



Universidade Federal do Pará Faculdade de Meteorologia Instituto de Geociências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LUCIANA DANIELLE ANTUNES MONTEIRO

**CLIMATOLOGIA DA TEMPERATURA DO AR E TEMPERATURA DO PONTO
DE ORVALHO EM BELÉM-PARÁ**

Nº315

**BELÉM-PARÁ
JANEIRO - 2013**

LUCIANA DANIELLE ANTUNES MONTEIRO

**CLIMATOLOGIA DA TEMPERATURA DO AR E TEMPERATURA DO PONTO
DE ORVALHO EM BELÉM-PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Meteorologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará-UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau Bacharel em Meteorologia.

Orientador: Prof. Dra. Maria Aurora Santos da Mota.

Belém

2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

- M775c Monteiro, Luciana Danielle Antunes
Climatologia da temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho em Belém-Pará / Luciana Danielle Antunes Monteiro; Orientador: Maria Aurora Santos da Mota – 2013
40 f. : il.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em meteorologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Meteorologia, Belém, 2013.
1. Climatologia – Belém (PA). 2. Temperatura. 3. Eventos extremos. 4. El Niño. 5. La Niña. I. Mota, Maria Aurora Santos da, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.


CDD 22^a ed.: 551.6098115


LUCIANA DANIELLE ANTUNES MONTEIRO
CLIMATOLOGIA DA TEMPERATURA DO AR E TEMPERATURA DO PONTO
DE ORVALHO EM BELÉM-PARÁ

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado à Faculdade de Meteorologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará-UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Meteorologia.

Data de aprovação: 18/01/2013
Conceito: EXC

Banca Examinadora:


Prof.: Maria Aurora Santos da Silva - Orientadora
Doutora em Meteorologia
Universidade Federal do Pará


Prof.: Edson José Paulino da Rocha - Membro
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará


Prof.: Everaldo Barreto de Souza - Membro
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará

Dedico esta conquista aos meus pais e irmã,
Daniel de Souza Monteiro, Ana Telma Antunes Monteiro
e Daiana Carolina Antunes Monteiro.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus e a nossa Senhora de Nazaré, por terem guiado e iluminado meu caminho em cada decisão tomada.

A minha orientadora Prof. Dra. Maria Aurora Santos da Mota, a quem admiro pela grande profissional que é. Obrigada pelos seus ensinamentos com bastante dedicação, paciência e sabedoria, contribuindo assim para minha formação profissional e pessoal.

Ao Professor Dimitri Nechet pelos dados do período de 1975 a 1994, que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao CNPQ, pela bolsa PIBIC.

A Pró-Reitoria de Extensão (PROEX) pela bolsa Permanência/Atividade Acadêmica no período de 2009 a 2011 ajuda fundamental para conclusão do curso de graduação.

A Aeronáutica pela disponibilização dos dados METAR.

Aos professores da Faculdade de Meteorologia que contribuíram para minha formação acadêmica.

Aos meus pais, pela dedicação, pelo amor que me fez mais forte, fazendo entender que seria capaz de ir mais além. Esta vitória também é de vocês.

A minha irmã, que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos, sempre me incentivando e acreditando que eu poderia conseguir realizar os meus sonhos. Obrigada pelo seu amor e pela sua fé, além de irmã você é a minha melhor amiga.

As amigas da Faculdade, Amanda Campos, Irene Corrêa e Thaianie Soeiro. Que tudo o que aprendemos seja luz em nosso caminho e que a amizade cultivada permaneça para sempre. Agradeço também Thamiris Brandão, Josiane Sarmiento e Kamila Souza pela ajuda.

Ao meu namorado Emilio Alves, pelo incentivo e carinho nos momentos mais difíceis.

A todos, muito obrigada!

Entrega o teu caminho ao Senhor;
confia Nele, e ele tudo fará.
Salmo 37:5

RESUMO

Foram analisados dados horários, mensais e anuais da temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho da estação meteorológica localizada no aeroporto internacional de Belém (EMABE-SBBE) no período de 29 anos. Com o objetivo de realizar a climatologia da temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho para a cidade de Belém- Pará no período de 1975 a 1994 e 2003 a 2011. Verificando também a ocorrência de eventos extremos dessas temperaturas para o período diurno e noturno. Evidenciou-se através da distribuição de frequência, que a cidade de Belém apresenta maior frequência de temperatura do ar no intervalo de 24,4 °C a 25,2 °C. No período de 2003 a 2011 esses intervalo representa 21% total dos dados e 17% no período de 1975 a 1994. Observa-se também um aumento na frequência do intervalo 34,0°C a 34,8°C no período de 2003 a 2011. A temperatura do ponto de orvalho obteve maior frequência no intervalo 23,4°C a 24,0°C no período de 1975 a 1994. No entanto em 2003 a 2011 as temperaturas tiveram maior frequência no intervalo 24,0°C a 24,6°C. A variação anual da temperatura do ar apresenta valores máximos no período menos chuvoso (junho a novembro), com uma média horária de 31,2 °C às 13:00 (HL) em Novembro. As menores temperaturas médias são verificadas nos meses de fevereiro, março e abril, que correspondem aos meses de maior nebulosidade e precipitação pluviométrica, o que contribui para o menor aquecimento. Através do método dos percentis, observa-se no período de 2003 a 2011 houve um aumento no percentual de eventos extremos máximos da temperatura do ar em comparação ao período de 1975 a 1994, destacando o ano de 2007 com 27% de temperaturas do ar máximas extremas.

Palavras-chave: Climatologia – Belém (PA). Temperatura. Eventos extremos. El Niño. La Niña.

ABSTRACT

Were analyzed hourly data, monthly and annual air temperature and dew point temperature of the station meteorological located at the international airport of Belem (EMABE-SBBE) the period of 29 years. In order to perform the climatology of air temperature and dew point temperature for the city of Belem-Para in the period from 1975 to 1994 and from 2003 to 2011. Verify the occurrence of extreme events such temperatures for daytime and nighttime. It was evidenced by the distribution of frequency, the city of Belem has a higher frequency of air temperature in the range of 24, 4 °C to 25, 2 °C. In the period 2003 to 2011 this range represents 21% of the total data and 17% in the period 1975 to 1994. There is also an increase in the frequency range 34,0 °C to 34,8 °C in the period 2003 to 2011. The dew point temperature obtained more frequency in the range 23, 4 °C to 24, 0 °C over the period 1975 to 1994. However at temperatures from 2003 to 2011 had higher frequency in the range 24, 0 °C to 24, 6 °C. The annual air temperature presents maximum values in the less rainy season (June to November), with an average speed of 31, 2 °C at 13:00 (HL) in November. The lowest average temperatures are recorded in the months of February, March and April, corresponding to the months of greater cloudiness and precipitation, which contributes to low heat. Through the method of percentiles, it is observed that in the period 2003 a 2011 there was an increase in the percentage of extreme events maximum air temperature compared to the period 1975 to 1994, contrast the year 2007 with 27% of air temperatures maximum extremes.

Keywords: Climatology- Belem (PA). Temperature. Extreme Events. El Niño. La Niña.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1- Estado do Pará, mostrando a capital, Belém..... | 15 |
| Figura 2- Esquema metodológico | 19 |
| Figura 3- Distribuição de frequência da temperatura do ar para o período de 1975 a 1994 e 2003 a 2011 | 21 |
| Figura 4- Distribuição de frequência da temperatura do ponto de orvalho para o período de 1975 a 1994 e 2003 a 2011 | 22 |
| Figura 5- Variação horária média mensal da temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho no período de 1975 a 1994..... | 23 |
| Figura 6- Variação horária média mensal da temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho no período de 2003 a 2011..... | 25 |
| Figura 7- Variação horária média da temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho no período de 1975 a 1994 e 2003 a 2011 | 26 |
| Figura 8- Variação da temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho média anual no período de 1975 a 1994..... | 28 |
| Figura 9- Variação da temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho média anual no período de 2003 a 2011 | 29 |
| Figura 10- Variação percentual da temperatura do ar máxima extrema de 1975 a 1994 e 2003 a 2011 para período do dia..... | 30 |
| Figura 11- Variação percentual da temperatura do ar mínima extrema de 1975 a 1994 para período do dia | 31 |
| Figura 12- Variação percentual da temperatura do ar mínima extrema de 1975 a 1994 para período da noite..... | 32 |
| Figura 13- Variação percentual da temperatura do ponto de orvalho máxima extrema de 1975 a 1994 e 2003 a 2011 para período do dia. | 33 |
| Figura 14- Variação percentual da temperatura do ponto de orvalho mínima extrema de 1975 a 1994 e 2003 a 2011 para período do dia | 34 |
| Figura 15- Variação percentual da temperatura do ponto de orvalho máxima extrema de 1975 a 1994 e 2003 a 2011 para período da noite. | 35 |
| Figura 16- Variação percentual da temperatura do ponto de orvalho mínima extrema de 2003 a 2011 para período da noite | 36 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS | 15 |
| 2.1 MATERIAL | 15 |
| 2.2 MÉTODOS..... | 16 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 20 |
| 3.1 DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIAS DA TEMPERATURA DO AR E TEMPERATURA DO PONTO DE ORVALHO PARA A CIDADE DE BELÉM-PA NO PERÍODO DE 1975 A 1994 E 2003 A 2011 | 20 |
| 3.2 VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR E TEMPERATURA DO PONTO DE ORVALHO PARA A CIDADE DE BELÉM-PA NO PERÍODO DE 1975 A 1994 E 2003 A 2011..... | 23 |
| 3.3 ANÁLISES DOS EVENTOS EXTREMOS DA TEMPERATURA DO AR E TEMPERATURA DO PONTO DE ORVALHO PARA A CIDADE DE BELÉM-PA NO PERÍODO DE 1975 A 1994 E 2003 A 2011 | 29 |
| 4 CONCLUSÃO..... | 37 |
| REFERÊNCIAS | 38 |

1 INTRODUÇÃO

A vida, em todos os seus tipos - animal, vegetal, entre outros, possui sua existência, adaptação e evolução diretamente condicionada ao clima, moldadas aos diferentes padrões sazonais e anuais de uma região. Qualquer alteração nos padrões climáticos pode causar desequilíbrio na dinâmica e padrão dos ecossistemas, principalmente os mais vulneráveis. Em vista disso, obter conhecimento através da compreensão do comportamento de variáveis climáticas, bem como seus eventos extremos e amplitudes térmicas fornece subsídios para a formação de estratégias para mitigar tais efeitos.

De acordo com os relatórios do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas - (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE-IPCC, 2007) eventos extremos, como secas, enchentes, ondas de calor e de frio, furações e tempestades afetam diferentes partes do planeta e têm produzido enormes perdas econômicas e de vidas. Estudos da Organização Meteorológica Mundial apontam que 2010 foi um dos anos mais quentes, junto com 1998 e 2005, confirmando a tendência de aquecimento da Terra. Realçado pelo relatório (IPCC, op.cit.) as temperaturas globais médias têm superado, em quase meio grau, as temperaturas médias calculadas para o período de 1961 a 1990, com os valores mais altos, para um decênio, desde que começaram os registros climáticos instrumentais.

Eventos extremos de temperatura, através da ocorrência dos prolongados períodos quentes ou frios, podem ter sérios impactos sobre o meio ambiente e a sociedade. As análises de temperatura observada em muitas regiões do mundo já mostraram algumas mudanças importantes. A temperatura da superfície média global aumentou aproximadamente $0,6^{\circ}\text{C}$ ao longo do século XX e muitas áreas têm experimentado um aquecimento significativo durante os últimos 50 anos (FOLLAND et al, 2001).

Globalmente já foi observada uma variabilidade alta na frequência de períodos diurnos frios ou noturnos quentes relacionados aos eventos climáticos extremos. Por exemplo, na Europa para o período de 1946 a 1999, foi verificado aumento na tendência de eventos extremos máximo de temperatura diária e um decréscimo de extremos mínimos (TANK; KÖNNEN, 2003).

Em muitas áreas da América do Sul, a frequência de eventos de precipitação intensa tem aumentado, consistentemente com o aquecimento, e em várias regiões mudanças em extremos de temperatura têm sido observadas nos últimos 50 anos (IPCC, op.cit.). Esses aumentos na ocorrência de eventos extremos foram atribuídos às mudanças no uso da terra,

incluindo o desenvolvimento urbano de grandes cidades, causando assim impacto na agricultura, saúde, desenvolvimento e planejamento urbano e gerenciamento de recursos de água (MARENGO, 2002).

Os fatores antropogênicos como urbanização e mudança no uso do solo influenciam diretamente na ocorrência dos eventos extremos de temperatura. Esses fatores provocam o surgimento das chamadas ilhas de calor, cuja intensidade da temperatura é maior nas áreas centrais da maioria das cidades diminuindo para periferia, pois nas áreas centrais tem a maior concentração e adensamento de edificações, tráfego intenso de veículos automotores, atividades industriais, pavimentação asfáltica, entre outros (LOMBARDO, 1985).

A frequência de dias com temperaturas extremas de máxima e mínima no Estado da Paraíba, Brasil, na década de 90, foi duas vezes superior que na década de 80, comprovando a tendências de aumento nas temperaturas extremas (CABRAL JUNIOR; ALMEIDA, 2011). Essas mudanças alteram significativamente o nível de conforto térmico, que é dependente extremamente do local, do tipo de vegetação e das variações microclimáticas locais. (COUTINHO et al, 2011) verificaram que locais com pouca vegetação, grande incidência de raios solares e incidência de vento, tornam o ambiente desconfortável. Ademais a presença predominante de edifícios que não respeitam os afastamentos laterais, criando um emparedamento e consequentes barreiras à ventilação, contribuem para a ocorrência de ilhas de calor provocadas por anomalias térmicas (BARBOSA et al, 2012).

Além dos fatores de origem antrópica é importante salientar a existência de fatores naturais, condicionados a ocorrência de fenômenos meteorológicos de meso e grande escala, resultantes de mecanismo interação oceano-atmosfera, nas escala interanual, intrassazonal, sazonal e local, os quais influenciam a ocorrência de eventos extremos.

Os oceanos têm um papel crítico no sistema físico climático da Terra. Este papel está relacionado pelas características, pois é úmido, tem baixo albedo, tem grande capacidade de armazenar calor, e é fluido. Os oceanos fornecem uma superfície perfeitamente úmida, a qual, quando não resfriada, tem um baixo albedo e é, então, um excelente absorvedor de radiação solar e junto à atmosfera constituem um grande regulador térmico (HARTMANN, 1994).

O tipo fenômeno meteorológico de grande escala, resultante do mecanismo oceano-atmosfera na escala de tempo interanual é o El Niño-Oscilação Sul (ENOS). O qual é resultante de duas componentes: oceânica com o aquecimento (El Niño) ou resfriamento (La Niña) das águas no Oceano Pacífico Tropical e atmosférica com a alteração da circulação atmosférica e deslocamento da região de máxima atividade convectiva, (TREMBERTH,

1997). O El Niño é o aquecimento das águas superficiais do oceano Pacífico Tropical Central e do Leste e enfraquecimento dos ventos alísios que sopram de leste para oeste na região equatorial, com mudanças na circulação da atmosfera nos níveis baixos e altos. Na La Niña os ventos alísios mostram-se mais intensos que o habitual (média climatológica) e águas mais frias caracterizam o fenômeno (OLIVEIRA, 1999).

Os eventos mais intensos de El Niño ocorreram nos anos de 1982, 1987 e 1998. Destaque para o El Niño ocorrido entre os anos de 1997/98, que foi considerado o evento mais intenso do século passado, produzindo anomalias de temperatura do ar média global de aproximadamente $0,4^{\circ}\text{C}$, e o La Niña de 1984/85, um resfriamento de $-0,5^{\circ}\text{C}$ (CHRISTY; SPENCER, 2003).

Pesquisa realizada por (MARENGO; VALVERDE, 2008), mostra que no Brasil os fenômenos El Niño e La Niña têm impactos muito severos, mais intensamente nas regiões Norte, Nordeste (secas durante El Niño) e Sul do Brasil (secas durante La Niña e excesso de chuva e enchentes durante El Niño). Em algumas áreas, observam-se temperaturas mais elevadas que o normal (como é o caso das regiões Central e Sudeste do Brasil, durante a estação de inverno), enquanto que em outras ocorrem frio e neve em excesso. Portanto, as anomalias climáticas associadas aos fenômenos El Niño/La Niña podem ser desastrosas e provocar sérios prejuízos socioeconômicos e ambientais no Brasil.

Na Amazônia o El Niño provoca redução na precipitação, aumentando assim a temperatura e a La Niña provoca precipitação acima da média na região. GRIMM et al (1998 a,b), afirmam que a Amazônia realmente sofre um impacto consistente durante eventos El Niño no sentido de diminuição da precipitação e durante a La Niña com precipitação acima da média climatológica.

A cidade de Belém, capital do estado do Pará, apresenta influências antropogênicas como também a influências dos fenômenos naturais como El Niño e La Niña. Alguns trabalhos realizados para a cidade mostram que o índice de calor na cidade, que representa a combinação entre a temperatura e a umidade relativa, durante a época menos chuvosa da região, apresenta estado de conforto para o período noturno e estresse ao calor no período diurno (SILVA JÚNIOR et al,2010).

COSTA e MATTOS, (2001), mostram que a distribuição espacial da temperatura do ar em Belém, durante a madrugada (01:00 e 03:00 horas local), variou entre $24,0^{\circ}\text{C}$ e $26,0^{\circ}\text{C}$, com máximo nas áreas mais urbanizadas e menores valores, em alguns lugares com pequena área urbanizada verticalmente, associada com a proximidade de grandes áreas verdes o que

proporciona um maior resfriamento noturno. CORRÊA (2011) observou que a cidade de Belém no período de 1967 a 2008, apresentou uma tendência de aumento da temperatura média do ar ao longo dos anos, com temperaturas mais amenas em locais arborizados do que em locais com pouca ou nenhuma vegetação. Este aumento de temperatura média do ar está relacionado com o grande crescimento urbano e elevada verticalização da cidade.

As características climáticas da cidade também são influenciadas por fenômenos naturais como El Niño e La Niña, que em alguns momentos agem ora acelerando os processos de ocorrência da precipitação, ora inibindo o desenvolvimento da convecção profunda e com isso diminuindo a precipitação (MOTA et al, 1999). MONTEIRO e MOTA (2010) verificaram que em anos de El Niño e La Niña há alteração nas variáveis meteorológicas como temperatura, umidade e precipitação na cidade de Belém, pois apresentam temperaturas elevadas e precipitação abaixo da média em anos de El Niño e em anos de La Niña com precipitação acima da média histórica.

SOUZA JUNIOR et al (2009), mostraram que os valores médios de temperatura, durante o período em que ocorreu o fenômeno El Niño (1982, 1983, 1990 e 1993) e La Niña (1976 e 1989), apresentaram elevação em anos de El Niño e diminuição nos valores de temperatura do ar nos anos de La Niña, mostrando a influência dos fenômenos na cidade de Belém-PA.

Então considerando os atuais problemas sobre as mudanças climáticas e de como a temperatura nas cidades estão aumentando, desenvolveu-se a presente pesquisa, cujo objetivo principal é realizar a climatologia e tendências da temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho para a cidade de Belém Pará, em 29 anos, período de 1975 a 1994 e 2003 a 2011.

Os objetivos específicos são:

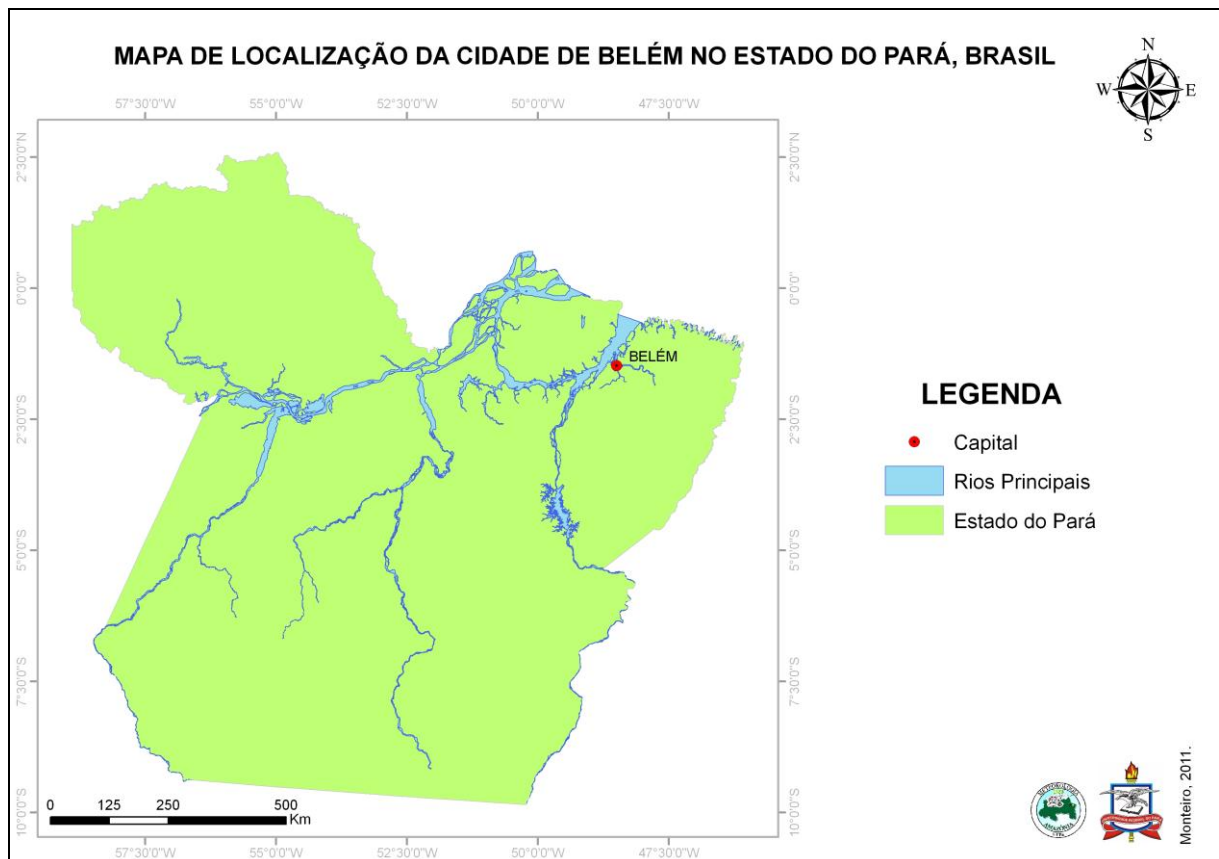
- Analisar a variabilidade horária da temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho em 29 anos;
- Identificar a ocorrência de eventos extremos de temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho para o período diurno e noturno;
- Verificar a tendência desses eventos extremos durante o período de 1975 a 1994 e 2003 a 2011;

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

A área de estudo é a cidade de Belém capital do estado do Pará (Fig. 1), localizada às margens da Baía do Guajará (lat.01°26'06"S; long.48°26'16"W e alt.16m), situada a uma distância de aproximadamente 100 km do Oceano Atlântico. É banhada pelo Rio Guamá ao sul e pela Baía do Guajará a oeste, a 160 quilômetros ao sul do Equador. Segundo o (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE, 2010), Belém compreende uma área de 1 059,00 Km² e possui uma população 1 393 399 habitantes. De acordo com a classificação de Köppen seu clima é do tipo tropical Am (quente e úmido), com temperatura média de 26° C, umidade relativa do ar variando entre 80 a 90% (ABREU et al,2004) e precipitação média anual de 2783,8 variando entre 2054,7 a 3753,9 mm. Caracterizada por dois períodos distintos de quantidade de precipitação, o chuvoso que se estende de Dezembro a Maio e o menos chuvoso de Junho a Novembro.

Figura 1- Estado do Pará, mostrando a capital, Belém.



Para o desenvolvimento desse trabalho foram utilizados dados horários de temperatura (bulbo seco e bulbo úmido) da estação meteorológica convencional, localizada no aeroporto internacional de Belém (EMABE-SBBE) no período de 1975 a 1994. Também foram utilizados dados de temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho da mesma estação EMABE-SBBE, obtidos através de informações do código meteorológico METAR (METeorological Aerodrome Report - Relatório Meteorológico de Aeródromo), para o período de 2003 a 2011, disponíveis na REDEMET-Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica, no site <http://www.redemet.aer.mil.br/>

2.2 MÉTODOS

A temperatura do ar à superfície possui um ciclo diário em consequência do movimento de rotação da Terra em torno de seu eixo, o qual estabelece o período diurno e noturno ao longo do planeta, apresentando um valor máximo aproximadamente duas horas após a culminação do Sol e o valor mínimo aproximadamente antes do raiar do dia.

Belém por esta situada próximo do equador (região equatorial), o período diurno e noturno é de aproximadamente 12 horas, onde o sol nasce às 6 horas e se põe às 18 horas. Portanto neste trabalho foi considerado período noturno (Noite) das 18 as 05 (Hora Local) e diurno (Dia) das 06 as 17 (Hora Local) para análise das temperaturas extremas do ar e do ponto de orvalho. No período de 1975 e 1994 foram utilizadas as temperaturas do (bulbo seco e bulbo úmido) para obter os dados de temperatura do ponto de orvalho. A temperatura do ponto de orvalho foi calculada utilizando a equação abaixo:

$$e = e_w 0,799(T - T_w) \quad (1)$$

$$(7,5Td/(237,3 + Td)) = (\log(e) - \log(6,11))/\log(10) \quad (2)$$

Para definição da temperatura extrema foi adotado o método do percentil, proposto por (Xavier et al, 2007). O método consiste em dividir a série em cem partes iguais (1%,2%,10%, 20%,90% ... ,99%), considerando o 95% percentil como temperatura extrema máxima e 1% extrema mínima. O percentil foi calculado usando a equação (3)

$$PX = l_{\text{inf}} + \left[\frac{\left(\frac{Xn}{100} \right) - fac_{ANT}}{fi} \right] \cdot h \quad (3)$$

Onde,

Pk = percentil que se pretende calcular.

h = amplitude da distribuição.

li = limite inferior da classe.

fi = frequência da classe da posição do percentil.

fant = frequência da classe anterior do percentil.

X= número de ordem do percentil.

Assim, a série de temperatura do ar e do ponto de orvalho horária, no período de 1° de janeiro de 1975 a 31 de dezembro de 2011 foi organizada em ordem crescente e dividida em 100 partes iguais. Dessa forma foi calculado os eventos extremos anuais, para cada período estudado, os relacionando com os anos de El Niño e La Niña (Tabela 1).

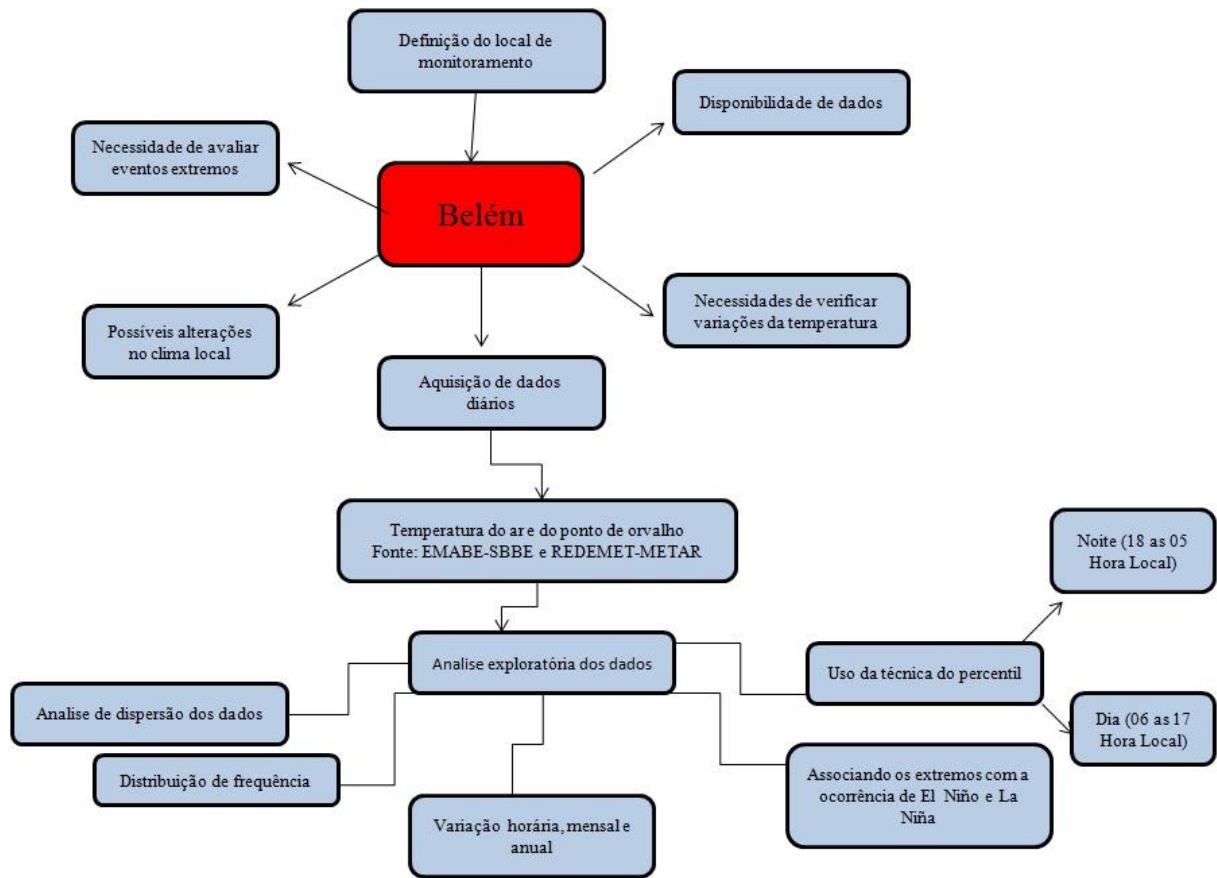
Os dados de temperatura foram digitados em planilha eletrônica, e foram separados no período estudado (1975 a 2011), os Dias e Noites em que ocorreram temperaturas do ar e ponto de orvalho consideradas extremas.

Tabela 1- Anomalia de TSM (Temperatura da Superfície do Mar) região (5°N-5°S, 120°-170°W), vermelho representa episódio quente período de El Niño e azul episódio frio período de La Niña.

| Anos | DJF | JFM | FMA | MAM | AMJ | MJJ | JJA | JAS | ASO | SON | OND | NDJ |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1975 | -0.6 | -0.6 | -0.7 | -0.8 | -0.9 | -1.1 | -1.2 | -1.3 | -1.5 | -1.6 | -1.7 | -1.7 |
| 1976 | -1.6 | -1.2 | -0.8 | -0.6 | -0.5 | -0.2 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.8 | 0.7 |
| 1977 | 0.6 | 0.5 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.7 |
| 1978 | 0.7 | 0.4 | 0.0 | -0.3 | -0.4 | -0.4 | -0.4 | -0.4 | -0.4 | -0.3 | -0.2 | -0.1 |
| 1979 | -0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | -0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.5 |
| 1980 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.0 | -0.1 | -0.1 | 0.0 | -0.1 |
| 1981 | -0.3 | -0.5 | -0.5 | -0.4 | -0.3 | -0.3 | -0.4 | -0.4 | -0.3 | -0.2 | -0.1 | -0.1 |
| 1982 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 1.0 | 1.5 | 1.9 | 2.2 | 2.3 |
| 1983 | 2.3 | 2.0 | 1.5 | 1.2 | 1.0 | 0.6 | 0.2 | -0.2 | -0.6 | -0.8 | -0.9 | -0.7 |
| 1984 | -0.4 | -0.2 | -0.2 | -0.3 | -0.5 | -0.4 | -0.3 | -0.2 | -0.3 | -0.6 | -0.9 | -1.1 |
| 1985 | -0.9 | -0.8 | -0.7 | -0.7 | -0.7 | -0.6 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.4 | -0.3 | -0.4 |
| 1986 | -0.5 | -0.4 | -0.2 | -0.2 | -0.1 | 0.0 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.2 |
| 1987 | 1.2 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 |
| 1988 | 0.7 | 0.5 | 0.1 | -0.2 | -0.7 | -1.2 | -1.3 | -1.2 | -1.3 | -1.6 | -1.9 | -1.9 |
| 1989 | -1.7 | -1.5 | -1.1 | -0.8 | -0.6 | -0.4 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | -0.2 | -0.1 |
| 1990 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.4 |
| 1991 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 1.4 | 1.6 |
| 1992 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 0.8 | 0.5 | 0.2 | 0.0 | -0.1 | 0.0 | 0.2 |
| 1993 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.7 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.2 |
| 1994 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.2 | 1.3 |
| 1995 | 1.2 | 0.9 | 0.7 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.0 | -0.2 | -0.5 | -0.6 | -0.7 | -0.7 |
| 1996 | -0.7 | -0.7 | -0.5 | -0.3 | -0.1 | -0.1 | 0.0 | -0.1 | -0.1 | -0.2 | -0.3 | -0.4 |
| 1997 | -0.4 | -0.3 | 0.0 | 0.4 | 0.8 | 1.3 | 1.7 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 2.5 | 2.5 |
| 1998 | 2.3 | 1.9 | 1.5 | 1.0 | 0.5 | 0.0 | -0.5 | -0.8 | -1.0 | -1.1 | -1.3 | -1.4 |
| 1999 | -1.4 | -1.2 | -0.9 | -0.8 | -0.8 | -0.8 | -0.9 | -0.9 | -1.0 | -1.1 | -1.3 | -1.6 |
| 2000 | -1.6 | -1.4 | -1.0 | -0.8 | -0.6 | -0.5 | -0.4 | -0.4 | -0.4 | -0.5 | -0.6 | -0.7 |
| 2001 | -0.6 | -0.5 | -0.4 | -0.2 | -0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.0 | -0.1 | -0.1 |
| 2002 | -0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.3 | 1.5 | 1.4 |
| 2003 | 1.2 | 0.9 | 0.5 | 0.1 | -0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.4 |
| 2004 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 2005 | 0.7 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | -0.1 | -0.4 | -0.7 |
| 2006 | -0.7 | -0.6 | -0.4 | -0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.9 | 1.1 | 1.1 |
| 2007 | 0.8 | 0.4 | 0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.4 | -0.7 | -1.0 | -1.1 | -1.3 |
| 2008 | -1.4 | -1.4 | -1.1 | -0.8 | -0.6 | -0.4 | -0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.3 | -0.6 |
| 2009 | -0.8 | -0.7 | -0.5 | -0.1 | 0.2 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.2 | 1.5 | 1.8 |
| 2010 | 1.7 | 1.5 | 1.2 | 0.8 | 0.3 | -0.2 | -0.6 | -1.0 | -1.3 | -1.4 | -1.4 | -1.4 |
| 2011 | -1.3 | -1.2 | -0.9 | -0.6 | -0.2 | 0.0 | 0.0 | -0.2 | -0.4 | -0.7 | -0.8 | -0.9 |

Fonte: (National Center for Environmental Prediction-NCEP, 2012) .

Abaixo esquema metodológico, Figura 2:



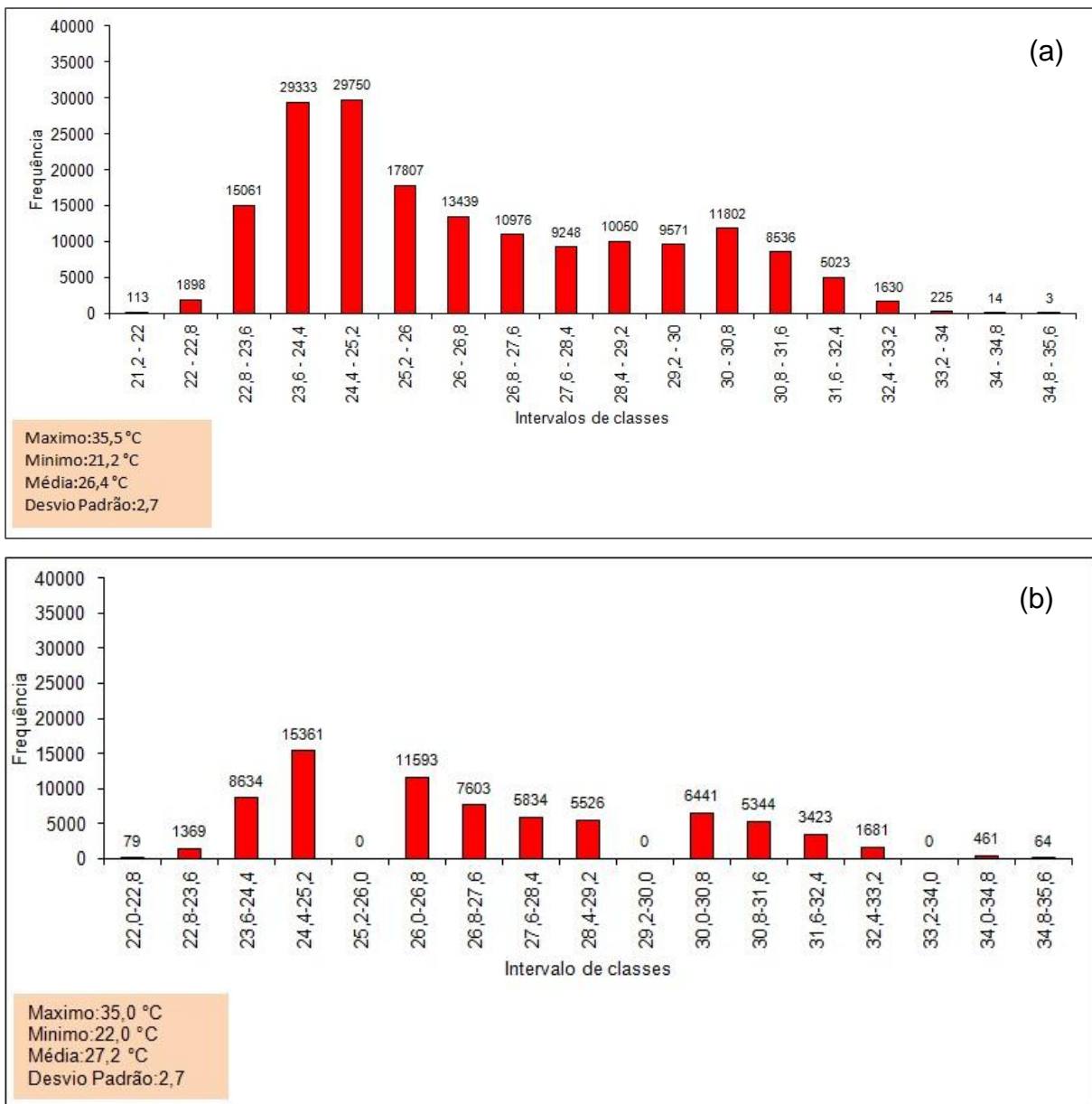
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIAS DA TEMPERATURA DO AR E TEMPERATURA DO PONTO DE ORVALHO NO PERÍODO DE 1975 A 1994 E 2003 A 2011.

A Figura 3(a) e (b) apresenta a distribuição de frequência da temperatura do ar durante o período de 1975 a 1994 e 2003 a 2011, com amplitude dos intervalos de 0,8 °C. A série de dados de 20 anos apresenta temperatura do ar mínima de 21,2 °C, máxima de 35,5 °C, média de 26,4 °C e desvio padrão de 2,7. No período de 2003 a 2011 a temperatura do ar apresenta temperatura mínima de 22,0 °C, máxima de 35,0 °C, média de 27,2 °C e desvio padrão de 2,7. Observa-se na figura 3(a), que 17% dos dados da temperatura do ar estão no intervalo (24,4-25,2) sendo a maior frequência do período. A menor frequência esta no intervalo de (34,8-35,6) representando 0,002% dos dados. Na figura 3(b) a temperatura do ar também apresenta a maior frequência do período no intervalo (24,4-25,2) representando 21% dos dados. Nos intervalos (25,2-26,0/ 29,2-30,0/ 33,2-34,0) não houve frequência dessas temperaturas.

Percebe-se que de 2003 a 2011, por mais que seja um período apenas de nove anos, apresentou um aumento na porcentagem de dados, representando 21% no intervalo de (24,4-25,2) em relação a 1975 a 1994 com 17%. Outro fator que se destaca na distribuição de frequência é o intervalo (34,0-34,8), que apresentou aproximadamente 1% na frequência da temperatura, o que indica que as temperaturas de 34,0 °C a 34,8 °C estão ficando com mais frequência na cidade de Belém.

Figura 3-Distribuição de frequência da temperatura do ar para o período de 1975 a 1994 (a) e 2003 a 2011 (b).

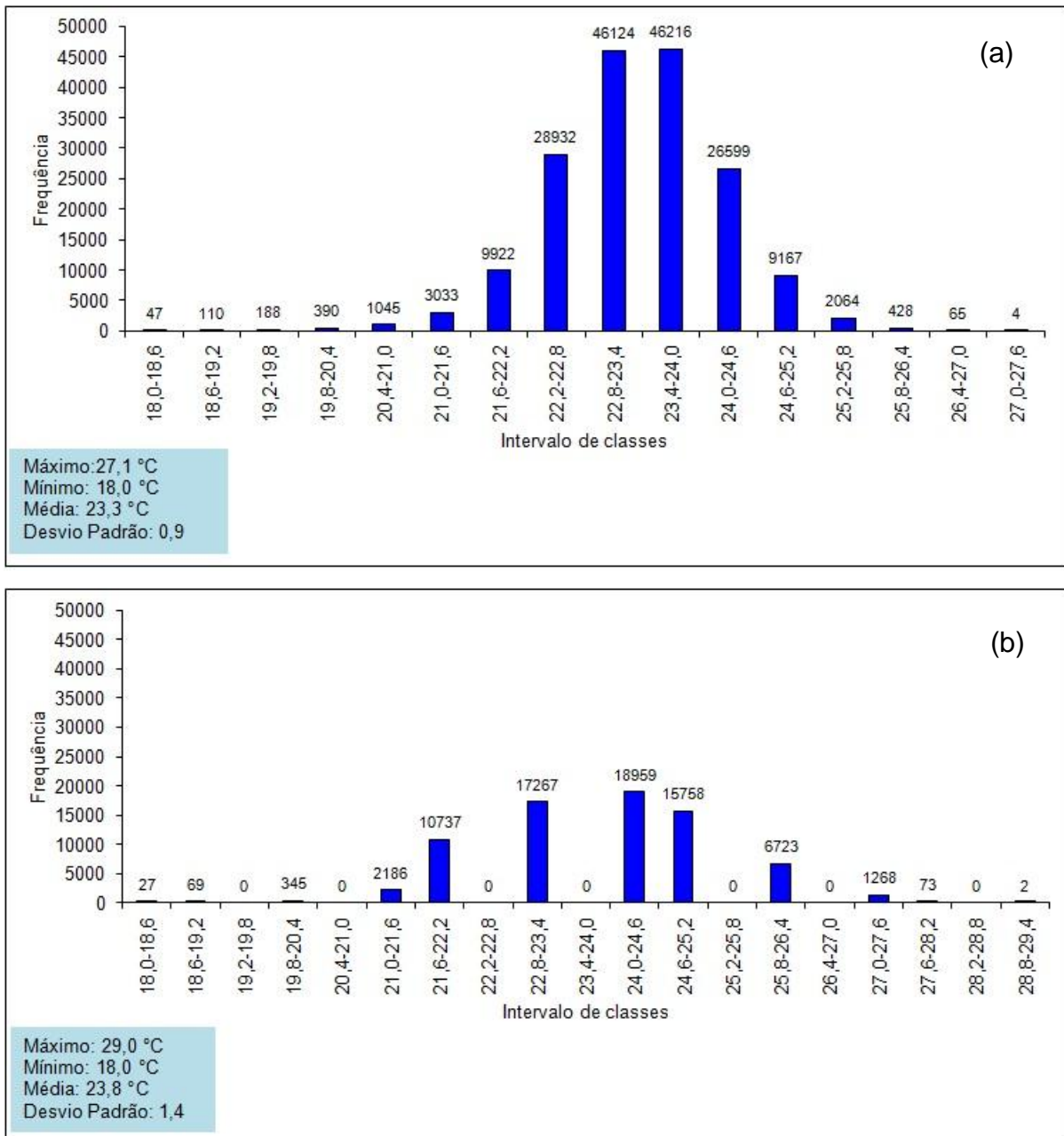


Fonte: (Do Autor, 2012).

A Figura 4 representa a distribuição de frequência da temperatura do ponto de orvalho durante o período de 1975 a 1994 (a) e 2003 a 2011 (b). As temperaturas do ponto de orvalho máxima, mínima, média e desvio padrão foram respectivamente 27,1 °C, 18,0 °C, 23,3 °C e 0,9 no período de 1975 a 1994, Figura 4(a). Em 2003 a 2011 Figura 4(b), obteve-se o máximo de 29,0 °C, mínimo de 18,0 °C, média de 23,8 °C e desvio padrão 1,4. Observa-se através da distribuição de frequência de 2003 a 2011, o intervalo de (18,0-18,6) apresentou diminuição

da frequência da temperatura mínima em relação o período de 1975 a 1994. A temperatura do ponto de orvalho obteve no intervalo (27,0-27,6), o que corresponde aproximadamente 2% dos dados, um aumento na frequência no período de 2003 a 2011.

Figura 4- Distribuição de frequência da temperatura do ponto de orvalho para o período de 1975 a 1994 (a) e 2003 a 2011 (b).

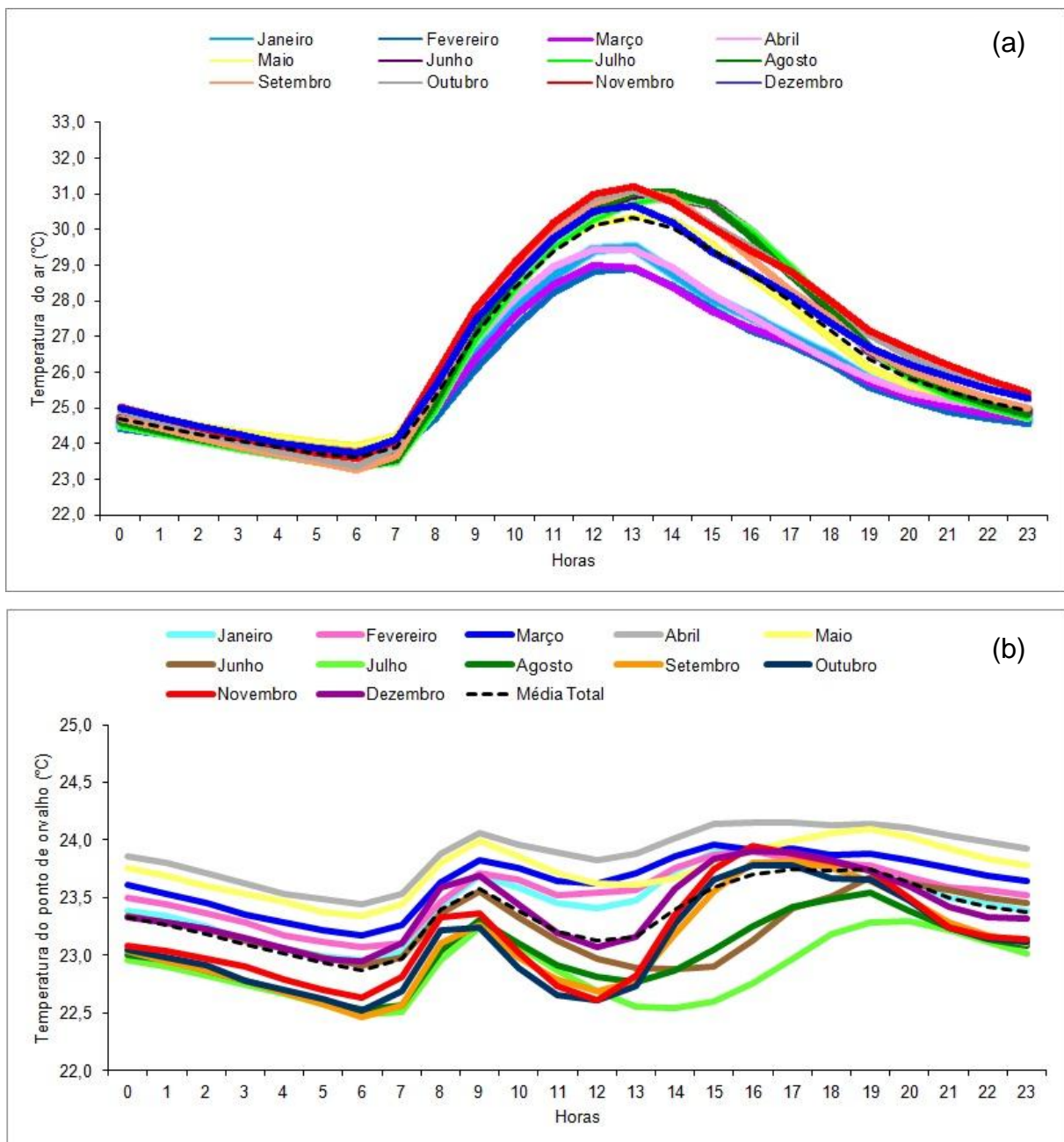


Fonte: (Do Autor, 2012).

3.2 VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR E TEMPERATURA DO PONTO DE ORVALHO PARA A CIDADE DE BELÉM-PA NO PERÍODO DE 1975 A 1994 E 2003 A 2011.

Através da Figura 5 observa-se que em Belém a variação anual da temperatura apresenta valores máximos no período menos chuvoso (Junho a Novembro), com uma média horária de 31,2 °C às 13:00 (HL) em Novembro. No entanto no período mais chuvoso (Dezembro a Maio) para esse mesmo horário a temperatura do ar apresenta uma média horária de 28,9 °C em Fevereiro e Março. As menores temperaturas médias são verificadas nos meses de fevereiro, março e abril, que correspondem aos meses de maior nebulosidade e precipitação pluviométrica, o que contribui para o menor aquecimento. Apesar de o hemisfério sul receber mais radiação no verão e menos no inverno com ganhos de energia maior que 70 w/m² (RIEHL, 1979), para a cidade de Belém o verão é o período mais chuvoso da região provocando mudanças nessa teoria. OLIVEIRA et al (2012) verificaram que o balanço total de radiação solar e seus componentes, radiação de ondas curtas e ondas longas, apresentaram valores mais elevados no período menos chuvoso (Junho a novembro), quando comparado ao período chuvoso (Dezembro a Maio), da região, mostrando a relação direta ao aumento da nebulosidade na estação chuvosa, a qual diminui a intensidade da radiação solar incidente. A temperatura do ponto de orvalho apresenta maiores médias nos meses mais chuvosos (dezembro a maio), em que nesses meses a temperatura fica com pouca variação a partir das 18 HL. No período menos chuvoso a temperatura média do ponto de orvalho são menores, como em julho no horário de 14 HL a temperatura foi de 22,5°C em relação à média total do período que foi de 23,4°C.

Figura 5- Variação horária média mensal da temperatura do ar (a) e temperatura do ponto de orvalho (b) no período de 1975 a 1994.



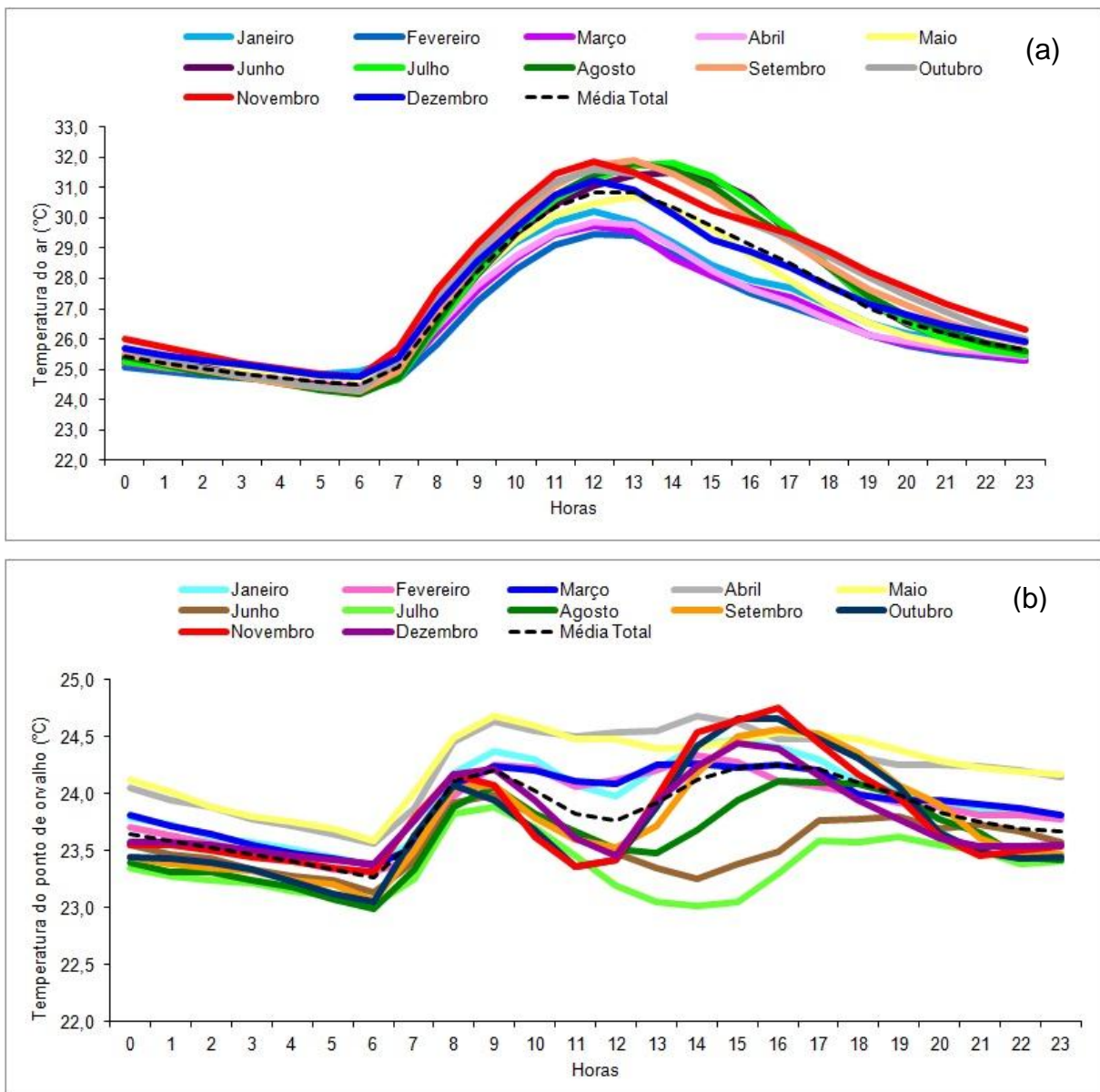
Fonte: (Do Autor, 2012)

A Figura 6 mostra o ciclo anual da temperatura do ar (a) e temperatura do ponto de orvalho (b) no período de 2003 a 2011. Observa-se que no período menos chuvoso para a região os valores médios de temperatura do ar são maiores que no período mais chuvoso. Em (setembro e novembro) período menos chuvoso para o horário das 13:00 Hora Local as médias da temperatura do ar foi 31,9 °C e 31,2 °C e (fevereiro e março) período mais chuvoso foi de 29,4 °C e 29,7 °C. Durante a época mais chuvosa há uma redução na temperatura do ar,

acontece por causa dos efeitos da nebulosidade que causam grande variabilidade sazonal no balanço de radiação.

A temperatura do ponto de orvalho apresentou as menores temperaturas no horário das 06:00 Hora Local no período menos chuvoso a temperatura foi de 23,0°C em (julho e agosto) e de 23,4°C em (janeiro e março) período mais chuvoso.

Figura 6- Variação horária média mensal da temperatura do ar (a) e do ponto de orvalho (b) no período de 2003 a 2011.



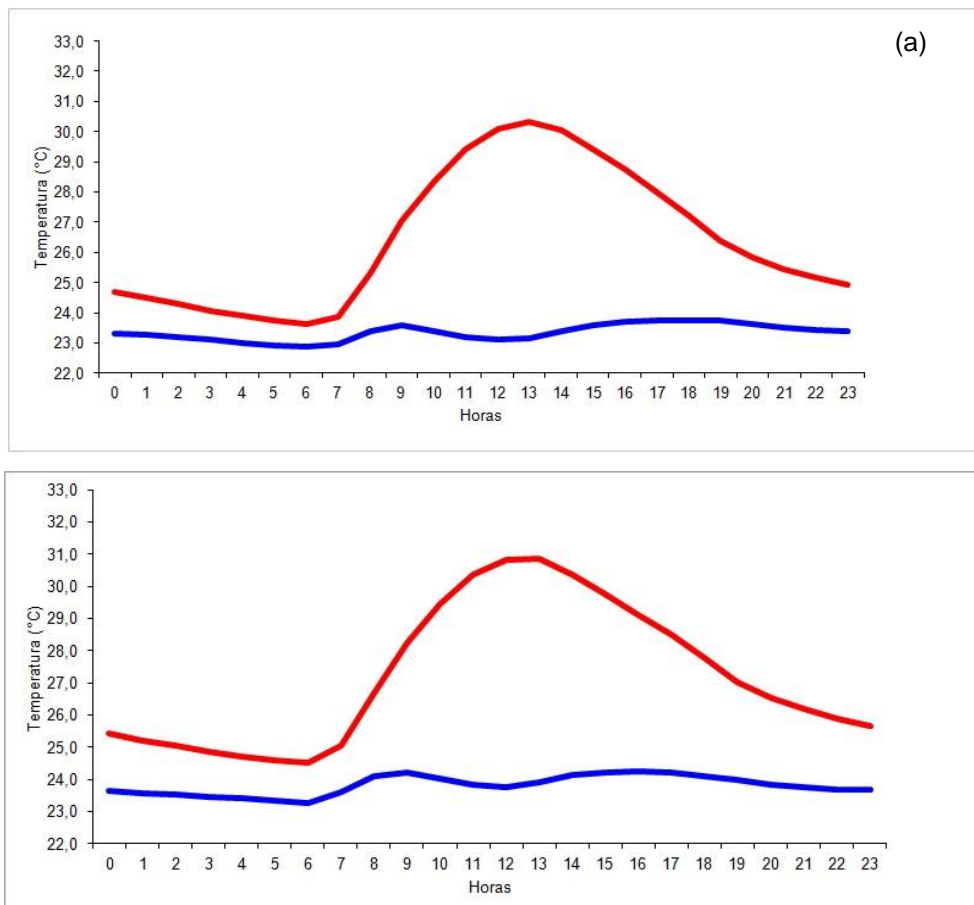
Fonte: (Do Autor, 2012).

A Figura 7 representa a variação média horária da temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho no período de 1975 a 1994 (a) e 2003 a 2011 (b). A temperatura do ar e a

temperatura do ponto de orvalho tem aumento progressivo ao longo do dia, com os valores máximos da temperatura do ar ocorrendo às 13:00 (HL) e 14:00 (HL) e valores mínimos as 06:00 (HL), o que representa o ciclo diurno para a cidade de Belém.

No ciclo de 24 Horas, a temperatura do ar apresenta a máxima as 13:00 HL de 30,3 °C e mínima de 23,6 as 06:00 HL. Observa-se que de 00:00 às 6:00 HL a temperatura do ar e do ponto de orvalho ficam mais próxima, caracterizando maior presença de vapor d'água. As 13:00 HL atingi sua maior temperatura e a partir das 18 HL com o por do sol a temperatura começa a baixar e elas ficam mais próximas. Percebe-se que no período de 2003 a 2011 o ciclo da temperatura do ar e do ponto de orvalho apresenta temperaturas mais elevadas que o período de 1975 a 1994, com amplitudes diferentes, e onde as curvas não ficam mais tão próximas. A amplitude das temperaturas do ar e temperatura do ponto de orvalho no horário de máxima é de 7,2 °C. Percebe-se que em nenhum momento a temperatura do ar ficou menor ou igual a temperatura do ponto de orvalho, então não teve formação de orvalho para a cidade.

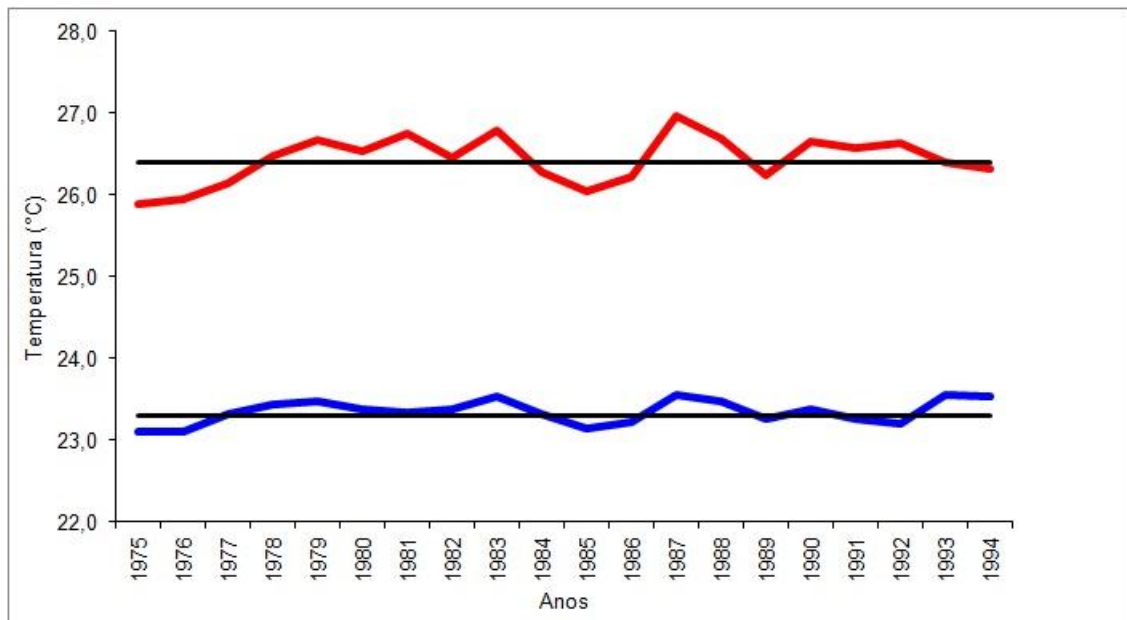
Figura 7-Variação horária media da temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho no período de 1975 a 1994 (a) e 2003 a 2011 (b). A temperatura do ar esta representada na cor vermelha e a temperatura do ponto de orvalho na cor azul.



Fonte: (Do Autor, 2012).

A Figura 8 apresenta a variação média anual da temperatura do ar e do ponto de orvalho no período de 1975 a 1994. A linha vermelha representa a temperatura do ar, a linha azul a temperatura do ponto de orvalho e as linhas pretas as médias dos 20 anos. A temperatura do ar apresentou média do período de 26,4 °C e a temperatura do ponto de orvalho foi de 23,3 °C. A temperatura média anual do ar variou de 25,9 °C a 27,0 °C durante os anos de 1975 a 1994 na cidade de Belém. Os anos que apresentaram maiores temperaturas média anual do ar foram os anos de 1981 e 1983 (26,8 °C) e 1987 (27 °C), respectivamente, o ano de 1987 foi o ano mais quente de todo o período, com +0,6°C acima da média de 1975 a 1994. Os anos 1981 e 1983 foram os segundos mais quentes, sendo que 1983 e 1987 esteve sob influência do fenômeno El Nino, que influencia no aumento da temperatura para a cidade de Belém. Observa-se também que as menores temperaturas médias anuais do ar ocorreram nos anos de 1975 (25,9 °C), 1976 e 1985 (26,0 °C), respectivamente. Esses anos estiveram sobre a influência do fenômeno La Nina, que diminui a temperatura na cidade de Belém.

Figura 8-Variação da temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho média anual no período de 75 a 94. Em vermelho representa a temperatura do ar, azul temperatura do ponto de orvalho e linha preta a média do período.

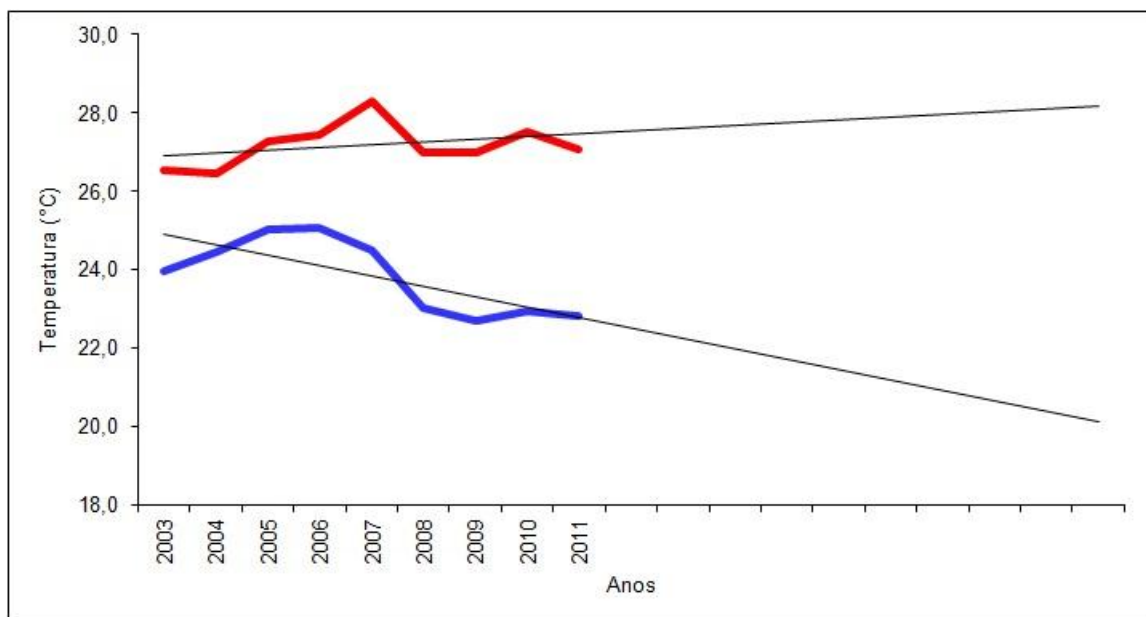


Fonte: (Do Autor, 2012)

A Figura 9 apresenta a variação média anual da temperatura do ar e do ponto de orvalho no período de 2003 a 2011. A linha vermelha representa a temperatura do ar, a linha azul a temperatura do ponto de orvalho e as linhas pretas tendência linear no período estudado com uma projeção futura para 10 anos. Observa-se que a temperatura média anual do ar variou de 26,5 °C a 28,3 °C com amplitude de 1,8 °C. Amplitude essa maior que o período de 1975 a 1994 com 1,1 °C. O ano de 2007 apresentou maior temperatura média anual do ar de 28,3 °C com temperatura do ponto de orvalho de 24,5 °C.

Na linha de tendência percebe-se um aumento das temperaturas médias do ar e um decréscimo da temperatura do ponto de orvalho. Sendo as duas linhas das temperaturas afastadas indicando um período menos úmido com pouca quantidade de vapor d'água na região. Indo de acordo com os resultados encontrados por (MARENGO et al, 2007) que na Amazônia o aquecimento pode ter um aumento de 0,8 °C e que esse aquecimento levam em conta tanto os fatores naturais como os fatores antropogênicos como o crescimento das grandes cidades, mudanças no manejo da terra ou na emissão de gases poluentes na atmosfera vem causando severas modificações no atual estado do clima.

Figura 9- Variação da temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho média anual no período de 2003 a 2011. Em vermelho representa a temperatura do ar, azul temperatura do ponto de orvalho e em preto a linha de tendência.



Fonte: (Do Autor, 2012).

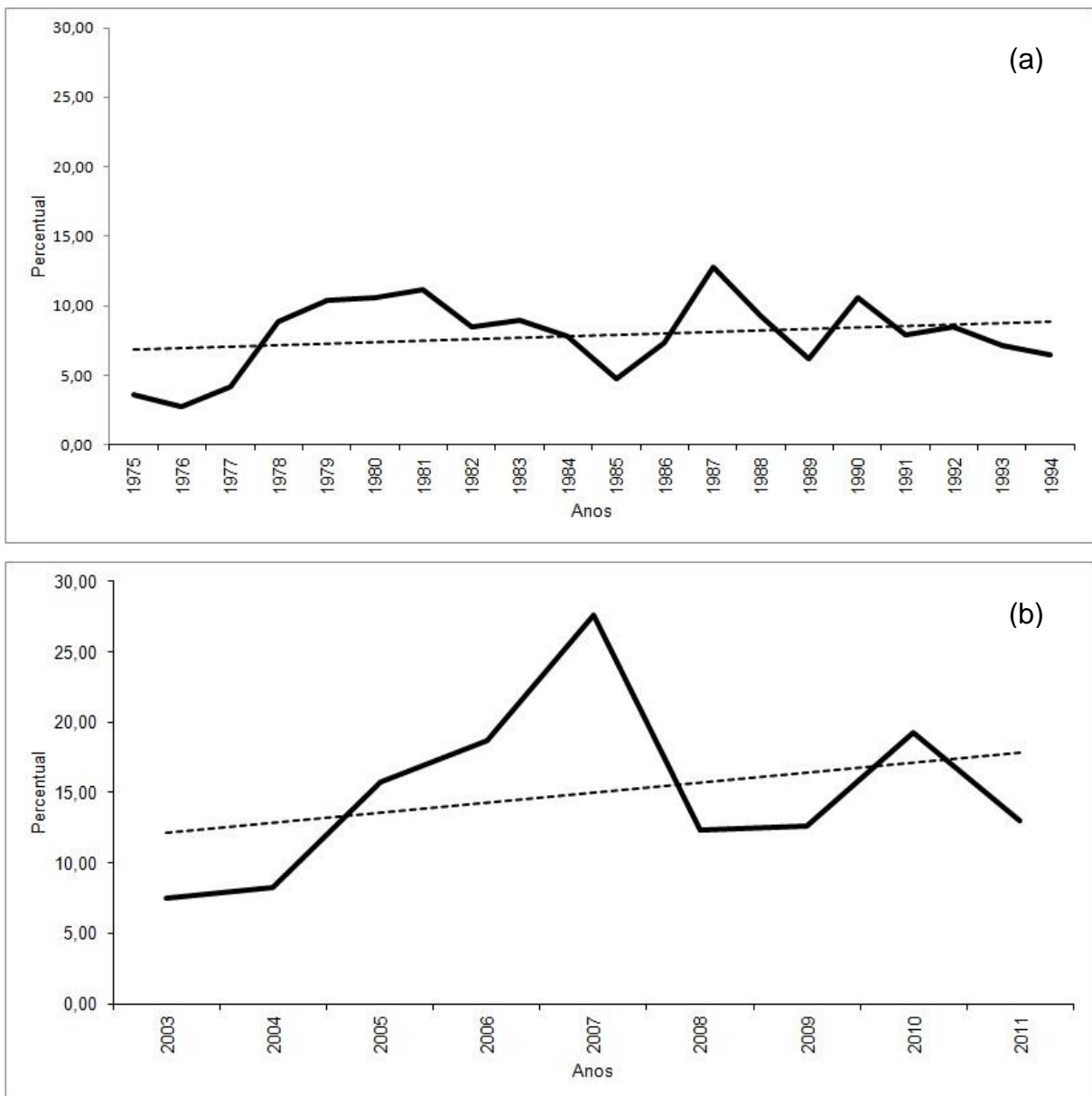
3.3 ANÁLISE DOS EVENTOS EXTREMOS DA TEMPERATURA DO AR E TEMPERATURA DO PONTO DE ORVALHO EM BELÉM-PA PARA OS ANOS DE 1975 A 1994 E 2003 A 2011.

De acordo com a técnica do percentil foram considerados na série de 1975 a 2011 eventos extremos máximo de temperatura do ar a partir 31,6 °C e evento extremo mínimo menor que 22,8 °C. Para a temperatura do ponto de orvalho foi considerado eventos extremo máximo a partir de 25 °C e eventos extremos mínimos menores que 21°C.

A Figura 10 apresenta no período do dia, a variação anual percentual dos eventos extremos máximos de temperatura do ar no período de 1975 a 1994 (a) e 2003 a 2011 (b). A linha preta representa os anos estudados e a linha pontilhada a tendência. No período de 1975 a 1994 a linha de tendência não houve tendência significativa. No período diurno a temperatura do ar apresentou percentual extrema de máximas acima da linha de tendência nos anos de (1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1987, 1990) em que a maioria dos anos foi de El Niño e apenas o ano de 1981 foi ano normal. Com maior percentual de máxima de eventos extremos da temperatura do ar de 13% no ano de 1987.

Observa-se no que período de 2003 a 2011 houve um aumento no percentual de eventos extremos máximos da temperatura do ar em comparação ao período de 1975 a 1994, destacando o ano de 2007 com 27% de temperaturas do ar máximas extremas. Em que a linha de tendência apresenta uma elevação no período de 2003 a 2011, mostrando em geral uma tendência de aquecimento, caracterizados por um aumento na frequência de dias quentes e uma redução de dias frios. Estando de acordo com o concluído por (ALMEIDA; REBELLO, 2010), quando se trata de temperaturas máximas foi observado tendência de aumento dos eventos extremos, cerca de 1°C. Em que esses eventos tem se potencializado tanto na precipitação quanto na temperatura máxima para a cidade de Belém.

Figura 10- Variação percentual da temperatura do ar máxima extrema de 1975 a 1994 (a) e 2003 a 2011 (b) para período do dia.

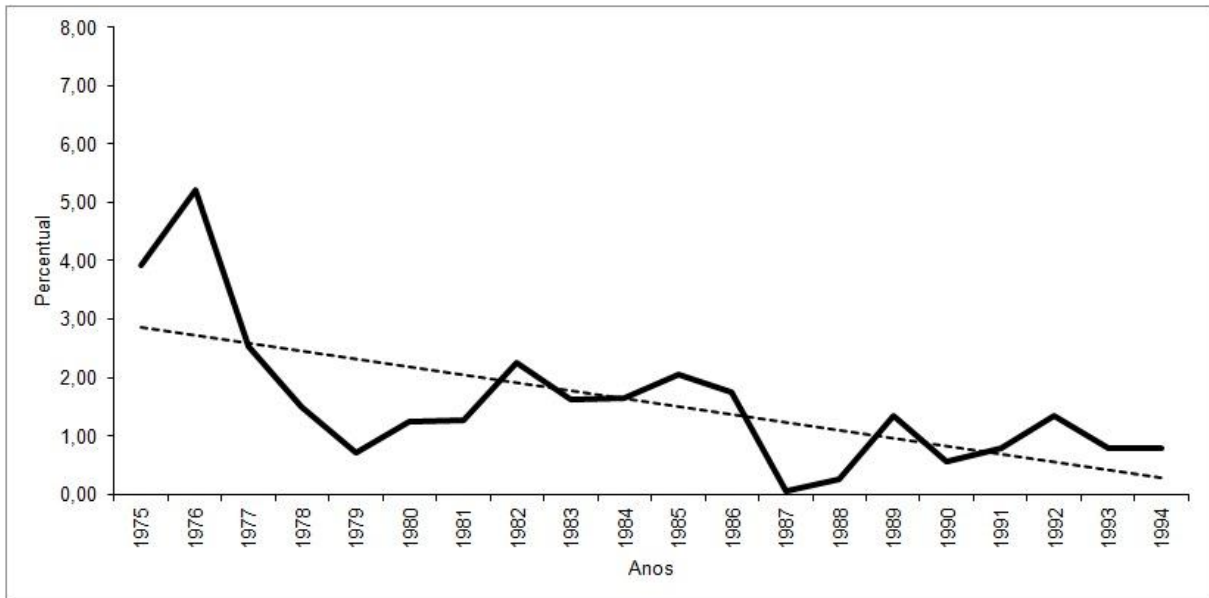


Fonte: (Do Autor, 2012).

A Figura 11 representa o percentual da temperatura mínima extrema de 1975 a 1994 para o período do dia. Observa-se que a linha de tendência está decrescente, o qual mostra que o percentual das temperaturas mínimas extrema está diminuindo para a cidade de Belém durante o período do dia. No ano de 1976, apresentou 5% das temperaturas mínimas e no ano de 1987 não obteve temperaturas mínimas extremas. Durante o período de 2003 a 2011 (sem

gráfico), a frequência de temperatura mínima extrema foi pouco significativa, pois juntando os nove anos apresentaram menos de 0,5% dos dados.

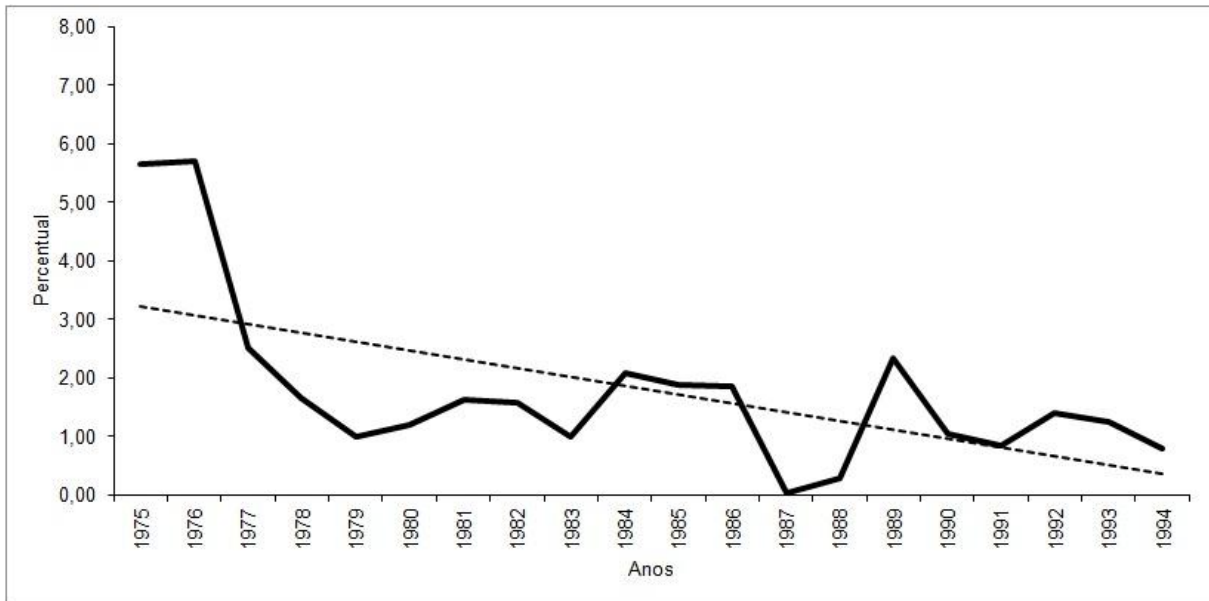
Figura 11- Variação percentual da temperatura do ar mínima extrema de 1975 a 1994 para período do dia.



Fonte: (Do Autor, 2012).

Na Figura 12, o percentual de temperatura mínima extrema no período da noite em 1975 a 1994 houve um decréscimo. Em anos de El Nino como em 1987 não obteve temperatura do ar mínima extrema. O maior percentual de temperaturas mínima extrema a noite ocorreu no ano de 1976 com 6%. A máxima extrema no período da noite apresentou pouca significância, pois a frequência das temperaturas foi menor que 1% tanto de 1975 a 1994 e 2003 a 2011. Isso mostra que em Belém não está tendo uma frequência de noites quentes.

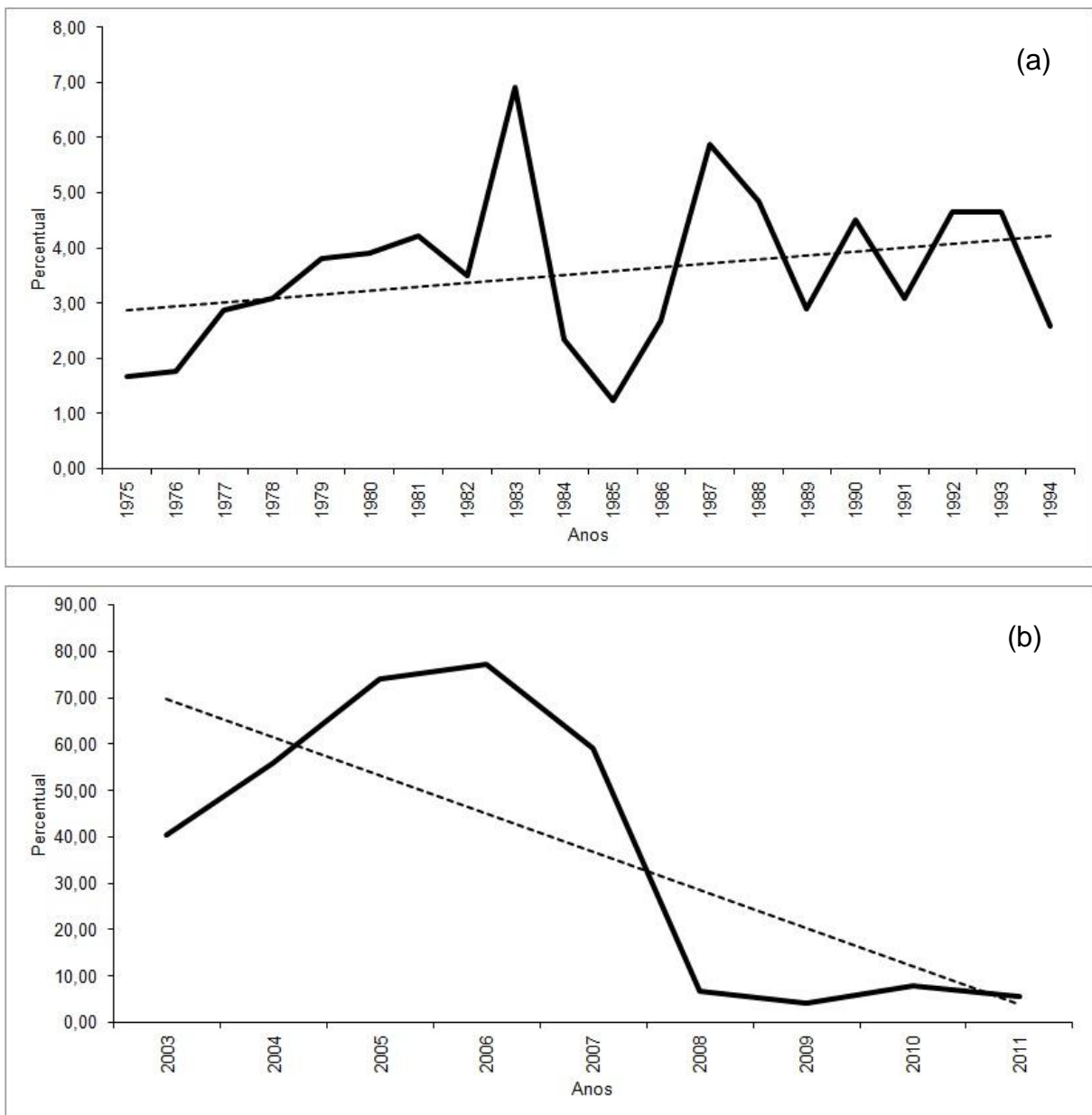
Figura 12- Variação percentual da temperatura do ar mínima extrema de 1975 a 1994 para período da noite.



Fonte: (Do Autor, 2012).

A Figura 13 representa a variação percentual da temperatura do ponto de orvalho máxima extrema de 1975 a 1994 (a) e 2003 a 2011 (b) no período do dia. No período de 1975 a 1994 apresenta um aumento na linha de tendência, com maiores percentuais nos anos de 1983 e 1987 anos de El Niño. Os menores percentuais ocorreram nos anos de 1975 e 1985 anos de La Nina. Em 2003 a 2011, as temperaturas máximas extrema do ponto de orvalho apresentou uma diminuição na linha de tendência, o que mostra que ocorrência de extremos máximos durante o dia esta diminuindo, pois os dias estão ficando mais quente e menos úmido. Apenas nos anos de 2005, 2006 e 2007 apresentaram maiores percentuais de temperatura máxima durante o dia, onde quanto mais alto o ponto de orvalho maior será a concentração do vapor d'água.

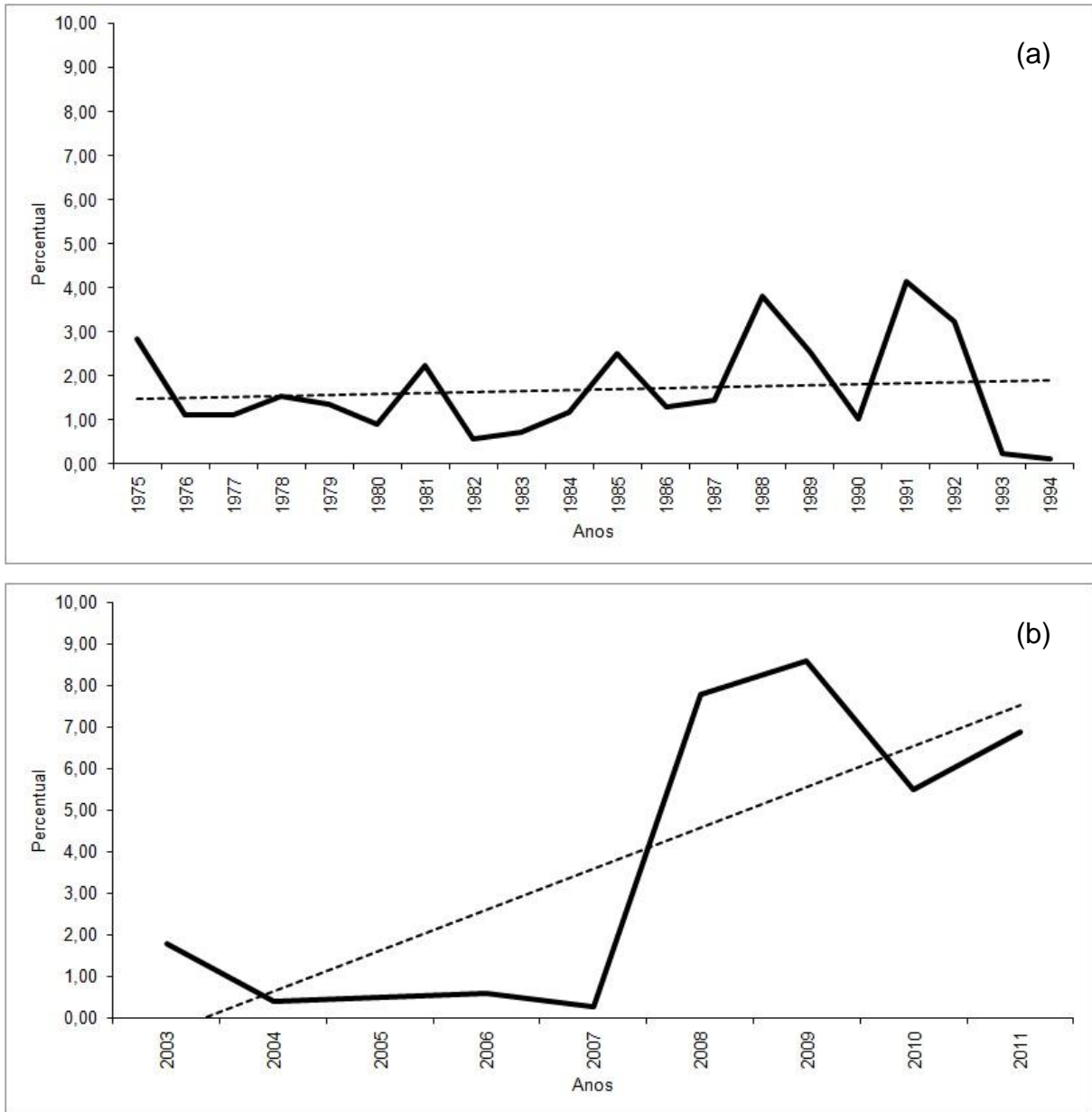
Figura 13- Variação percentual da temperatura do ponto de orvalho máxima extrema de 1975 a 1994 (a) e 2003 a 2011 (b) para período do dia.



Fonte: (Do Autor, 2012).

A Figura 14 representa a variação da temperatura do ponto de orvalho mínima extrema no período de 1975 a 1994 (a) e 2003 a 2011 (b). Durante o dia a mínima extrema sofreu pouca variação no percentual, entre 1% e 4%. No período de 2003 a 2011, durante o dia através da linha de tendência observa-se um aumento das mínimas extrema. No ano de 2009 apresentou 9% de temperatura extrema mínima. Analisando o ponto de orvalho dá uma ideia de quanto úmido ou seco o ar é.

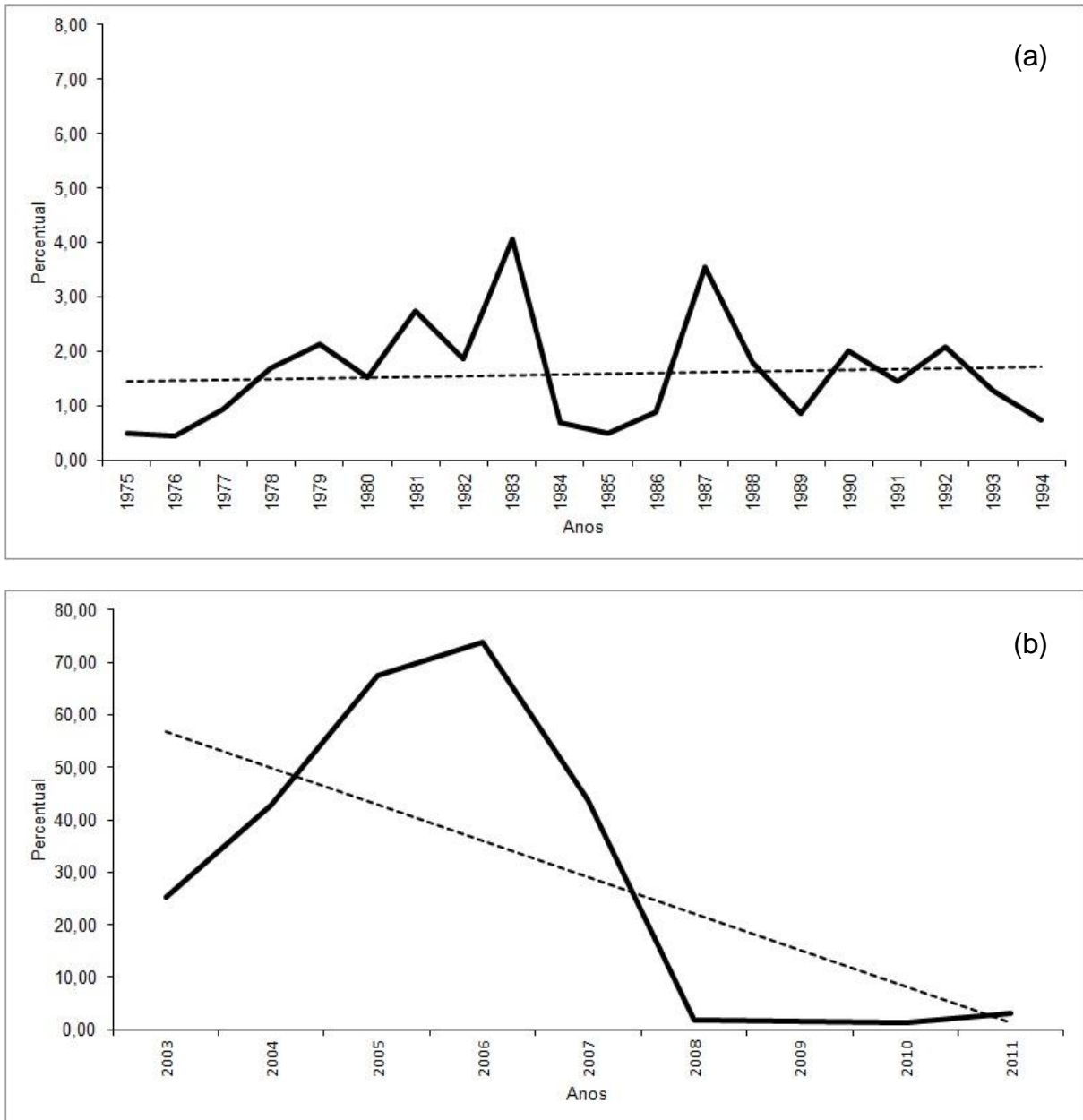
Figura 14- Variação percentual da temperatura do ponto de orvalho mínima extrema de 1975 a 1994 (a) e 2003 a 2011 (b) para período do dia.



Fonte: (Do Autor, 2012).

A Figura 15 representa a variação da temperatura do ponto de orvalho máxima extrema no período de 1975 a 1994 e 2003 a 2011. De 1975 a 1994 (a) no período noturno a temperatura do ponto de orvalho máxima extrema apresentou maiores percentuais nos anos de 1983 e 1987. Em 2003 a 2011 o percentual de temperatura máxima extrema aumentou chegando a 70% e a linha de tendência apresentou uma diminuição nos extremos.

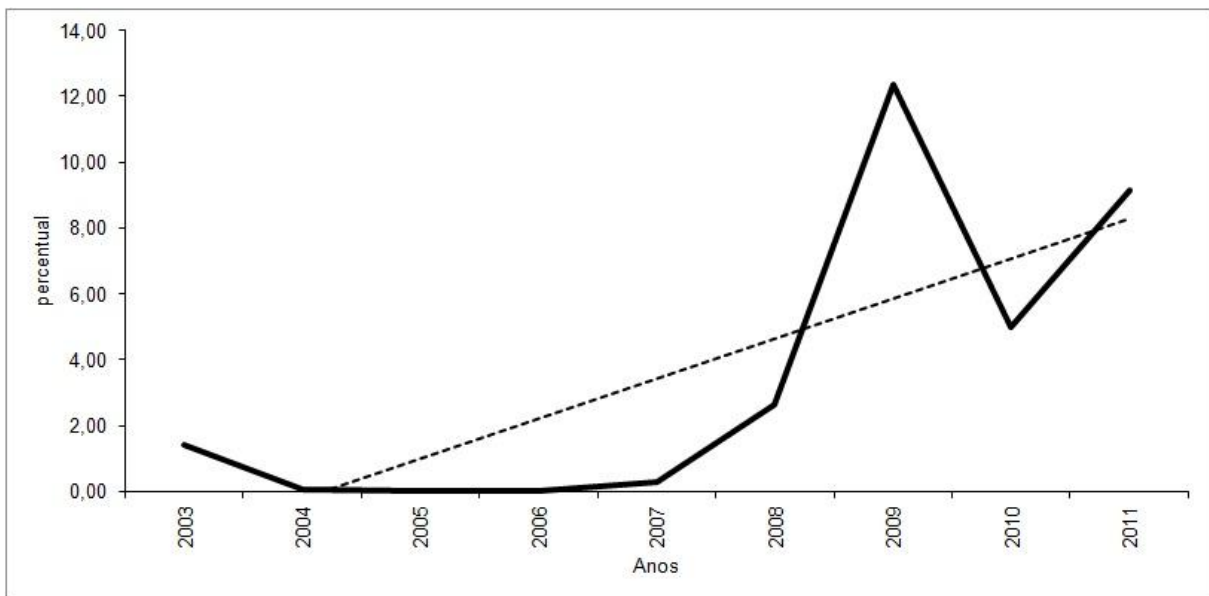
Figura 15- Variação percentual da temperatura do ponto de orvalho máxima extrema de 1975 a 1994 (a) e 2003 a 2011 (b) para período da noite.



Fonte: (Do Autor, 2012).

Para o período de 1975 a 1994 não ocorreu temperatura mínima extrema durante o período da noite. A Figura 16 mostra a variação percentual da temperatura do ponto de orvalho mínima extrema de 2003 a 2011. Observa-se que a temperatura do ponto de orvalho no período de 2004 a 2006 não apresentou eventos extremo mínimo, no entanto no ano de 2009 chegou a 12%. A linha de tendência mostra que os eventos extremos de temperatura mínima estão crescendo para a região.

Figura 16- Variação percentual da temperatura do ponto de orvalho mínima extrema de 2003 a 2011 para período da noite.



Fonte: (Do Autor, 2012).

4 CONCLUSÃO

1. Concluiu-se que a temperatura do ar apresentou mínima antes do nascer do sol entre 05 e 06 HL e máxima as 14 HL.
2. A variação da temperatura do ar horária mensal apresentou valores maiores nos meses menos chuvosos e menores no período mais chuvoso.
3. A temperatura do ponto de orvalho apresentou dois máximos (manhã e tarde) e um mínimo (12 HL), em todos os meses do ano. O máximo do período da tarde caracteriza a predominância de ocorrência de chuvas na cidade no horário entre 15 e 16 HL.
4. Os extremos de máximas apresentaram tendências de aumento na frequência no período analisado.
5. Os extremos de mínima com tendência de diminuição tanto no período diurno e noturno.
6. Os fatores naturais como o El Niño e a La Niña influenciam na temperatura mensal e anual, pois as temperaturas estiveram elevadas em anos de El Niño e abaixo da média em anos de La Niña.
7. Os resultados encontrados foram relacionados apenas com os fatores naturais que influenciam a temperatura na região, há a necessidade de pesquisas futuras para verificar os fatores antropogênicos, ou seja, fazer uma análise espacial de paisagem para verificar se o efeito de urbanização está afetando o clima da cidade, causando desconforto à população.

REFERÊNCIAS

- ABREU, S. F.; COSTA, J. P. R.; ROLIM, P. A. M. Comportamento da TSM e anomalia da precipitação durante os eventos do El Niño 82/83 e 97/98, no regime de precipitação das cidades de Belém, Santarém e Manaus. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: SBMET, 2004. 1 CD-ROM.
- ALMEIDA, R. M. B.; REBELLO, E. R. G. Variabilidade de eventos extremos e identificação de tendências climáticas no litoral Norte do Brasil.. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém - Para. *Anais...* Belém-PA: SBMET, 2010. 1 CD-ROM.
- BARBOSA, A. DE M.; MARTORANO, L. G.; FRANCO, I. M.; MONTEIRO, D. C. A. Evidência térmica de tetos verdes mitigadores de ilhas de calor na grande Belém, Pará. In: SIMPÓSIO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS NA AMAZÔNIA, 1., 2012, Belém. v. 1. p. 128-28.
- CABRAL JÚNIOR, J. B.; ALMEIDA, H. A. DE. Frequência de ocorrência de eventos extremos de temperatura do ar em Campina Grande, PB. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 4., 2011, João Pessoa, PB. *Anais...*, João Pessoa, PB: SIC, 2011.1 CD-ROM.
- CHRISTY, J.; SPENCER, R. Global temperature Report 1978-2003. 2003. The University of Alabama in Huntsville.
Disponível em <meteo.lcd.lu/globalwarming/Christy_and_Spencer/25years_highlite.pdf>. Acesso em agosto de 2012.
- CORRÊA, L. V. Análise dos efeitos térmicos da cidade de Belém utilizando imagens de satélite. Belém, 2011. 80 p. Dissertação (mestrado em ciências ambientais) – Universidade Federal do Pará, Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais-PPGCA, Belém, 2011.
- COSTA, A. C. L.; MATTOS, A. Variações sazonais da ilha de calor urbano na cidade de Belém - Pará. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO E IBÉRICO DE METEOROLOGIA, 9.; CONGRESSO ARGENTINO DE METEOROLOGIA, 8., 2001, Buenos Aires. . *Abstracts* Buenos Aires: SBMET, 2001. p. 2357-.2365.
- COUTINHO, E. C. ; SOUSA, A.S. ; VIEIRA, L.K. ; MARTINS, T.S.; SOUSA, J.S. Análise do conforto térmico em pontos distintos no município de Paragominas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 4., 2011, João Pessoa - PB. *Anais...* João Pessoa – PB, 2011. 1 CD-ROM.
- FOLLAND, C. K.; KARL, T. R., CHRISTY J. R.; CLARKE R. A.; GRUZA G. V.; JOUZEL J.; MANN M. E.; OERLEMANS J.; SALINGER M. J.; WANG, S. W. 2001. Observed climate variability and change. In: CLIMATE CHANGE 2001: The Scientific basis – contribution of working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press: New York; p. 99–181.

GRIMM, A. M.; SILVA, P. F. Z. O. ;MARENGO, J. Sinais de El Niño na precipitação da Amazônia (a) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10.; CONGRESSO DA FLISMET, 8., 1998, Brasília. *Anais...* Brasília, DF: SBM, 1998. 1 CD-ROM.

GRIMM, A. M.; SILVA, P. F. Z. O. ; MARENGO, J. Sinais de La Niña na precipitação da Amazônia (b). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10.; CONGRESSO DA FLISMET, 8., 1998, Brasília. *Anais...* Brasília, DF: SBM, 1998. 1 CD-ROM.

HARTMANN, D. L. *Global physical climatology*. Washington: Department of Atmospheric sciences, University of Washington; Seattle, Ed. Única, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE, *Censo 2010*. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em julho 2012.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE- IPCC. *Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of working Group I to the Fourth Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. 2007.

LOMBARDO, M. A. *A Ilha de calor nas metrópoles. O exemplo de São Paulo*. São Paulo-SP, Hucitec, 1985.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e regionais: Avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. *Rev. Bras. Meteor.*, v.16, p.1–18. 2002.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; SALATI, E. ; AMBRIZZI, T. *Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI*. Brasília: Min. do Meio Ambiente; SBF/DCBio, 2007. 54 p.

MARENGO J. A. ; VALVERDE, M . Caracterização do clima no Século XX e cenário de mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos de IPCC AR4. *Multiciência*, UNICAMP, v. 8, p. 5-28. 2008.

MONTEIRO, L. D. A.; MOTA, M. A. S. ANÁLISE DA VARIAÇÃO DA TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO EM BELÉM EM ANOS DE EL NIÑO E LA NIÑA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA,16., 2010, Belém-Pará. *Anais...* Belém-PA: SBMET, 2010. 1 CD-ROM

MOTA, M.A. S.; OLIVERIA, M. C. F.; SOUZA, P. F. S.; RIBEIRO, J. B. M. Space variation of the precipitation in Belém in year of El Nino. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF BIOMETEOROLOGY & INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATOLOGY, 1999, Sidney-Australia. *Proceedings*, Sidney-Austrália, 1999. 1 CD-ROM.

NATIONAL CENTER FOR ENVIRONMENTAL PREDICTION- NCPE. Anomalia de TSM. Disponível em:<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears_1971-2000_climo.shtml>. Acesso em julho de 2012.

OLIVEIRA, G. S. *El Niño e você: o fenômeno climático*. São José dos Campos, SP: TRANSTEC, 1999.

OLIVEIRA, M. C. F.; SOUZA JUNIOR, J. A.; ALBUQUERQUE, M. F.; SOUZA FILHO, J. D. Variação média mensal, sazonal e anual do balanço total de radiação solar e seus componentes, em Belém-PA, 1984 a 1997. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 17., 2012, Gramado – Rio Grande do Sul. *Anais...Gramado-RS: SBMET, 2012. 1. CD-ROM.*

RIEHL, H. *Climate and weather in the tropics*. New York USA : Academic Press, 1979.

SILVA JUNIOR, J. A.; COSTA, A. C. L.; MERCES, S. S. S.; SOUZA, E. B.; SILVA, S. N. R.; COSTA, R. F.; PORTELA, B.; TAQUES M. M.; BORGES, L. S.; Oliveira; BRAGA, A. P.; GONCALVES, P. H. L.; FEITOSA, R. P.; METCALFE, D. B; SOUSA, J. R. A.. Análise de índices de conforto térmico na Cidade de Belém PA, durante a época menos chuvosa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém-Pará. *Anais...Belém-PA:SBMET, 2010. 1.CD-ROM.*

SOUZA JÚNIOR, J. A; NECHET, D; OLIVEIRA, M. C. F; ALBUQUERQUE, M. F. Estudo do comportamento da temperatura e precipitação nos períodos chuvosos e menos chuvosos em Belém-pa em anos de fortes eventos de el niño e la niña. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 5, p. 87-101. 2009.

TANK, A. M. G. K., AND KÖNNEN, G. P. ‘Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946–99’, *J. Clim.* n. 16, p. 3665–3680. 2003.

TREMBERTH, K. E. The definition of El Niño. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, v. 178, p.277 1-7. 1997.

XAVIER, T. M.; XAVIER, A. F. S.; ALVES, J. M. B. *Quantis e eventos extremos-aplicações em ciências da terra e ambientais*. Fortaleza: RDS Editora, Livrarias Livro Técnico, 2007. 278p.