do setor Leste e Oeste, indicam a influência marítima e as influências continentais sobre o município de São Paulo respectivamente, sendo as calmarias uma condição mais representativa dos efeitos locais.

4.6.1 Dinâmica dos TC em dias sucessivos para o período de 2007 a 2013.

Para analisar a dinâmica sucessiva dos sistemas meteorológicos que originam os efeitos meteoro-trópicos na população, é analisado o comportamento dos TC em uma sequência de quatro dias e assim são obtidas as estruturas mais frequentes da sua dinâmica de câmbio.

Para encontrar a possível relação com a ocorrência das doenças foi plotado o número de casos de ocorrência de DCV maiores a 60 por meses durante todo o período para dias isolados (Figuras 49), e para dois (Figura 50), três (Figura 51) e quatro dias (Figura 52) sucessivos. Pode se observar como para todos os casos, a ocorrência é maior nos meses de inverno e após a população se adapta aos contrastes do tempo invernal, as crises diminuem em setembro. Tais comportamentos se correspondem com o processo de adaptação/não adaptação sazonal da população local.

Por outro lado a análise de sequência de dias consecutivos com mais de 60 casos diários, indica que a ocorrência máxima desce progressivamente de um dia isolado (ex, 52 casos em junho) para dois, três e quatro dias consecutivos, neste último caso com um máximo de apenas 4 casos no mês de julho, o que se corresponderia com a influência dos efeitos meteoro-trópicos mais severos. Além disso, também é interessante o comportamento observado para o mínimo durante o mês setembro em todos os gráficos.

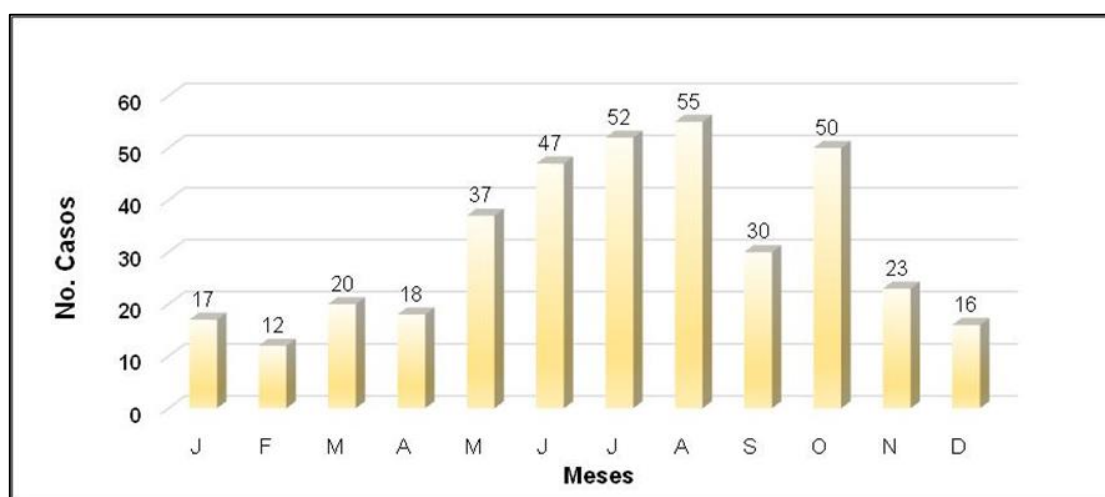


Figura 49– Número de casos mensais com mais de 60 internações por DCV em dias isolados no município de São Paulo para o período 2007 a 2013.

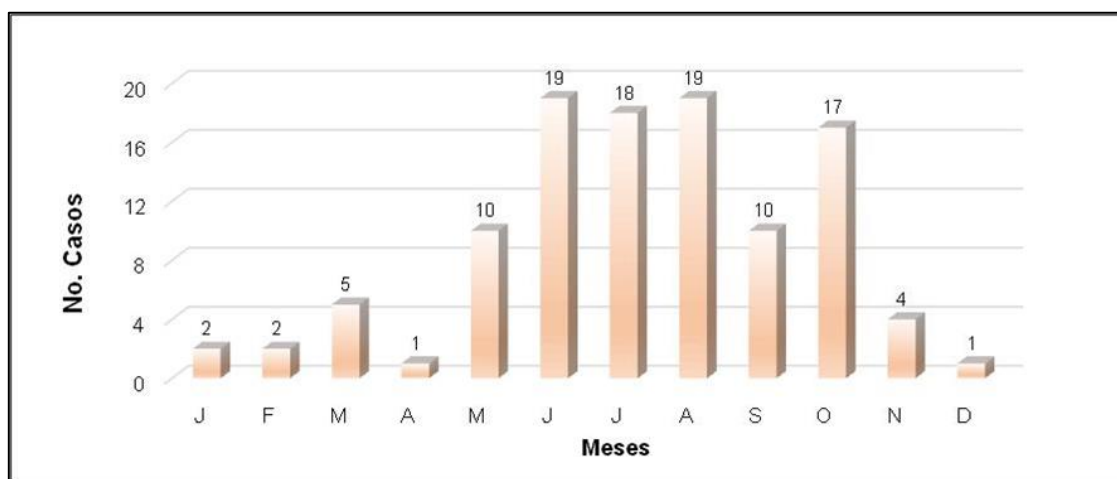


Figura 50– Número de casos mensais com mais de 60 internações por DCV para 2 dias sucessivos no município de São Paulo para o período 2007 a 2013.

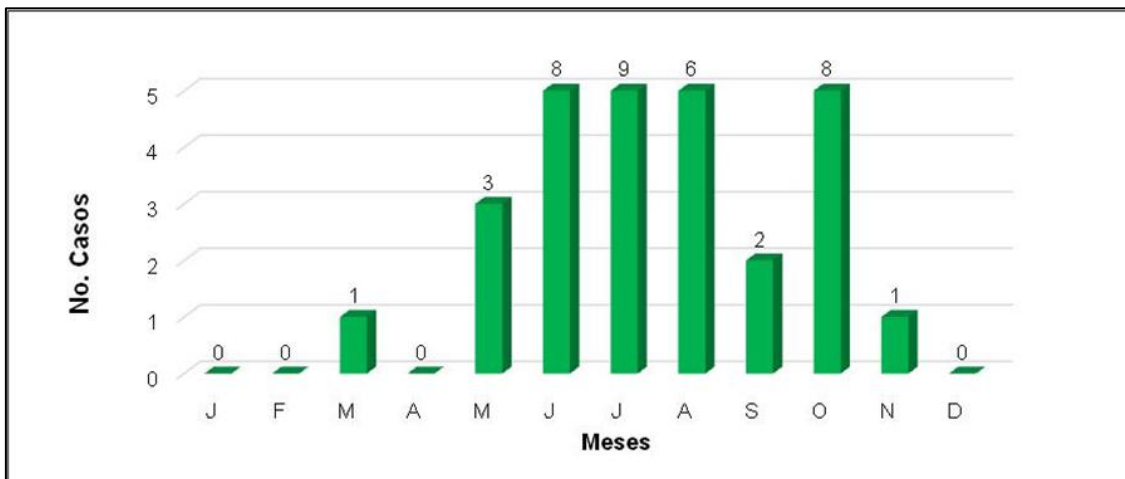


Figura 51– Número de casos mensais com mais de 60 internações por DCV para 3 dias sucessivos no município de São Paulo para o período 2007 a 2013.

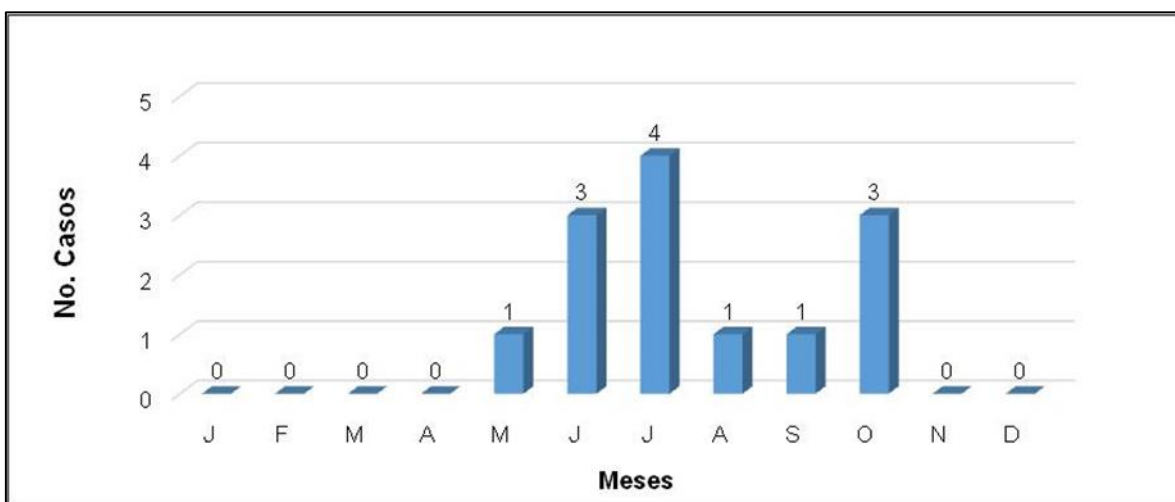


Figura 52– Número de casos mensais com mais de 60 internações por DCV para 4 dias sucessivos no município de São Paulo para o período 2007 a 2013.

Analisando as dinâmicas (sequências de códigos) dos TC associadas à ocorrência de mais de 60 casos registrados por DCV durante três e quatro dias sucessivos, obtêm-se que em ambos os casos a sequência de TC com maior frequência de ocorrência foi a 3-2-1 (sector Leste, Sul e Oeste), esta se corresponde com a influência dos sistemas extratropicais que atingem em São Paulo. Nas regiões subtropicais quando os anticiclones polares avançam para latitudes menores, isto pode constituir um elemento disparador de crises de saúde.

4.7 Ocorrências de máximos diários das doenças associados às mudanças dos ETD

Seguindo o procedimento discutido na seção 3.2.4, foram obtidas as sequências de ETD de maior impacto meteoro-trópico na ocorrência de casos de DCV na população (Tabela 8), lembre-se que cada sequência descreve o comportamento do tempo durante 4 dias sucessivos, e que o corpo humano pode experimentar mudanças a partir das modificações do estado do tempo nesses dias. Nesta pesquisa foi estudada somente a relação entre os ETD e as DCV, pois esta doença apresentou a maior frequência de ocorrência no período de estudo e desta forma a análise poderia ser mais representativo.

Tabela 8. Sequência de ETD na ocorrência de dias sucessivos por DCV no município de São Paulo para o período 2004 a 2013.

Sequências de ETD
6-14-12-18
17-17-17-7
17-17-3-14
12-11-13-7
14-14-13-11
13-14-14-11
6-14-18-12

4.8 Análise do comportamento diário da DOA e o índice DOA com relação às variáveis meteorológicas e às doenças.

Nos estudos biometeorológicos sempre resulta complexo o trabalho estatístico para associar o comportamento das variáveis meteorológicas e a ocorrência de crises de saúde para uma área determinada. Primeiramente será analisado o comportamento diário da DOA com as variáveis meteorológicas aqui estudadas e as doenças envolvidas durante o período 2004-2013. Para isto se estratifica o comportamento da DOA em varias categorias, atendendo à magnitude do desvio padrão (DP) para a amostra (Tabela 3).

O comportamento das variáveis meteorológicas comparadas com os valores estratificados do DOA (Figura 55) apresentou os resultados esperados. Como se mostra na combinação gráfica, as temperaturas extremas diárias do ar e a tensão de vapor de água (TVA) medidas as 12 00 UTC (09:00 HL) aumentam progressivamente desde

Resultados e discussões

condições de Hiperóxia forte até condições de Hipóxia moderada, porém com a umidade relativa acontece o contrário.

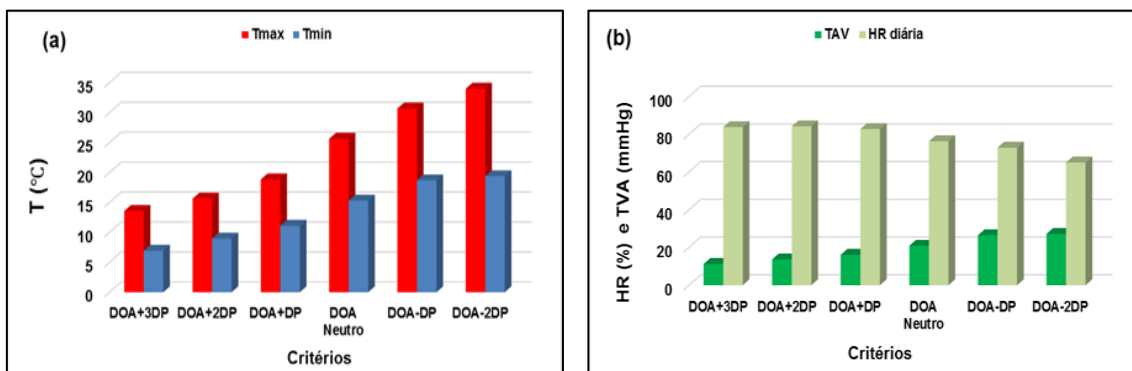


Figura 55– (a) Comportamento diário da temperatura máxima, mínima em relação com os critérios da DOA. Em (b) apresenta-se a tensão de vapor de água e a umidade relativa também em relação com os critérios da DOA.

A nebulosidade média diária (N) aumenta ligeiramente para valores extremos do DOA, mas as diferenças não são significativas, porém a velocidade do vento diária aumenta significativamente na região dos valores extremos da DOA (Figura 56). Por outro lado a precipitação parece estar relacionada com condições de Hipóxia atmosférica.

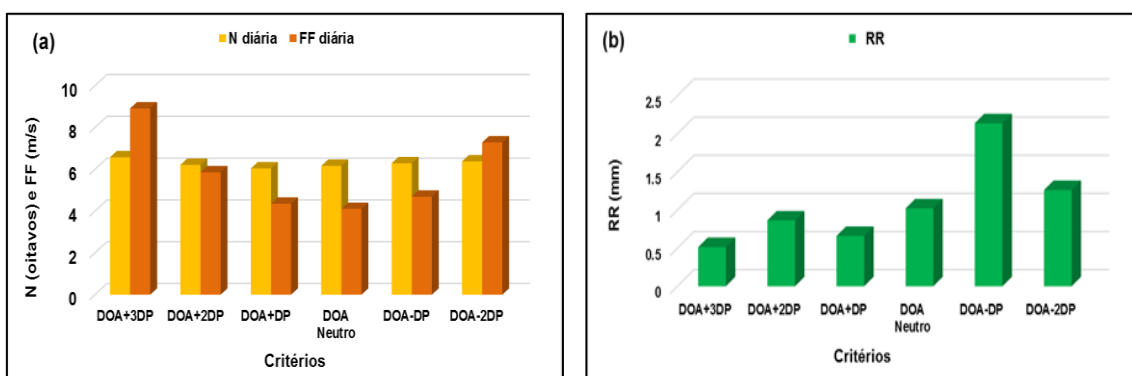


Figura 56– (a) Comportamento diário da nebulosidade diária, a velocidade do vento, e (b) a precipitação em relação com os critérios da DOA.

Em relação ao comportamento médio das doenças compreendidas nas diferentes categorias estratificadas do DOA, pode-se dizer que as RESPI são mais frequentes nos intervalos próximos do neutro (Figura 57). Com respeito às doenças RESPC, se observa um aumento ligeiro dirigido à região sob condições de Hipóxia. Por outro lado as DCV não apresentam uma tendência significativa, exceto sob condições de Hipóxia moderada onde é observado o máximo valor de ocorrência diária.

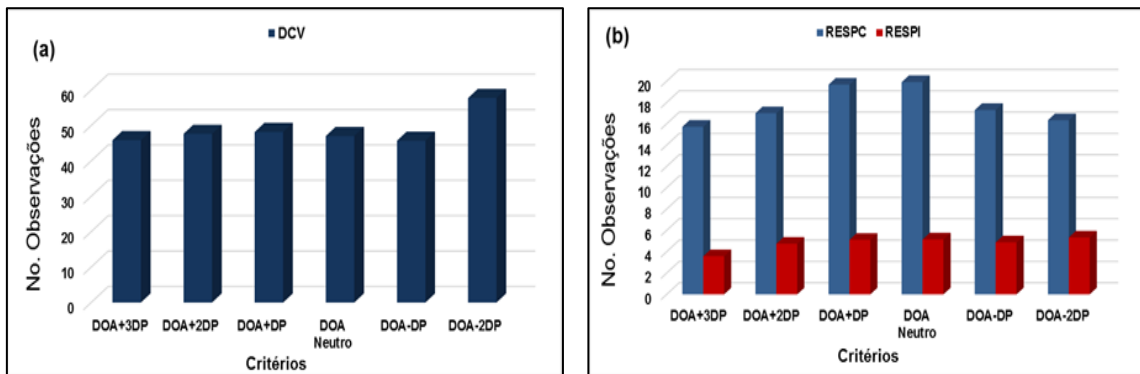
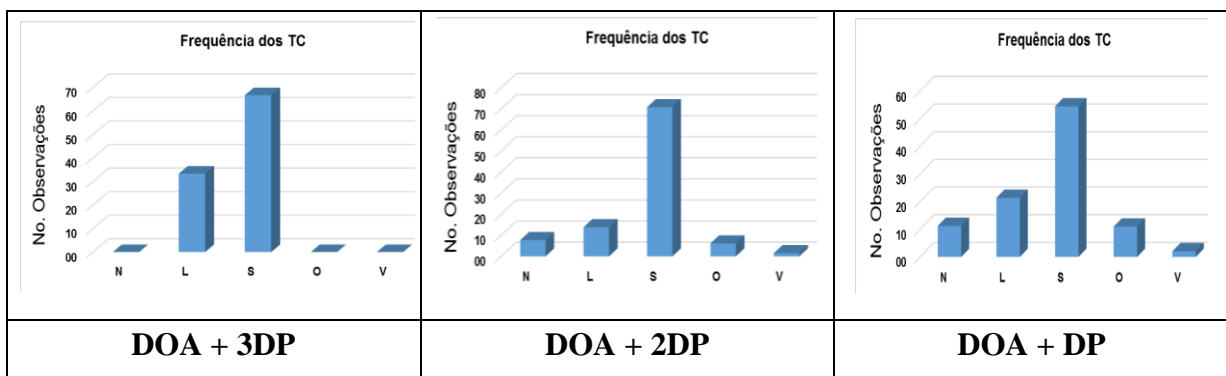


Figura 57– (a) Comportamento diário das DCV em relação com os critérios da DOA. Em (b) apresentam-se as RESPC e as RESPI também em relação com os critérios da DOA.

A relação entre os tipos de circulação (TC) influentes e os critérios da DOA apresenta-se na Figura 58. Nota-se que a distribuição dos TC muda de acordo com a direção do vento dominante de Sul a Leste e depois a Norte na mesma medida que os valores da DOA passam de condições de Hiperóxia a neutras e depois a Hipóxia, indicando que as condições de Hiperóxia são predominantes nos meses do inverno (vento predominante soprando do setor Sul) e as de Hipóxia no verão (vento predominante soprando do setor Norte). O TC “Leste” reflete uma influência marítima (maiormente na transição de inverno a verão), ele aparece como um TC de transição sazonal e de variação diária, atuando como fator determinante na internação nos hospitais por condições de Hiperóxia.

Uma característica interessante é que as condições moderadas ou fortes de Hipóxia como de Hiperóxia têm uma frequência de ocorrência similar no período de estudo com um 51 % e 49 % respectivamente. Ratificando a variação sazonal que apresentam as variações parcial da densidade de oxigênio do ar ao longo do período para o município de São Paulo.



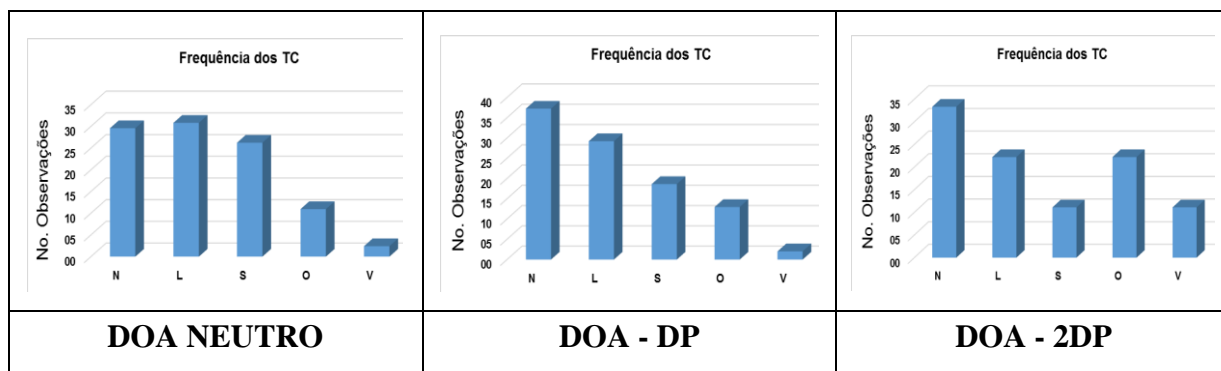


Figura 58—Relação entre e os tipos de TC influentes e os critérios da DOA no município de São Paulo.

A continuação será analisada assim como para o DOA o comportamento do índice DOA com as variáveis meteorológicas e doenças envolvidas neste estudo. Na figura 59 apresenta-se a relação do índice DOA com as temperaturas extremas diárias (T_M , T_{Max}). O comportamento da T_{Max} mantém o mesmo padrão que no caso da DOA, mostrando um aumento progressivo dirigido à região de maior contraste negativo do índice. Porém as temperaturas mínimas diminuem a medida que se aproximam aos extremos dos índice DOA. Enquanto isso a tensão de vapor de água (TVA) mostra uma ligeira tendência crescente dirigida aos valores de maior contraste negativo do índice, acontecendo o contrário com a umidade relativa média diária (HR). Quando a quantidade de vapor de água aumenta na atmosfera o volume de oxigênio ocupado também aumenta e devido a este processo são geradas condições críticas de Hipóxia o que incrementa o número de atendimento e internações por doenças cardiovasculares e respiratórias.

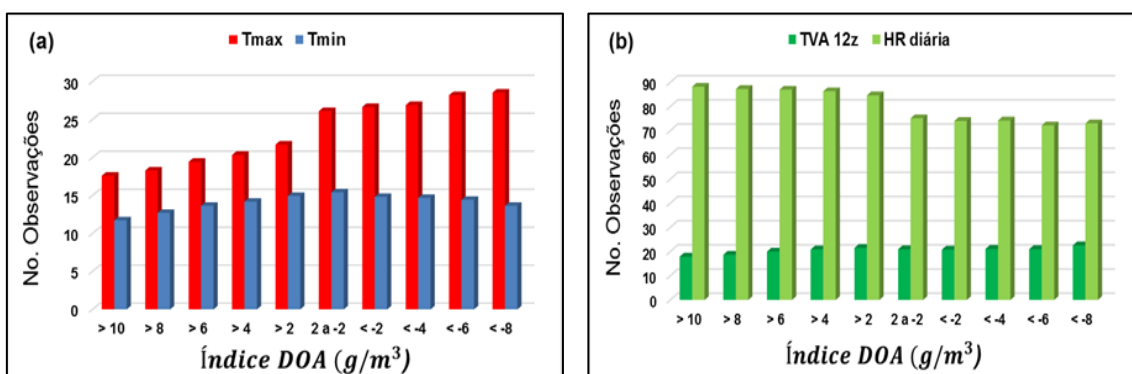


Figura 50— (a) Comportamento diário da temperatura máxima e mínima em relação ao índice DOA. Em (b) tensão de vapor de água e umidade relativa também em relação ao índice DOA.

Similar ao caso da DOA, a nebulosidade associada aos diferentes intervalos do índice DOA quase não muda, mas a velocidade do vento média diária aumenta rapidamente para ambos os extremos do índice DOA (Figura 51). Por outro lado pode-se dizer que a precipitação diária (RR), embora seja pouca, apresenta maiores valores para contrastes positivos do índice DOA.

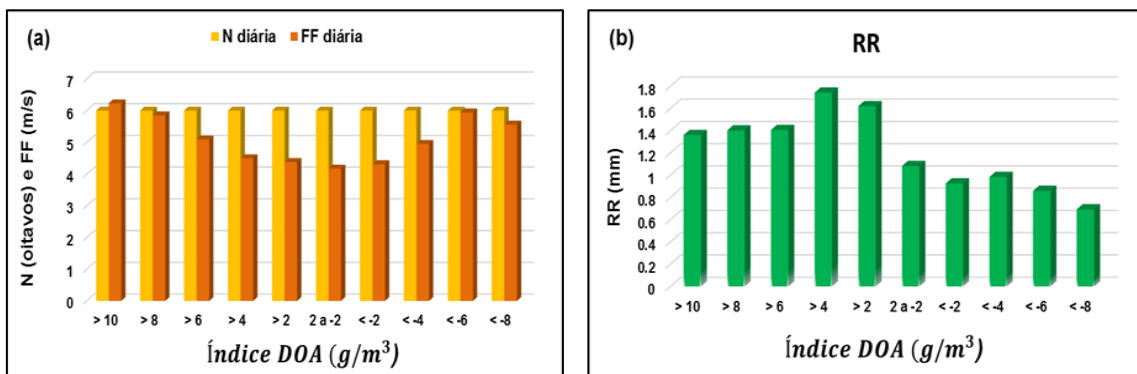


Figura 51– (a) Comportamento diário da nebulosidade diária (N), velocidade do vento (FF) em relação ao índice DOA. Em (b) apresenta-se a precipitação (RR) também em relação ao índice DOA.

O comportamento das diferentes doenças segue sendo o elemento mais destacado. No caso do índice DOA assim como para o DOA, o comportamento das RESPI e as RESPC não teve um relacionamento significativo com o índice, mantendo um comportamento bem homogêneo sob qualquer tipo de contraste do índice. Porém as DCV apresentaram um evidente aumento dirigido às condições de Hipóxia, em regiões de contrastes negativos do índice DOA (Figura 52).

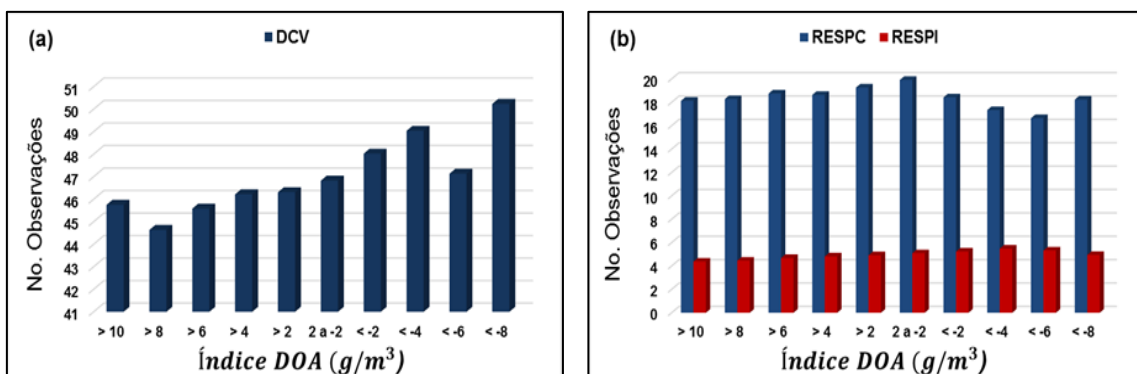


Figura 52– (a) Comportamento diário das DCV em relação ao índice DOA. Em (b) as RESPI e as RESPC também em relação com o índice DOA.

Resultados e discussões

Com o objetivo de avaliar a gênese dos contrastes do índice DOA por Hipóxia ou Hiperóxia é importante analisar a relação entre o índice DOA e os TC influentes.

Segundo a Figura 53 pode-se dizer que os contrastes do índice DOA associados a condições de Hiperóxia se associam principalmente à influência do TC “Sul”, sendo um padrão típico de inverno. Enquanto os contrastes tornam-se neutros ou vão às condições de Hipóxia, também aumenta gradualmente a frequência dos TC do setor “Leste e Norte”, estes setores são característicos da influência marítima e do interior do continente respectivamente. Quando o vento sopra do interior do continente tem características mais quentes e secas, esta condição predomina durante o verão e se associa aos contrastes do índice por condições de Hipóxia.

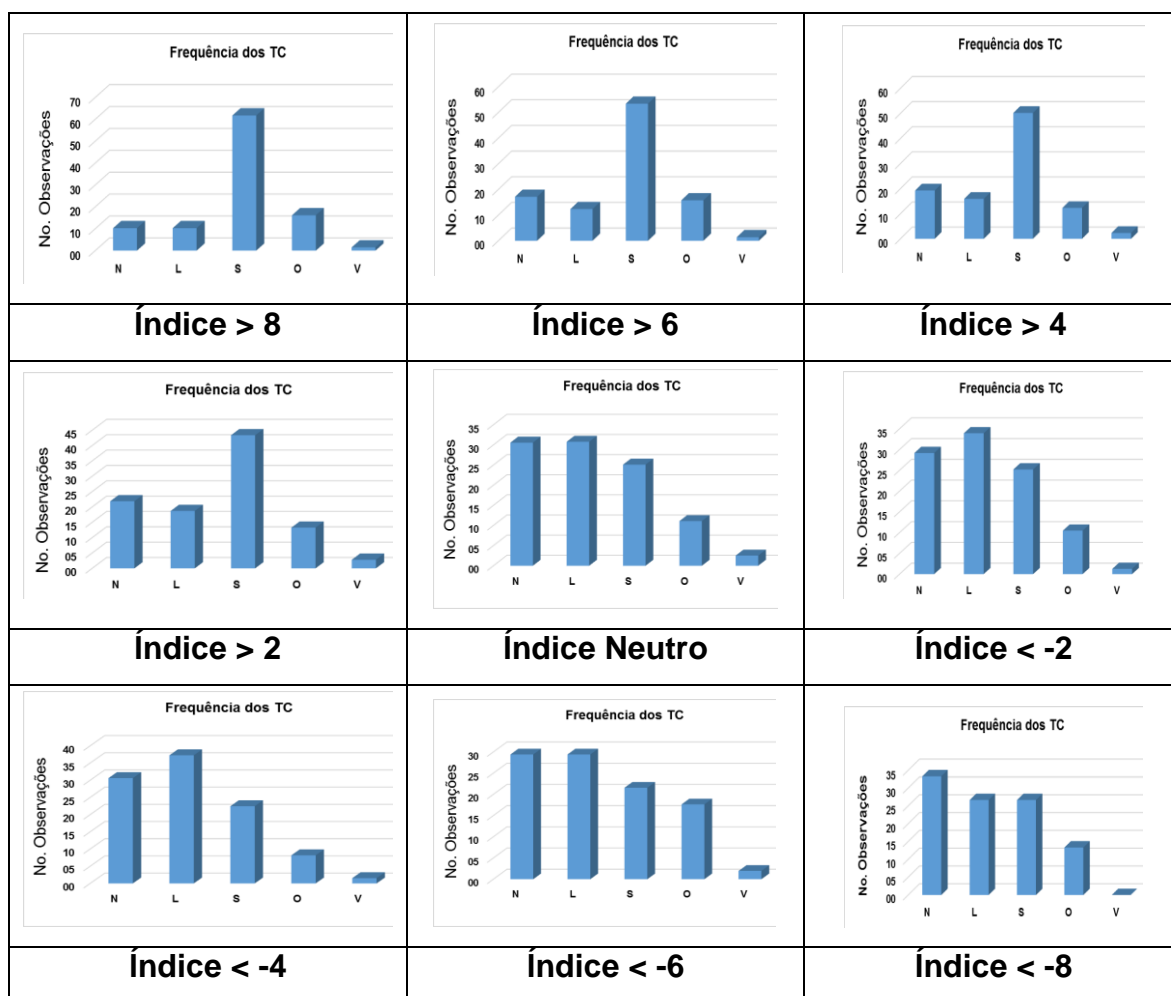


Figura 53– Relação entre o índice DOA e os tipos de TC influentes no município de São Paulo.

4.9 Análises estatísticas complementares

Nesta seção será avaliado o comportamento das variáveis meteorológicas com respeito às doenças durante vários dias sucessivos. A influência do estado do tempo sobre a saúde humana depende da intensidade e a duração do impacto meteoro-trópico. Anteriormente similar análise foi realizada para toda a amostra, mas agora serão levadas em conta os subintervalos estabelecidos na seção anterior para a DOA e do índice DOA, sendo escolhidos os que poderiam ser os de maior impacto meteoro-trópico.

4.9.1 Condições de Hipóxia moderada ou forte

Foram escolhidos os dias sob condições de Hipóxia forte e moderada com contrastes do índice DOA $< -6 \text{ g/m}^3$. É notável o aumento do nível de significância estatística das correlações entre as variáveis em estes dia com respeito aos resultados de correlação obtidos anteriormente, sendo representativo o caso das DCV que apresentaram coeficientes de correlação superiores ou inferiores a ± 0.40 (Tabela 9).

Resultados e discussões

Tabela 9. Coeficientes de correlação linear entre as doenças e os elementos meteorológicos correspondentes a valores do índice DOA menores a -6 g/m^3 . Em cor vermelho as correlações maiores ou iguais a 0.5. O nível de significância para estas correlações foi sempre maior que 0.05.

Variáveis	Médias	Dev.Pad.	TC	ETD	DCV	RESPC	RESPI
TC	-	-	1,00	0,06	-0,08	-0,17	-0,22
ETD	-	-	0,06	1,00	0,36	0,24	-0,01
DOA 1200Z	244,60	3,66	-0,08	0,61	0,42	0,34	0,06
Dif-DOA	-7,53	1,56	0,2	0,01	-0,20	-0,24	0,06
T 1200 Z	25,60	2,83	-0,03	-0,54	-0,34	-0,35	-0,06
Tmax	28,27	2,82	-0,12	-0,51	-0,36	-0,38	-0,04
Tmin	14,34	3,03	0,31	-0,54	-0,41	-0,38	0,07
TVA 1200 Z	23,06	4,42	0,21	-0,61	-0,47	-0,32	0,00
HR 1200 Z	54,08	7,90	0,36	-0,06	-0,15	0,00	0,07
FF 1800 Z	0,58	1,83	0,21	0,11	0,15	0,18	0,07
Pnm 1200 Z	930,12	3,19	-0,13	0,28	0,21	0,07	0,08
Dif-PPP	-3,03	1,76	-0,03	0,26	0,01	-0,21	0,21
N diária	6,13	0,43	-0,16	-0,19	-0,38	-0,10	-0,16
HR diária	73,04	8,39	0,47	-0,13	-0,05	-0,10	-0,02
FF diária	5,43	6,30	-0,07	0,04	0,16	0,35	-0,04
RR	1,03	1,95	0,36	-0,02	-0,01	-0,13	-0,10
DCV	48,94	11,43	-0,08	0,36	1,00	0,67	0,15
RESPC	16,70	6,64	-0,17	0,24	0,67	1,00	0,14
RESPI	5,44	2,32	-0,22	-0,01	0,15	0,14	1,00

Na Figura 54 é apresentada a relação entre a ocorrência diária das DCV, a DOA as 12:00 UTC e a temperatura mínima, em dias sob condições de Hipóxia moderada a forte com contrastes do índice DOA inferiores a -6 g/m^3 . Pode ser observado como a maior ocorrência de DCV (cor vermelho) ocorre para temperaturas mínimas menores que $6 \text{ }^\circ\text{C}$ com valores da DOA entre 252 g/m^3 e 254 g/m^3 .

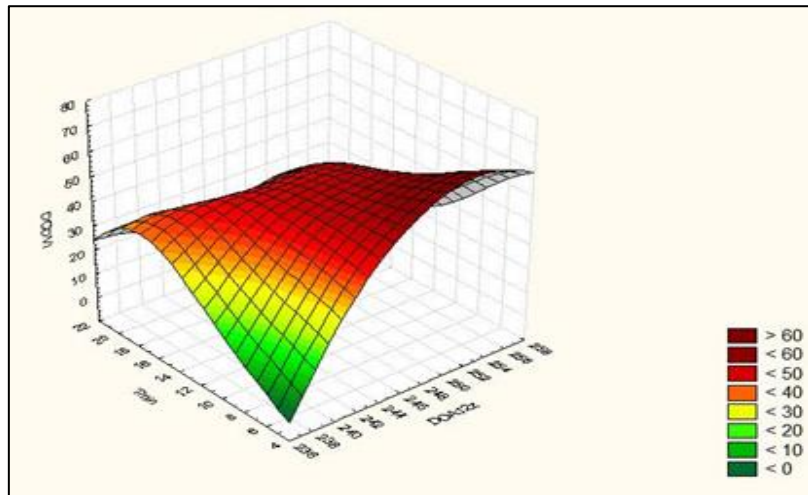


Figura 54– Diagrama em 3D entre as DCV, a temperatura mínima e a DOA medida as 1200 UTC para valores do índice DOA menores a -6 g/m^3 no município de São Paulo, para o período 2004 a 2013.

Na Figura 56 é apresentada a relação entre as DCV com o índice DOA e a temperatura máxima diária sob condições de Hipóxia moderada a forte com contrastes do índice DOA inferiores a -6 g/m^3 . Neste caso observa-se como para todos os contrastes negativos do índice a ocorrência de DCV excede os 40 casos diários de ocorrência de DCV.

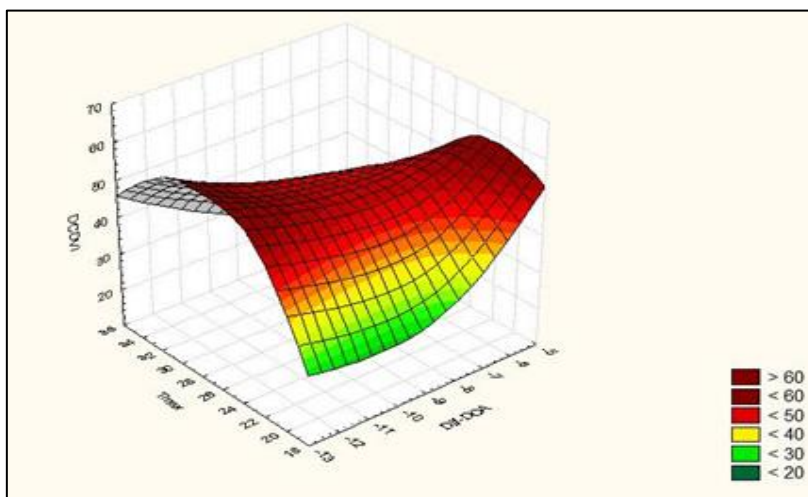


Figura 56– Diagrama em 3D entre as DCV, a temperatura máxima e o índice DOA (valores $< -6 \text{ g/m}^3$) no município de São Paulo, para o período 2004 a 2013.

Para as RESPI e as RESPC foi realizada a mesma análise que para as DCV e este pode ser observado na Figura 57 e Figura 58 respectivamente, nestas Figuras se relaciona a

Resultados e discussões

ocorrência destas doenças com o DOA e o índice DOA (valores $< -6 \text{ g/m}^3$) para condições de Hipóxia moderada a forte.

No caso das RESPC pode ser observado como o máximo de ocorrência se relaciona com altos contrastes do índice DOA em regiões de menor conteúdo de oxigênio dissolvido no ar (Figura 57). Por outro lado as RESPI manifestam um marcado aumento na sua ocorrência à medida que aumenta a DOA e sob significativos contrastes do índice DOA para condições de Hipóxia (Figura 58).

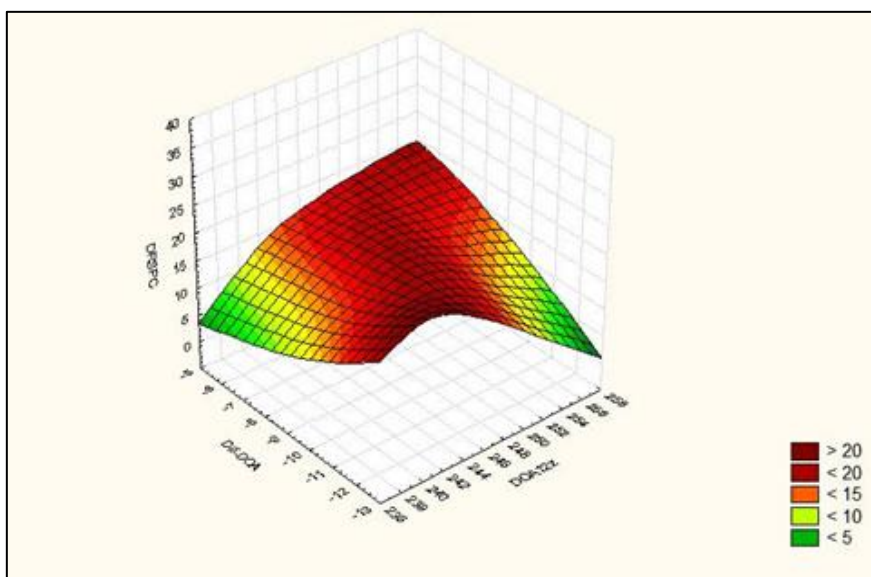


Figura 57– Relação entre as RESPC a DOA e as mudanças do índice DOA para condições de Hipóxia moderada a forte no município de São Paulo, 2004 a 2013.

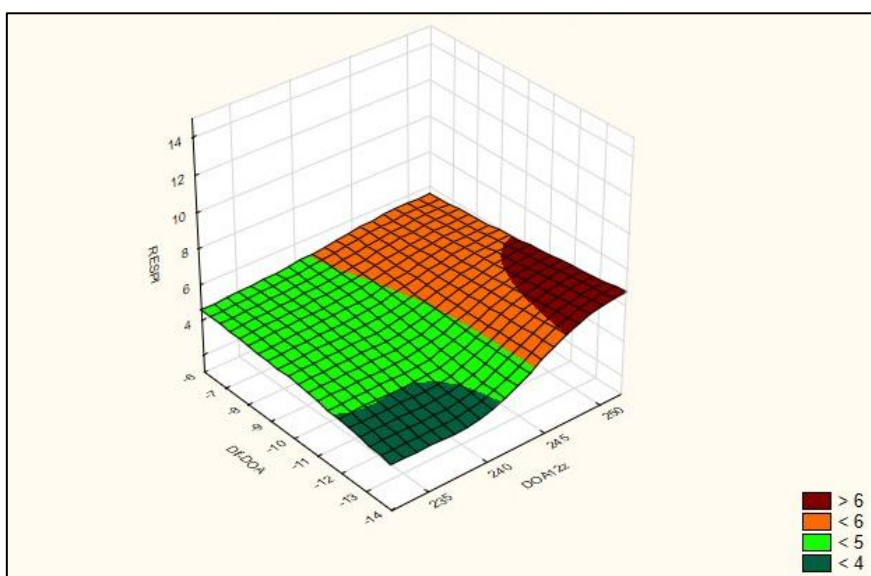


Figura 58– Relação entre as RESPI, a DOA e as mudanças do índice DOA para condições de Hipóxia moderada a forte no município de São Paulo, 2004 a 2013.

Durante a exposição a condições inverniais, se assume-se que a atmosfera pode ser considerada dentro um volume dado acontece que, dentro deste volumem as moléculas de oxigênio se compactam devido a que o ar se torna mais denso (pelo frio), o que gera maior concentração das moléculas de oxigênio provocando na sua vez um aumento na ocorrência de condições de Hiperóxia atmosférica. No caso em que a situação seja de intenso calor ocorre o contrario, as moléculas de oxigênio se dilatam ou expandem devido à baixa densidade do ar, diminuindo assim a quantidade de moléculas de oxigênio e consequentemente estabelecendo condições de Hipóxia atmosférica.

4.9.2 Condições de Hiperóxia moderada ou forte

Para esta análise foram escolhidos os dias sob condições de Hiperóxia forte e moderada com contrastes do índice DOA $> 6 \text{ g/m}^3$. As correlações obtidas entre as doenças e as variáveis em questão (Tabela 10) foram utilizadas para escolher as variáveis melhor correlacionadas com as doenças.

Resultados e discussões

Tabela 11. Coeficientes de correlação linear entre as doenças e os elementos meteorológicos para a amostra do índice DOA com valores menores a 6 g/m^3 . Em cor vermelho as correlações maiores que 0.5. Estas correlações foram calculadas estabelecendo um nível de significância de 0.05.

Variáveis	Médias	Dev.Pad.	TC	ETD	DCV	RESPC	RESPI
TC	-	-	1,00	0,16	0,06	0,13	0,01
ETD	-	-	0,16	1,00	0,00	0,05	0,20
DOA1200Z	252,75	4,37	0,22	0,72	0,10	0,06	0,01
Dif-DOA	8,39	2,29	0,06	0,32	-0,02	-0,03	-0,08
T 1200Z	17,33	3,12	-0,17	-0,72	-0,08	-0,06	0,02
Tmax	19,39	3,16	-0,20	-0,80	0,00	-0,10	-0,08
Tmin	13,50	3,25	-0,20	-0,63	-0,17	-0,04	-0,06
TVA 1200Z	21,23	5,12	-0,21	-0,59	-0,13	-0,00	-0,03
HR 1200Z	82,25	12,76	-0,07	0,07	-0,15	0,07	-0,10
FF 1800Z	0,95	1,68	0,01	0,00	-0,07	-0,08	0,05
Pnm 1200Z	932,53	3,42	0,21	0,38	0,04	0,11	0,07
Dif-PPP	3,39	2,29	0,19	0,38	0,02	-0,04	0,12
N diária	6,03	0,44	0,04	-0,11	0,03	-0,06	0,01
HR diária	86,72	8,02	-0,06	0,11	-0,24	0,09	-0,06
FF diária	3,95	4,26	0,015	0,12	0,06	-0,05	0,06
RR	1,31	2,29	-0,20	-0,03	-0,14	-0,03	-0,12
DCV	47,18	11,73	0,06	0,00	1,00	0,19	0,11
RESPC	19,33	7,52	0,13	0,05	0,20	1,00	-0,02
RESPI	4,74	2,18	0,01	0,20	0,11	-0,02	1,00

Na Figura 59 é apresentada a relação entre a ocorrência diária das DCV, a umidade relativa (HR) as 12:00 UTC e a DOA as 1200 UTC em dias sob condições de Hiperóxia moderada a forte com contrastes do índice DOA maiores a 6 g/m^3 . Pode ser observado como para condições de Hiperóxia moderada ou forte os máximos de ocorrência ocorrem para os menores valores de umidade relativa, embora seja evidente que sob estas condições a ocorrência de DCV é alta para qualquer intervalo do gráfico (> 40 casos diários). Por outro lado analisando a ocorrência desta doença, mas em relação à temperatura mínima (T_{Min}) e à tensão de vapor de água (TVA), observa-se que sob estas condições, temperaturas inferiores aos 30hPa parecem estar associadas à ocorrência de DCV (Figura 60).

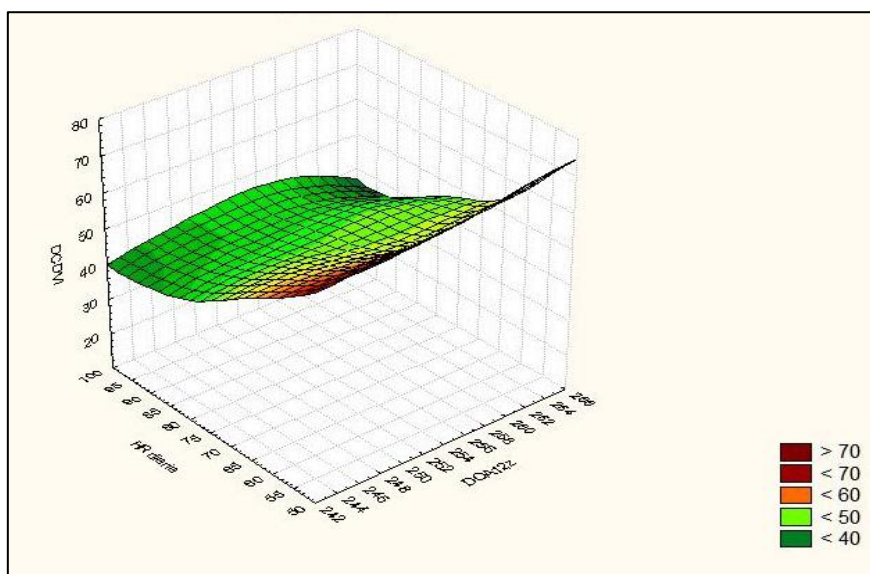


Figura 59– Relação entre as DCV, a HR diária e o valor da DOA as 1200 Z sob condições de Hiperóxia moderada a forte com valores do índice DOA $> 6 \text{ g/m}^3$ no município de São Paulo período 2004 a 2013.

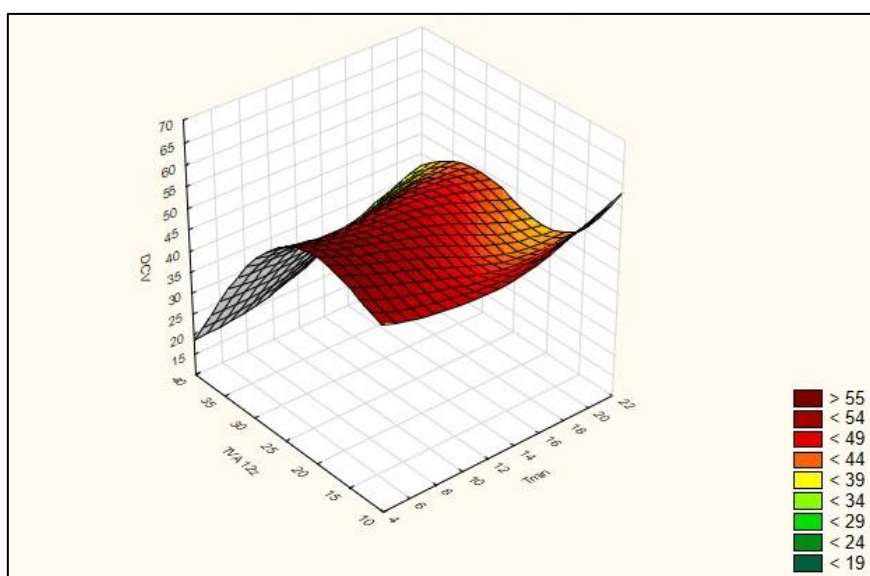


Figura 60– Relação entre as DCV, a T_{Min} diária, e a TVA as 1200 Z sob condições de Hiperóxia moderada a forte com valores do índice DOA $> 6 \text{ g/m}^3$ no município de São Paulo período 2004 a 2013.

Na análise para as RESPC em relação à umidade relativa (HR) e o índice DOA apresentado na Figura 61, observa-se como o máximo mais representativo de ocorrência se associa com os maiores contrastes do índice DOA e valores de umidade relativa em torno de 70 %. Esta doença também foi analisada com respeito à temperatura máxima e

aos TC, mostrando que os máximos de ocorrência estão associados com os TC de tipo 4 (setor Norte) quando a temperatura máxima do dia foi menor que 16°C (Figura 62).

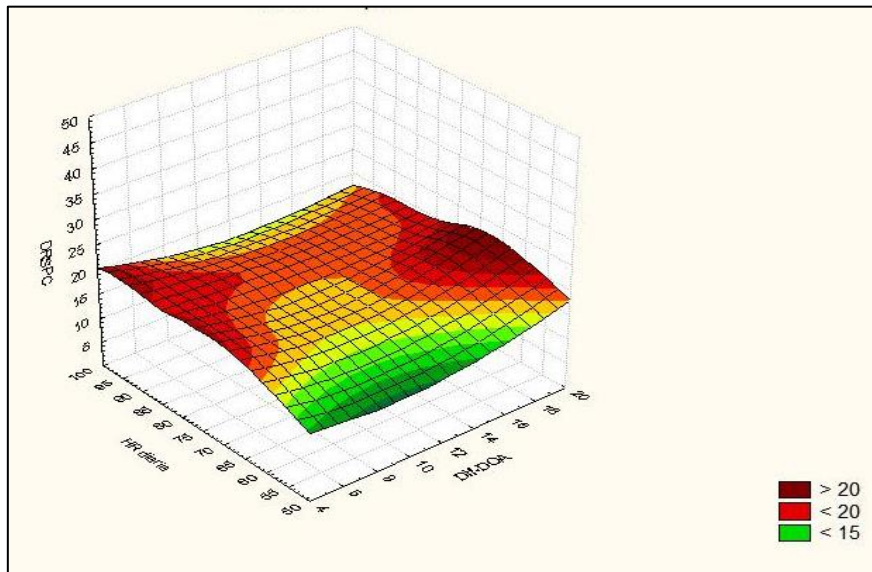


Figura 61– Relação entre as RESPC, a HR as 1200 Z, e o índice DOA sob condições de Hiperóxia moderada a forte para valores do índice DOA maiores a 6 g/m^3 no município de São Paulo, 2004 a 2013.

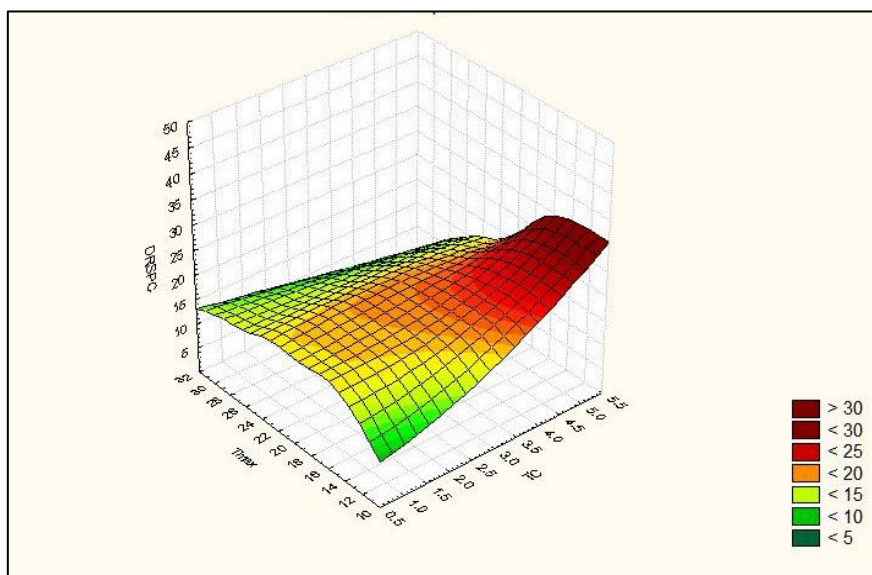


Figura 62– Relação entre as RESPC, a T_{Max} , e o tipo de TC sob condições de Hiperóxia moderada a forte para valores do índice DOA maiores a 6 g/m^3 no município de São Paulo, 2004 a 2013.

As RESPI por outro lado foram analisadas em relação à umidade relativa e à diferença de pressão em 24 horas para estes dia, obtendo que a maior ocorrência está relacionada com valores de HR muito pequenos e marcadas diferenças de pressão (Figura 63).

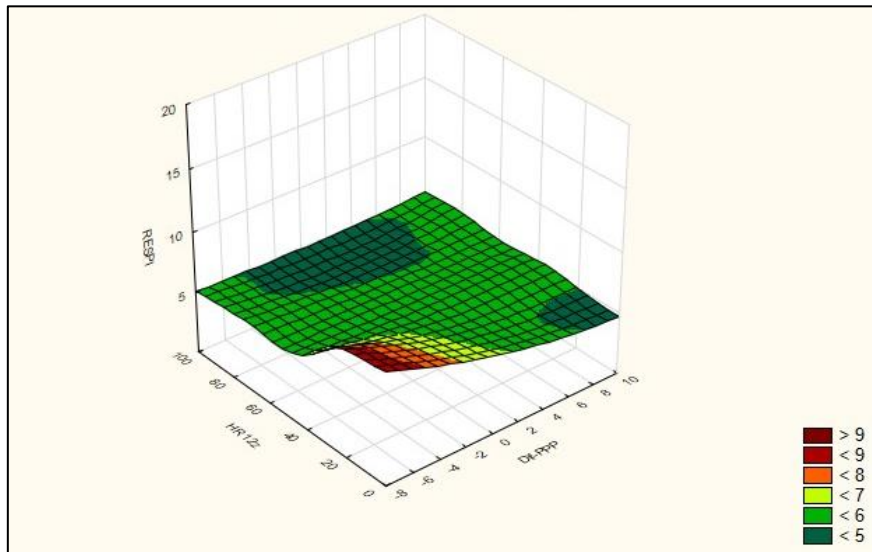


Figura 63– Relação entre as RESPI, a HR as 1200 Z, e a diferença de pressão em 24 horas sob condições de Hiperóxia moderada a forte para valores do índice DOA maiores a 6 g/m^3 no município de São Paulo, 2004 a 2013.

Com a realização destas análises é possível encontrar as relações potenciais que existem entre as doenças envolvidas no estudo e as variáveis meteorológicas selecionadas. Estas são consideradas condições extremas de sistemas biometeorológicos, com o fim de demonstrar a validade da condição mencionada anteriormente: as relações meteoropatológicas dependem da intensidade dos efeitos meteoro-trópicos. A outra condição que depende da duração dos efeitos meteoro-trópicos será avaliada na próxima seção.

4.10 Comportamento estável do índice DOA

Seguindo o procedimento descrito na seção 3.2.5.1, foi analisado o comportamento estável do índice DOA durante o período de estudo. Na Figura 64 são apresentadas as anomalias de cada doença com respeito à média geral do período 2004-2013, conforme a ocorrência de sequências estáveis de dias sucessivos sob a mesma condição biometeorológica (Ex. Hiperóxia e Hipóxia).

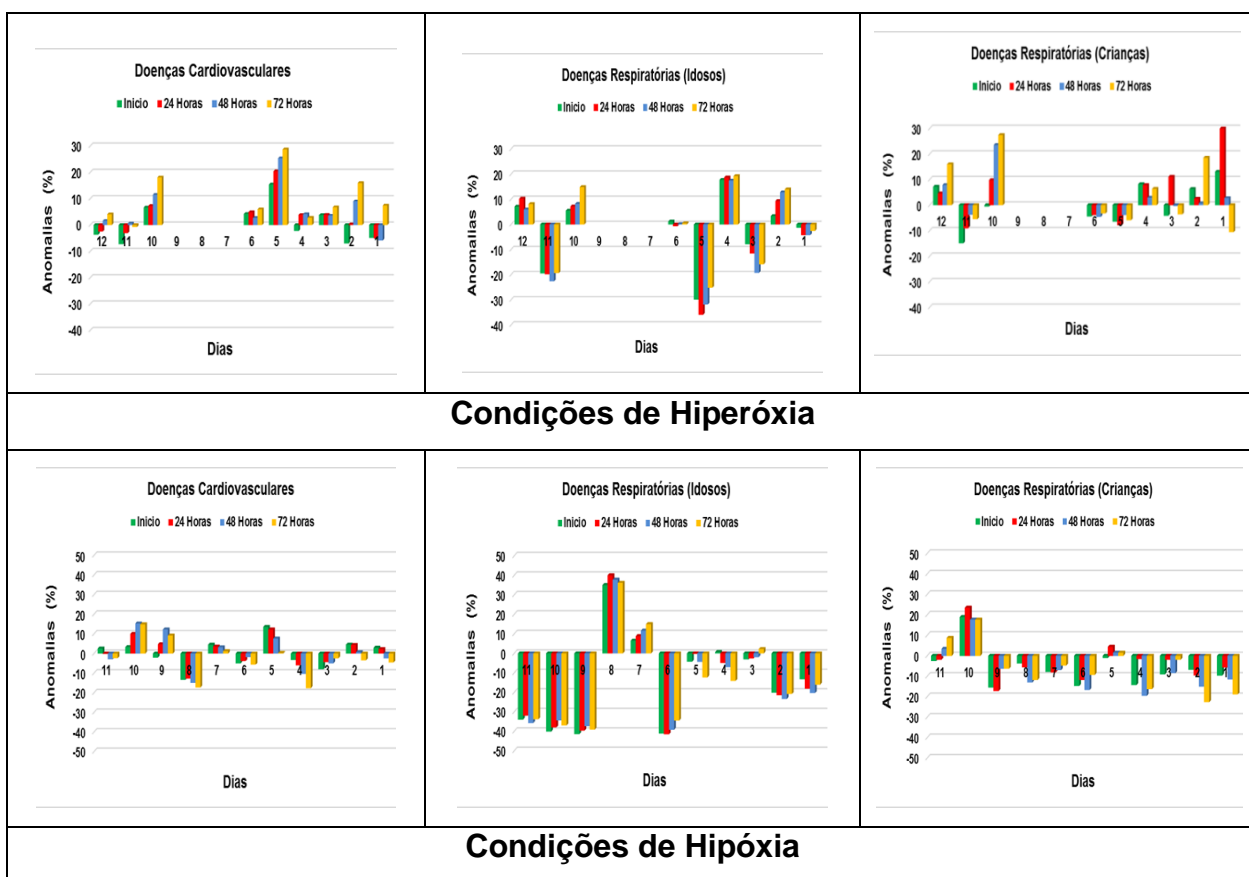


Figura 64– Anomalias de cada doença (DCV, RESPC e RESPI) com respeito à média geral do período 2004-2013, conforme a ocorrência de seqüências estáveis de dias sucessivos sob a mesma condição de Hipóxia ou Hiperóxia.

Desta forma pode se dizer que sob condições meteorotrópicas estáveis, tanto para condições de Hiperóxia como de Hipóxia, em geral não ocorrem máximos diários significativos das doenças relacionadas a este estudo. No caso das condições de Hiperóxia não se observaram seqüências de sete, oito e nove dias sucessivos, enquanto sob condições de Hipóxia não se observaram seqüências com mais de 11 dias sucessivos. Quando temos ambos os casos as seqüências encontradas com mais de oito dias se correspondem com um caso somente, resultado interessante e deve-se tratar com cuidado.

Um aspecto que resulta interessante desta análise é que as seqüências estáveis das condições meteorotrópicas ocorrem em diferentes épocas do ano. Como são apresentados na Figura 64, as seqüências estáveis por Hiperóxia são características do período de abril até outubro, com seu máximo anual bem definido no mês de julho;

enquanto que as seqüências estáveis por Hipóxia são observadas no período mais quente do ano, entre os meses de setembro até abril com seu máximo dominante no mês de fevereiro.

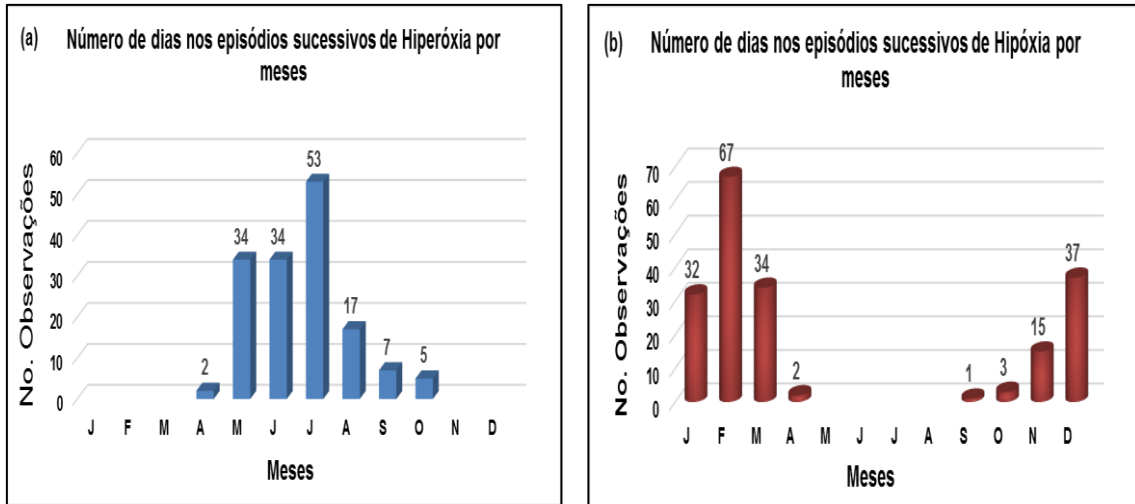


Figura 64– (a) Variação anual das seqüências estáveis para condições de Hiperóxia e (b) Hipóxia para o município de São Paulo, 2004 a 2013.

As seqüências apresentadas na seguinte Figura 65 abarcam até 12 dias sucessivos com mesma condição meteoro-tropical. As que são maiores de oito dias, geralmente, estão são as menos frequentes.

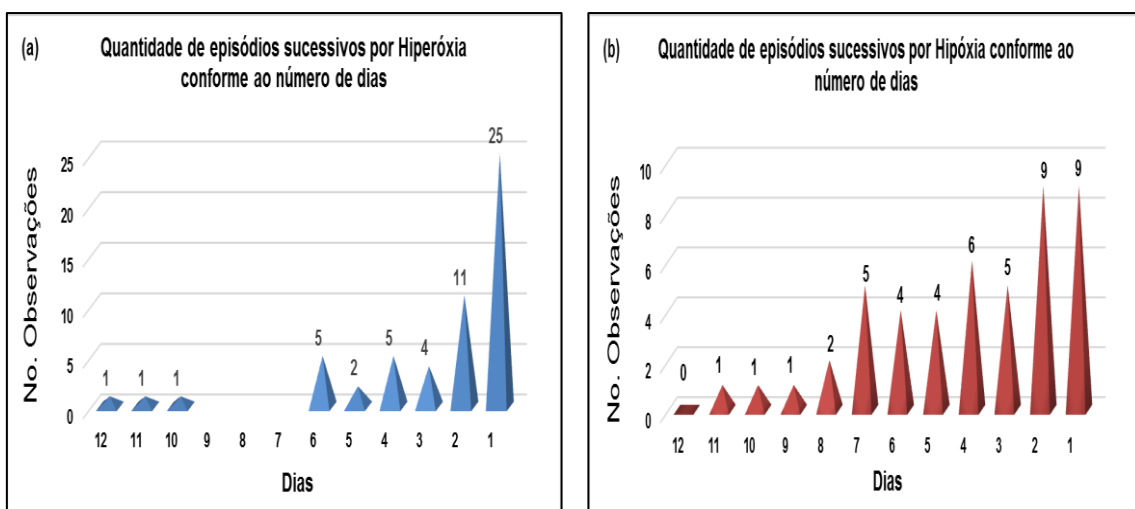


Figura 65– Quantidade de episódios para as seqüências em dias sucessivos sob a mesma condição meteoro-tropical para o município de São Paulo, 2004 a 2013.

4.11 Estudo de casos significativos

Nesta seção será estudado o dia primeiro de janeiro de 2008, quando foi reportado um importante surto de doenças respiratórias em idosos (RESPI). Para isso serão analisados os eventos meteorológicos atuantes nesse dia e o comportamento das variáveis meteorológicas.

Esta doença foi escolhida para observar o impacto das condições meteorológicas na população idosa. Foi realizada uma análise das condições até três dias antes do surto, assumindo que esse é aproximadamente o tempo de resposta do corpo humano às mudanças das condições meteorológicas. O dia selecionado é apresentado na Figura 66 e é um caso da temporada de verão, quando foram registradas 75 internações por doenças respiratórias em idosos (RESPI).

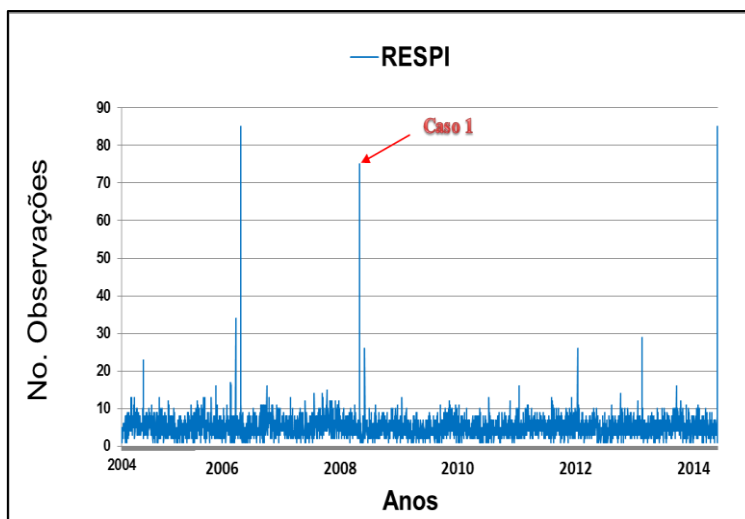


Figura 66– Morbidade das RESPI para a identificação do caso de estudo. O caso 1 corresponde ao dia 01/01/2008.

Empregando os dados mencionados na seção 3.2.1, foi plotado o campo de temperatura, vento e pressão atmosférica dos três dias anteriores à ocorrência do surto de DCV (29, 30 e 31 de dezembro) e são apresentados na Figura 67.

Na Figura 67 (a) pode ser observado o comportamento da dinâmica atmosférica no estado de São Paulo no dia 29 de dezembro de 2007 onde podem ser observadas temperaturas altas, superiores a 26°C na maior parte do estado, devido ao sistema de baixa pressão (1010 hPa), localizado a noroeste (NW) de São Paulo, com vento de

direção NE. Para o dia, 30 (Figura 67b) é notável destacar a formação de um ciclone com núcleo de 1002 hPa, localizado nos 39'S 41'W, associada à uma frente fria, a temperatura sobre São Paulo permaneceu com valores acima de 26°C. No dia 31 (Figura 67c) observam-se que os sistemas sinóticos antes mencionados estão localizados mais ao leste, com o ciclone mais profundo com respeito a sua posição inicial e com pressão central de 998 hPa. Sobre o continente localiza-se um centro ciclônico de 1010 hPa resultante do aquecimento do ar entre 26 – 30°C.

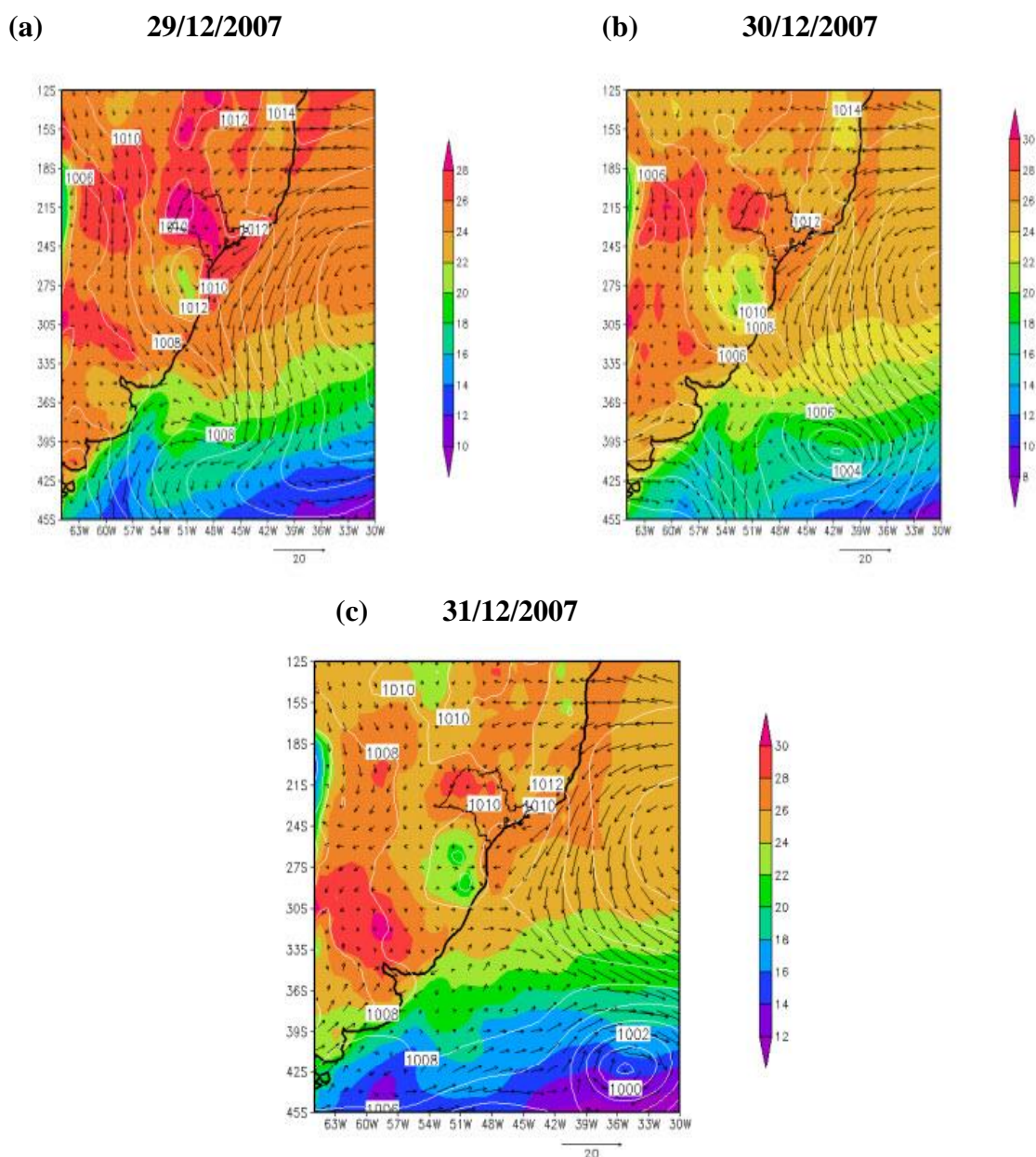


Figura 67– Campos de pressão (hPa), vento (*m/s*) e temperatura (°C) para os dias (a) 29, (b) 30 e (c) 31 de dezembro de 2007.

Resultados e discussões

A Figura 68 e 69 corresponde à imagem de satélite e à carta sinótica do dia 01/01/2008 as 1200 UTC para América do Sul respectivamente, a mesma mostra um ciclone no Atlântico Subtropical. O ciclone tem associada uma frente fria atuando ao Sul e Sudeste do São Paulo; a frente fria, que teve um passou muito rápida pelo estado de São Paulo, está organizando o fluxo de umidade que provem da Amazônia como é observado na imagem. Além da contribuição da frente fria ao fluxo proveniente da Amazônia tem influencia da ASAS; este fluxo de umidade se apresenta fundamentalmente no mês de janeiro e março (verão) e maiormente adopta o nome de “Jato de baixo níveis”.

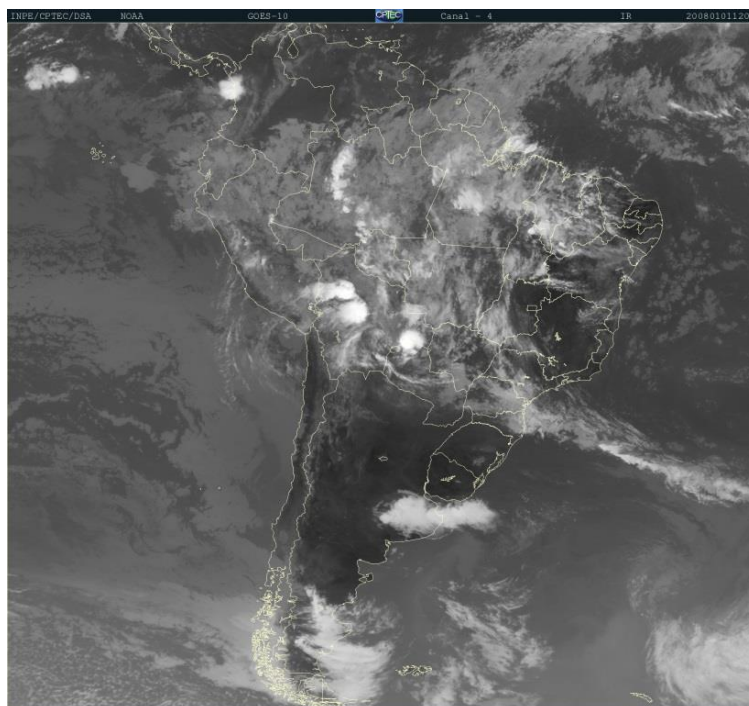


Figura 68– Imagem de satélite do dia 01/01/2008, as 1200 Z.

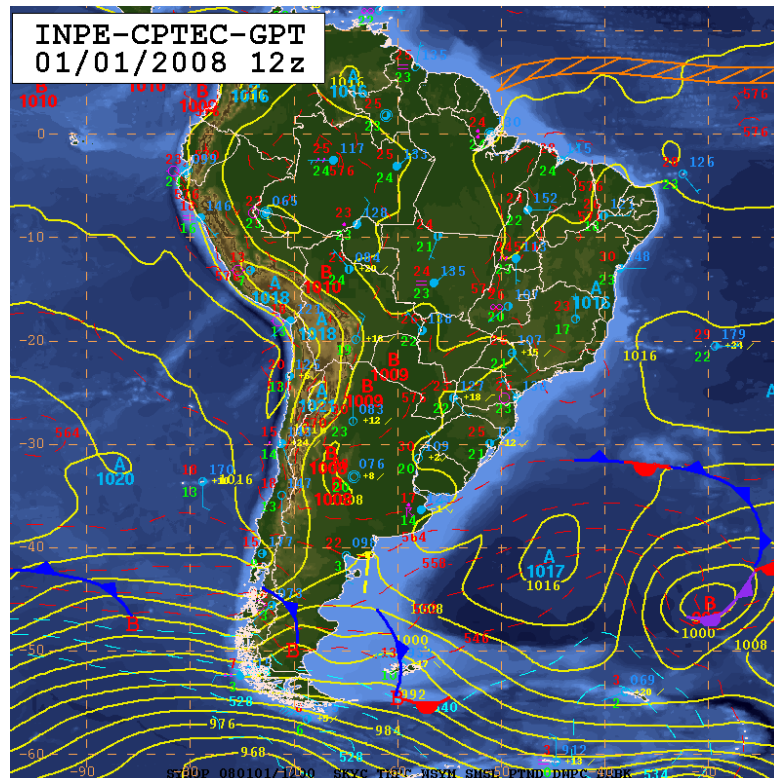


Figura 69– Carta sinótica do dia 01/01/2008 as 1200 Z.

Analisa-se agora baseado nas condições descritas acima a relação entre o estado atuante da atmosfera neste dia e as influências das variáveis meteorológicas. Neste dia foram observadas velocidades do vento de 8,2 m/s e umidade relativa com valor de 77 %, aumentando assim a sensação térmica no corpo em espaços de tempo muito curto; variáveis como os ETD do tipo 7 (Nublado quente, com precipitações) estimulam também a ocorrência de doenças durante o dia. Valores relativamente baixos da DOA ($242,2 \text{ g/m}^3$) e do índice DOA ($2,5 \text{ g/m}^3$) se misturam de maneira que a combinação resultante que predomina sobre o município de São Paulo são condições de Hipóxia atmosférica, à qual pode estar associada aos 75 casos de internações por RESPI registrada nesse dia.

Também pode ter uma contribuição adicional à ocorrência desse surto a subsidência do ar do sistema de alta pressão (ASAS) atuante na região, esse sistema impede a mistura vertical das massas de ar, e pode provocar a presença de elevados níveis de poluição do ar sobre o estado de São Paulo que podem influir nos surtos da doença.

6. Conclusões

A continuação é apresentada as conclusões deste trabalho para o encerramento do mesmo.

Os idosos sofrem de problemas cardiovasculares com maior frequência com um 66 %, e as crianças lideram a lista dos problemas respiratórios com um 26 %. Verificou-se que ao longo do período de estudo estes são os grupos mais afetados devido à degradação do sistema termorregulador no caso dos idosos e estágio inicial na composição do mesmo nas crianças.

As anomalias da ocorrência diária das doenças aqui estudadas respeito a sua média geral no período 2004-2013, mostraram ter uma definida variação sazonal, o que indica a influência do efeito do clima local sobre a sua ocorrência.

O maior número de pacientes internados por DCV em todo o período foi registrado nos meses de inverno com mais de 40 casos por dia. No caso das RESPC a maior frequência de ocorrência apareceu nos meses de inverno até o ano 2009, com mais de 20 casos por dia diferenciando-se do verão por aproximadamente 5 casos, a partir desse ano a situação se inverteu e nos meses de verão começaram se registrar o maior número de casos por essa doença. As RESPI apresentaram um comportamento variado até o ano 2009, e assim como nas RESPC, a partir desse ano nos meses de verão começaram-se registrar mais casos que no inverno.

As correlações entre as variáveis meteorológicas e as doenças empregando médias trimestrais mostraram melhores resultados que quando foram calculadas mensais.

A evolução temporal da DOA ao longo do período de 10 anos mostrou uma variação sazonal, com condições de Hiperóxia (máximos da DOA) durante o inverno (Junho-Setembro) e condições de Hipóxia durante o verão (mínimos da DOA) (Dezembro-Março).

O índice DOA mostrou contrastes diários muito significativos, com máximos por Hiperóxia superiores aos 15 g/m^3 e mínimos por Hipóxia inferiores aos -8 g/m^3 , que

pode justificar a ocorrência de efeitos meteoro-trópicos massivos e diversos entre a população mais vulnerável.

As maiores ocorrências de DCV na população estão associados com condições de Hipóxia atmosférica e significativas variações negativas do índice DOA durante todo o período. Por outro lado, as RESPI parecem estar relacionadas a condições de Hiperóxia e significativas variações positivas do índice DOA durante todo o período. As RESPC apresentaram um comportamento similar ao longo do período para ambas as condições (Hiperóxia e Hipóxia).

Os efeitos meteoro-trópicos associados aos processos extratropicais parecem ter a maior influência sobre a ocorrência das doenças, pois é durante o inverno que ocorrem os maiores contrastes por Hiperóxia. Entretanto deve ser dada atenção especial às causas dos máximos do índice DOA durante os meses de transição (novembro e abril) entre as estações, pois neste período a população está menos adaptada às características do tempo.

A temperatura e a tensão de vapor de água se relacionam com a ocorrência de surtos de DCV, RESPC e RESPI. Estas variáveis têm uma marcada variação sazonal, com valores extremos de interesse, indicativos de intenso estresse por calor (máximas superiores a 35 °C) favorecendo as condições de Hipóxia e intenso estresse por frio (mínimas inferiores a 10 °C) favorecendo as condições de Hiperóxia, com a capacidade em ambos os casos de provocar significativos efeitos meteoro-trópicos.

Foi concluído que os invernos não constituem um período climático estável e cronologicamente homogêneo, caracterizando-se esta época do ano pela influência descontínua de processos sinóticos extratropicais, que alternam com as condições tropicais predominantes a maior parte do ano. Isto mantém a predisposição entre a população local à ocorrência de frequentes reações meteorotrópicas.

O início da transição sazonal verão-inverno (Abril-Maio) tem uma imediata repercussão no comportamento da variabilidade em 24 horas dos ETD, com um aumento relativo dos ETD contrastantes e muito contrastantes.

Conclusões

As DCV e as RESPC apresentaram nos dias com ETD contrastantes e muito contrastantes taxas de ocorrência acima de 30 internações por dia. No caso dos ETD muito contrastantes a influência nas DCV foi maior com 45 internações por dia cada vez que este tipo de ETD se apresentou.

ETD do tipo 1 e 2 correspondentes a dias muito quentes e muito úmidos com e sem vento, não foram observados o que pode estar relacionado com fatores geográficos do município de São Paulo, como o efeito da continentalidade e a altitude. Por outro lado os dias chuvosos, especialmente frios e muito frios foram mais frequentes (ETD tipo 12), o que pode ter maior influência sobre a saúde da população local.

É evidente a marcada influência de circulações com componente de setor sul (S), leste (L) e norte (N) na região de estudo, estes predominam durante todo o período estudado. Com menor frequência podem ser observadas circulações com componentes variáveis e do setor oeste (O).

Analisando as dinâmicas (sequências de códigos) dos TC associadas à ocorrência de mais de 60 casos registrados por DCV durante três e quatro dias sucessivos, se obtiveram que em ambos os casos a sequência de TC com maior frequência de ocorrência foi a 3-2-1 (setor Leste, Sul e Oeste), esta se corresponde com a influência dos sistemas extratropicais que atingem em São Paulo.

A relação entre a DOA e os tipos de circulação (TC) influentes mostrou como a sua estrutura vai mudando do sector sul a leste e depois norte na mesma medida que os valores do DOA passam de condições de Hiperóxia a neutra e a Hipóxia, indicando que as condições de Hiperóxia atmosférica são predominantes nos meses do inverno e as de Hipóxia no verão. O TC “leste” reflete uma influência marítima (transição de inverno a verão) e aparece como um TC de transição sazonal e de variação diária.

Os contrastes do índice DOA associados a condições de Hiperóxia se associam principalmente à influencia do TC “Sul”, padrão típico de inverno. Por outro lado quando os contrastes não são significativos (tornam-se neutros), aumenta gradualmente a frequência dos TC do setor Leste e Norte, estes setores são característicos da influência marítima e do interior do continente respectivamente.

Sob condições de Hipóxia forte e moderada com contrastes do índice DOA $< -6 \text{ g/m}^3$, a ocorrência de DCV excedeu sempre os 40 casos diários, no caso das RESPC o máximo de ocorrência para o período (> 20 casos por dia) se relaciona com significativos contrastes do índice DOA ($< -10 \text{ g/m}^3$). Por outro lado o máximo das RESPI (> 30 casos por dia) está associado a contrastes do índice DOA em torno dos -13 g/m^3 .

Sob condições de Hiperóxia moderada ou forte com contrastes do índice DOA maiores que 6 g/m^3 , os máximos de ocorrência nas DCV (> 70) estão associados a menores valores de umidade relativa ($< 60 \%$). Os máximos de ocorrência das RESPC (> 20) sob estas condições estão relacionados aos maiores contrastes do índice DOA ($> 15 \text{ g/m}^3$) e TC de tipo 4 (setor Norte). No caso das RESPI a maior ocorrência (> 9 casos) esteve relacionada com pequenos valores de umidade relativa ($< 40 \%$) e marcadas diferenças negativas de pressão em 24 horas em torno dos -6 hPa .

Sob condições estáveis de Hiperóxia e Hipóxia (duração de mais de 10 dias sucessivos) na região, não ocorrem máximos diários significativos das doenças relacionadas a este estudo.

O significativo surto de RESPI (75 internações) que aconteceu no dia primeiro de janeiro de 2008, esteve associado a valores relativamente baixos da DOA ($242,2 \text{ g/m}^3$) e do índice DOA ($2,5 \text{ g/m}^3$) que permitiram que predominaram sobre o município de São Paulo condições de Hipóxia atmosférica. A subsidência do ar do sistema de alta pressão (ASAS) atuante na região nesse dia, pode ter influenciado negativamente na mistura vertical das massas de ar, e provocado a presença de elevados níveis de poluição do ar sobre o estado de São Paulo que podem influir no surtos da doença.

Recomendações para trabalhos futuros

- Reproduzir toda a análise aqui apresentada para um período de 10 anos o mais.
- Analisar a influência da poluição atmosférica na ocorrência das doenças cardiovasculares e respiratórias.

Conclusões

- Apresentar às autoridades de saúde pública os resultados desta pesquisa para o uso da mesma.

7. Referências bibliográficas

Alisov, B. P., e Poltarau, B. V. (1974). *Climatology*. Moscow, *MSU*, 300.

Atlas Ambiental. (2000). Laboratório de Climatologia Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - FFCLH Universidade de São Paulo – USP. Primavera de 2000.

Braga, C.C.; Melo, M.L.D. (2000). Simulação de dados de precipitação utilizando análise em componentes principais. Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBMET, 2000, 1857-63.

Braun, S. (2003). Influências Meteorotrópicas nas Doenças Cardiovasculares na Cidade de São Paulo. PhD teses, Universidade de São Paulo.

Bucher, K. e Haase, C. (1993). Meteorotropy and medical-forecasts. *Experientia*, 49 (9), 759-68.

Bunchaft, G. e Kellner, S. R. O. (1999). *Estatística sem mistério* (2ª. ed.). Petrópolis, Vozes.

Cesar, A. C. G., Nascimento, L. F. C., e de Carvalho Jr, J. A. (2013). Associação entre exposição ao material particulado e internações por doenças respiratórias em crianças. *Revista de Saúde Pública*, 47(6), 1209–1212.

CETESB, São Paulo. (2004). Relatório de qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo 2001 – 2003 – São Paulo: CETESB, 2004 disponível em:< <http://www.cetesb.sp.gov.br/>>. Acesso em 10-10-2016.

CETESB-COMPANHIA, D. T. D. S. (2013). Companhia ambiental do estado de São Paulo. (2013) disponível em:< <http://www.cetesb.sp.gov.br/>>. Acesso em 10-10-2016.

Chubukov, L.A. (1956). Climate fundamentals of climatotherapy [in Russian]. In: *Basis of Climatotherapy*. Medical Ed., Moscow. 1, 87. Citado por Lecha (1987).

CID 10- Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados a Saúde. Editora da Universidade de São Paulo (Edusp), São Paulo, 2013.

Climanálise (1996), 11 (08).

Referências bibliográficas

Climanálise (2005b). Boletim de monitoramento e análise climática, de julho de 2005. disponível em:< <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>>. Acesso em Janeiro-2017, 20(7).

DATASUS <http://www.datasus.gov.br/cid10/cid10.htm>. Acesso em 09/02/2016.

DHN, Cartas Diárias de Pressão à Superfície, (2007-2013). Divisão de Hidrografia e Navegação, Serviço de Previsão do Atlântico Sul – Ministério da Marina.

Ebi, K. L., e Schmier, J. K (2005). A stitch in time: improving public health early warning systems for extreme weather events. *Epidemiologic reviews*, 27(1), 115-121.

Era-Interim (Dee et al., 2011). O Era-Interim são dados de reanálise gerados pelo European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) e compreendem o período do ano 2007 com resolução espacial de 1,5° x 1,5°, 24 horas de resolução temporal.

Estrada, A., A. Moya, L. Lecha (2006). A new automated system for biometeorological forecasts in regional scale (unpublished). Tech. Report, Institute of Meteorology, Havana, Cuba, 72.

Estrada, A., A. Moya, L. Lecha y E. Ciómina (2007). Los pronósticos biometeorológicos: una vía para reducir las crisis de salud en la población cubana. En: *Memorias del IV Congreso Cubano de Meteorología*, La Habana.

Fedorov E (1925). The study of monthly climate according with the daily weather types (in Russian). *Geophys Meteorol*, 4 (2), 5–16.

Fernández de Arroyabe, P. (2002). The develop and application of dibreakid method in order to study the relationship between atmospheric dynamic and flu rate in the city of Victoria in the expansion period of the virus. *International Congress on Biometeorology October-November 2002*. American Meteorological Society,31-33.

Fernández de Arroyabe, P. e L. Lecha (2008). Validación en el norte de España de dos sistemas de alertas sanitarios basados en la idea del contraste meteorológico extremo. En: *Memorias del IIV Congreso Cubano de la Asociación Española de Climatología*, Madrid, España.

Ferreira, A. M. d. C. e Cardoso, M. (2014). Indoor air quality and health in schools. *Journal Brasileiro de Pneumologia*, 40(3), 259–268.

Frumkin, H., Hess, J., Luber, G., Malilay, J., McGeehin, M. (2008). Climate change: the public health response. *American Journal of Public Health*, 98(3), 435-445.

- Goncalves, F. L. T. e Coelho, M. d. S. Z. S. (2010). Variação da morbidade de doenças respiratórias em função da variação da temperatura entre os meses de abril e maio em São Paulo. *Ciência e Natura*, 32(1), 13.
- Gonçalves, F. L., Braun, S., Dias, P. L. S., Sharovsky, R. (2007). Influences of the weather and air pollutants on cardiovascular disease in the metropolitan area of Sao Paulo. *Environmental Research*, 104(2), 275–281.
- Gouveia, N., Freitas, C. U. d., Martins, L. C., e Marcilio, I. O. (2006). Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no município de São Paulo, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 22(12), 2669–2677.
- Höpe, P. (1999). The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *Int. J. Biometeorology*, 43, 71-5.
- Howe, C. F. (1925). The summer and winter weather of selected cities in North America. *Mon Weather Rev*, 53 (10), 11–4.
- INMET. (1991). Instituto Nacional de Meteorologia. Normas Climatológicas. Brasília – DF, 1991.
- INMET. (2004). www.inmet.gov.br in January 23rd 2004.
- Jendritzky, G., G. Menz, H. Schimer y W. Schmidt-Kessen (1990). Methodik zur raumbezogenen Bewertung der thermischen Komponente im Bioclima des Menschen (Fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell). *Beitrage d. Akad. F. Raumforschung und Landesplanung*, 114, Hannover.
- Kalkstein, L.S., P.F. Jamason y J.S. Greene (1996). The Philadelphia hot weather-health wath/warning system: development and application. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77 (7), 56-64.
- Kalsktein, L.S. (1995). Lessons from a very hot summer. *Lancet*, 346, 875-859.
- Kirch, W., Menne, B., & Bertollini, R. (2005). Extreme weather events and public health responses.
- Kovats, R. S. , Edwards S, Hajat S, Armstrong B, Ebi KL, Menne B and Collaborating Group (2004). The effect of temperature on food poisoning: time series analysis in 10 European countries. *Epidemiol Infect*, 132, 443–453.
- Lecha, L. (1999). Effects of climate variability on the health of the Cuban population. *Bulletin of the World Meteorological Organization*, 48 (1), 18-22.

Referências bibliográficas

Lecha, L. (2007). Pronósticos para la mitigación de los impactos del tiempo sobre la salud humana. Simposio Cambio Climático y Salud. IV Congreso Nacional de Epidemiología e Higiene. La Habana, Cuba.

Lecha, L. (2013). Elementos Básicos de la Biometeorología Humana. Curso de Posgrado. Ecs. Latinoamericana de Medicina (ELAM), La Habana. 56.

Lecha, L. (2015). El monitoreo y pronóstico de los efectos meteoro-trópicos, una vía efectiva para prevenir los impactos potenciales del cambio climático sobre la salud humana y la sociedad.

Lecha, L. e A. Florido (1989). Principales características climáticas del régimen térmico del archipiélago cubano. Ed. Academia, La Habana, 56.

Lecha, L. e A. Llanes (1988). Características estacionales de la circulación atmosférica sobre Cuba. Rev. Cub. Meteorología, 1 (1), 49-56.

Lecha, L. e T. Delgado (1996). On a regional health watch and warning system. En: Proceedings of the 14th Int. Congress of Biometeorology, Ljudjuna, Slovenia, 3 (2), 94-107.

Lecha, L. e T. Méndez (1981). Relación entre la ocurrencia de infartos agudos del miocardio y una selección de parámetros meteorológicos en Santa Clara. 1er Congreso de Cardiología y Cirugía Cardiovascular, Cienfuegos, Cuba, 15.

Lecha, L., L. Paz e Lapinel (1994). El clima de Cuba. Ed. Academia, La Habana, 183.

Lecha, L., P. Fernández de Arróyabe, E. Ciómina y T. de la Vega (2010). Validación del servicio global de pronósticos biometeorológicos. Resultados de Cuba y España. En: Salud y Desastres: experiencias cubanas, Ed. Ciencias Médicas, La Habana, 2, 35-45.

Lecha, L., V. Morozov, M.E. Nieves e Sardiñas (1990). La influencia anticiclónica continental sobre Cuba. Tipos de circulación asociados en superficie. Rev. Cuba. Meteorología, 3 (1), 26-41.

Lecha, L.B. (1998). Biometeorological classification of daily weather types for the humid tropic. Int. J. Biometeorology, 4, 73-89.

Lecha, L. Herrera, D., Ciómina, E. (2015). "Ocurren olas de calor en Cuba".

Marengo, J. A., e Espinoza, J. C. (2015). Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. International Journal of Climatology.

Marsh, R.D., K.E. Gilroy, R. Van de Weerd, E. Wansi e S. Qazi (2008). Community case management of pneumonia: at a tipping point? *Bull, WHO* 8 (5), 381-389. (http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0042-96862008000500016&lng=en)

Martins, M., Fatigati, F., Vespoli, T., Martins, L., Pereira, L., Martins, M., Saldiva, P., e Braga, A. (2004). Influence of socioeconomic conditions on air pollution adverse health effects in elderly people: an analysis of six regions in sao paulo, brazil. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 58 (1), 41-46.

Matzarakis, A., Rutz, F. and Mayer, H.: (2010). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: Basics of the RayMan model. *Int. Journal of Biometeorology*, 54, 131-139.

Menne, B., Kovats, R. S., Ebi, K., Campbell-Lendrum, D., Canziani, O. F., Githeko, A., & Moreno, A. R. (2003). Methods of assessing human health vulnerability and public health adaptation to climate change. WHO Health Canada UNEP/WHO.

Menne, B., Kovats, R. S., Ebi, K., Campbell-Lendrum, D., Canziani, O. F., Githeko, A., e Moreno, A. R. (2003). Methods of assessing human health vulnerability and public health adaptation to climate change. WHO Health Canada UNEP/WHO.

Munn, R.E. (1970). *Biometeorological methods*. Canada: Academic Press.

Nicolussi, F. H., dos Santos, A. P. M., da Silva André, S. C., Veiga, T. B., e Takayanagui, A. M. M. (2014a). Poluição do ar e doenças respiratórias alérgicas em escolares. *Revista de Saúde Pública*, 48(2), 326-330.

Nicolussi, F. H., Santos, A. P. M. d., André, S. C. d. S., Veiga, T. B., e Takayanagui, A. M. M. (2014b). Air pollution and respiratory allergic diseases in schoolchildren. *Revista de saude publica*, 48(2), 326-330.

Oliveira, A. P., Bornstein, R. D., Soares, J. (2003). Annual and diurnal wind patterns in the city of São Paulo. *Air and Soil Pollution, FOCUS* 3 (03), 15.

Oliveira, S. L., (2000). *Tratado de metodologia científica: projetos de pesquisa, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses*. São Paulo: Pioneira, 2000.

Ortiz, B. P, Rivero V.A., Perez, R. A., Vazquez, C. J.R, Perez, C. A, Peralta A et al. (2013). El uso de la informacion y las predicciones climaticas para la vigilancia a la salud humana. Necesidad de formular indices. *Actas de Conferencias del 2do Congreso de Salud y Desastres; 2013 mar 19; La Habana, Cuba*.

Referências bibliográficas

Ovcharova, V.F. (1958). Changes in the superior nervous activity and the gas exchange during the adaptation process of laboratory animals exposed to different weather conditions [in Russian]. Original Lecture. Library of the Institute of Geography, Academy of Sciences of the former USSR, Moscow [unpublished]. Citado por Lecha (1987).

Ovcharova, V.F. (1963). Cambios en la actividad nerviosa superior y en el intercambio gaseoso de animales en diferentes épocas del año [en ruso]. En: Problemas de la Climatología Compleja, Edit. AC URSS, Moscú, 141-149.

Ovcharova, V.F. (1981). Calculation of the oxygen content of the air based upon meteorological parameters (pressure, temperature and humidity) to forecast the effects of hypoxia sensations [in Russian]. Jour. Questions of Climatotherapy, Physiotherapy and Physical Culture, 2, 29-34.

Ovcharova, V.F. (1987). A new prognostic approach to meteoropathologic responses. Rev Fisiotherapy, Climotherapy and Physical Culture, 5, 49-53.

Paegle, J.N. e K.C. Mo, (1997). Alternating Wet and Dry Conditions Over South America during Summer. Monthly Weather Revie, 125, 279-290.

Paldy, A., J. Bobvos, A. Vámos, R.S. Kovats y S. Hajat . (2005). The effects of temperature and heat wave son daily mortality in Budapest, Hungary, 1970-2000. . Extreme weather events and public health responses, W. Kirch, B. Menne y R. Bertollini Ed. 3-540, 99-108.

Pereira, MG. (1995). Epidemiologia - Teoria e Prática. Ed. Guanabara, Koogan, 1995.
Petersen, W. F. (1938). Scarlet fever and the meteorological environment: a clinical interpretation and statistical analysis of Chicago records, 1934-1935.

Pinheiro, S., Saldiva, A., Schwartz, P. H. N., Zanobetti, J., A., et al. (2014). Efeitos isolados e sinérgicos do mp10 e da temperatura média na mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias. Revista de Saúde Pública, 48(6), 881–888.

Rivero, V. A. (2008). Incidencia del clima sobre la mortalidad por IMA en Cuba durante el periodo 2000-2005 [tesis]. La Habana: Universidad de La Habana.

ROCHA, R.P. (1992). Simulação numérica de sistema convectivo de mesoescala na América do Sul (in Portuguese). Departamento de Ciências atmosféricas – IAG/USP, Dissertação de Mestrado, 1992.

SALATI, E. (2006). Tendências das Variações Climáticas para o Brasil no Século XX e Balanços Hídricos para Cenários Climáticos para o Século XXI. In: Relatório 4. Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade-Subprojeto:

Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o territ.- rio brasileiro ao longo do Século XXI.

Saldiva, P.H.N.; King, M.; Delmonte, V.L.C.; Macchione, M.; Parada, M.A.C.; Daliberto, M.L.; Sakae, R.S.; Criado, P.M.P.; Silveira, P.L.P.; Zin, W.A.; Böhm, G.M. . (1992). Respiratory alterations due to urban air pollution an experimental study in rats. *Environ*, 57, 19-33.

Saldiva, P.H.N.; Pope III, C.A.; Schwartz, J.; Dockery, D.W.; Lichtenfels, A.J.; Salge, J.M.; Barone, I.; Böhm, G.M. (1995). Air pollution and mortality in elderly people: a time series study in São Paulo, Brazil. *Arch. Environ. Health*, 50, 159-63.

Sheridan, S.C. (2002). The redevelopment of a weather-type classification scheme for North America. *Int. J. Climatol.*, 22, 51-68.

Silva, D. L. A (1995). Zona de Convergência do Atlântico Sul. IV Curso de interpretação de imagens e análise Meteorológica, UNIVAP.

Switzer, JE (1925). Weather types in the climates of Mexico, the Canal Zone and Cuba. *Mon Weather Rev.*, 53, (10), 24–30.

Tuan, T. S., Venâncio, T. S., & Nascimento, L. F. C. (2015). Air pollutants and hospitalization due to pneumonia among children. an ecological time series study. *Sao Paulo Medical Journal*, 133(5), 408–413.

Velasco, I., Fritsch, J. M. (1987). Mesoscale convective complexes in the Americas. *J. Geophys*, 92, 9591-1987.

Voronin, G. N. (1954). Particularities of Regeneration of Tendon Tissue. *Arch. Anat. Ristol. Embryol*, 31, (2), 18.

Voronin, L. G. (1962). Some results of comparative-physiological investigations of higher nervous activity. *Psychological bulletin*, 59 (3), 161.

Wallace, J. M. & Hobbs, P. V. (2006). Atmospheric science: an introductory survey, volume 92. Academic press.

Weihe, W.H. (1992). Adaptation to weather fluctuations. En: *Resúmenes del Taller Tiempo y Salud Humana*. Ed. A.R. Maarouf, Ottawa, Ontario, Canadá. 1, 12.