

## 5.1. MEIO FÍSICO

### 5.1.1. Climatologia Regional

#### a) Introdução

A caracterização ambiental de uma determinada região representa uma importante ferramenta de planejamento do uso dos recursos naturais e de otimização de investimentos.

A Bacia Marítima do Pará-Maranhão é pouco conhecida do ponto de vista meteo-oceanográfico e apresenta áreas de grande sensibilidade ambiental, destacando-se o Parque Estadual Marinho “Parcel Manuel Luís” e praticamente toda a linha de costa, desde a porção leste do Pará até o oeste do Maranhão, composta por manguezais, praias e bancos lamosos.

Assim sendo, o presente relatório técnico apresenta uma análise dos aspectos meteorológicos mais relevantes da Bacia do Pará-Maranhão, mais precisamente, nas proximidades dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17.

Para tanto, foram pesquisadas informações secundárias de bases regionais, assim como dados coletados *in situ* e analisados através de procedimentos estatísticos, de forma a atender às exigências do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA).

Os parâmetros abordados no estudo são: temperatura, precipitação, evaporação, umidade relativa, pressão atmosférica e regime de ventos.

#### b) Localização

A Bacia Pará-Maranhão, localizada na margem Equatorial Brasileira, encontra-se entre os meridianos 44º W e 48º W, constituindo uma área submersa total de 48.000 km<sup>2</sup>. Os Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17 encontram-se na porção leste da Bacia do Pará-Maranhão a aproximadamente 210 km ao norte de São Luis (MA). A localização do Bloco em questão pode ser observada na Figura 5.1.1-1.



**Figura 5.1.1-1.** Localização dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17 na Bacia Pará-Maranhão.

### c) Caracterização climática

Devido à sua extensão territorial, o posicionamento geográfico e o relevo, a América do Sul apresenta características climáticas distintas, principalmente quanto ao seu regime de chuvas e temperaturas. Essa variabilidade climática está diretamente relacionada com as condições atmosféricas decorrentes da interação entre fenômenos pertencentes a várias escalas de tempo e espaço, que vão desde a planetária até a escala local.

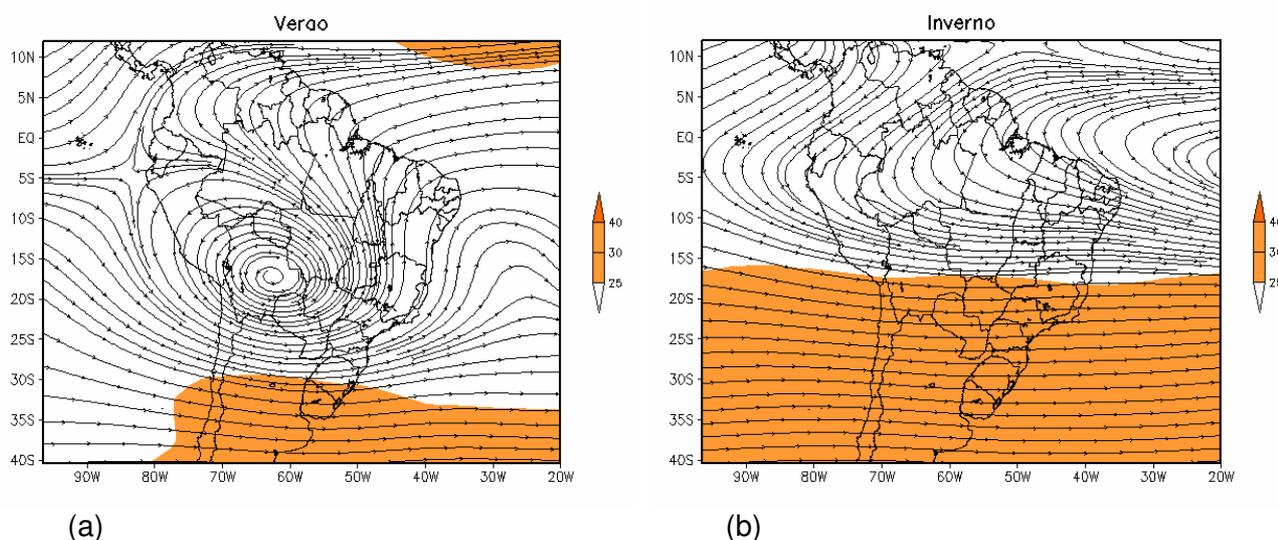
A relação entre o padrão da circulação atmosférica sobre a América do Sul e a distribuição espacial e temporal dos sistemas meteorológicos apresenta várias características interessantes, tais como a Alta da Bolívia (AB), os Vórtices Ciclônicos (VCAS), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs), a Baixa do Chaco (que no verão interage com os sistemas frontais) e ondas de frios, que surgem na região equatorial e são chamadas de friagens no inverno. No Oceano Atlântico tropical ocorre, ainda, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), de extrema importância no regime de chuvas da região Norte e Nordeste do Brasil. (RI PRO06, 2007).

Características adicionais e descrições destes sistemas podem ser encontradas em Satyamurty *et al.* (1998) e Lima (1996).

Particularmente sobre a América do Sul, a circulação atmosférica modifica-se significativamente da estação de verão (dezembro-janeiro-fevereiro) para a estação de inverno (junho-julho-agosto), principalmente nos altos níveis (200 hPa). Isto pode ser observado na Figura 5.1.1-2, que compara os padrões de circulação troposféricos médios nessas duas estações. Na Figura 5.1.1-3 são apresentados os mesmos campos, para os baixos níveis (850 hPa).

Durante o verão, o clima da América do Sul é modulado por circulações quase-estacionárias. Na alta troposfera (aproximadamente 10 km de altura) observa-se um cavado sobre o Pacífico Leste e outro sobre o Atlântico, associado à Alta da Bolívia (AB), que eventualmente se fecha, sendo denominado Vórtice Ciclônico do Nordeste do Brasil (Figura 5.1.1-2a). No verão, a corrente de jato subtropical se desloca para latitudes mais altas, com máxima intensidade em aproximadamente 45° S.

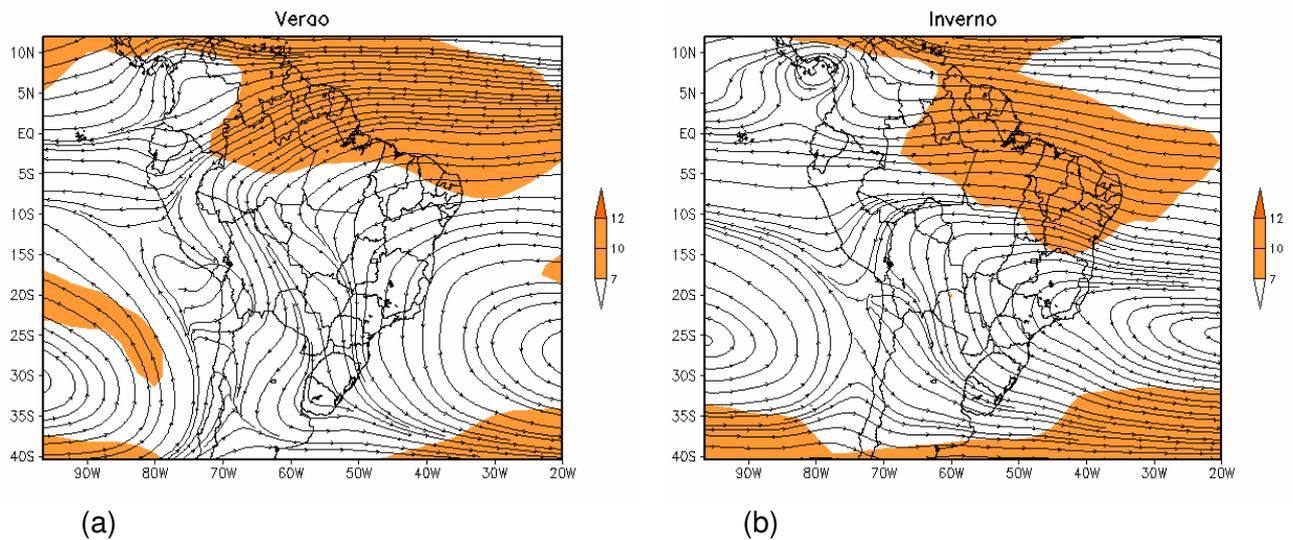
No inverno, na alta troposfera (Figura 5.1.1-2b), o padrão do escoamento é zonal e a corrente de jato de Oeste é bastante intensa, com centro de máxima intensidade localizado sobre a linha de data, entre 20° S e 40° S.



**Figura 5.1.1-2.** Campos médios sazonais do vento no nível de 200 hPa ( $m.s^{-1}$ ) referentes ao período de verão (a) e inverno (b). Fonte dos Dados: Reanálise do NCPE/NCAR.

Em baixos níveis (850 hPa), o padrão do escoamento sobre a América do Sul não muda significativamente entre o verão e o inverno (Figura 5.1.1-3a e Figura 5.1.1-3b, respectivamente). É importante destacar a presença do jato de baixos níveis abaixo de 850 hPa, que é responsável pelo transporte de vapor d'água e calor da Amazônia para a região sul, Paraguai e norte da Argentina.

No inverno, observam-se os centros do Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul (ASPS) e do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), mais forte que no verão. Observa-se, também, um ligeiro deslocamento do ASPS para o Equador, em relação à sua posição no verão, e do ASAS para mais próximo do continente sul-americano (RI PRO06, 2007).



**Figura 5.1.1-3.** Campos médios sazonais do vento no nível de 850 hPa ( $m.s^{-1}$ ) referentes ao período de verão (a) e inverno (b). Fonte: Reanálise do NCPE/NCAR.

Durante o inverno, devido ao resfriamento do Hemisfério Sul e ao aquecimento do Hemisfério Norte, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) ocupa a sua posição mais setentrional (MARTIN *et al.*, 1998).

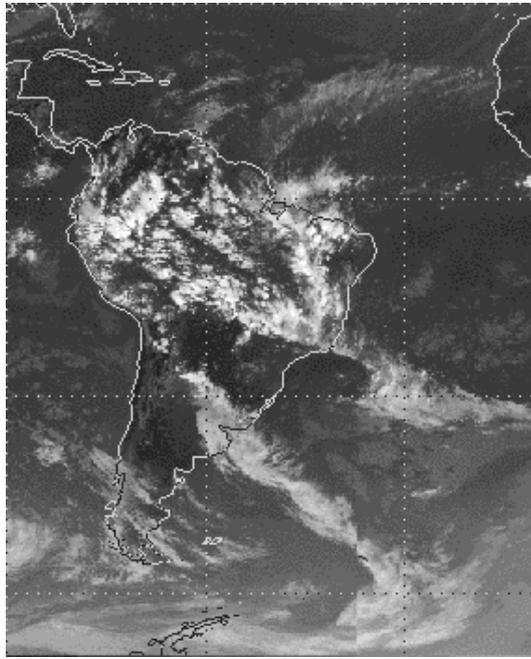
No verão, o resfriamento do Hemisfério Norte e o aquecimento do Hemisfério Sul deslocam a ZCIT para uma posição mais ao Sul, curvando-a em direção ao continente (MARTIN *et al.*, 1998). O deslocamento da ZCIT mais para Sul favorece a predominância dos ventos alísios de Nordeste.

Cabe acrescentar que o posicionamento latitudinal da ZCIT sobre o Atlântico pode ser afetado em função do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) (MARTIN *et al.*, 1998).

Outro sistema típico de verão é a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), fenômeno semi-estacionário caracterizado pela presença de uma banda de nebulosidade orientada de Noroeste-Sudeste, que se estende desde o sul da região Amazônica até a área central do Atlântico Sul. Na Figura 5.1.1-4 tem-se um exemplo do posicionamento da ZCAS.

Outro fenômeno de grande escala associado à ZCAS é a oscilação de 30-60 dias, conhecida como Madden-Julian. Esta oscilação caracteriza-se pelo deslocamento para leste de uma célula zonal de número de onda 1, termicamente direta, que causa variações na convecção

da região tropical (Madden & Julian, 1972). Isso irá causar variações na posição e velocidade da ZCAS a qual, por sua vez, interfere na precipitação nas Regiões Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil.



**Figura 5.1.1-4.** Imagem do satélite EUMETSAT/CPTEC, setorizada, no canal infravermelho, indicativa do posicionamento de uma ZCAS em 14/03/06 às 21Z. Fonte: CPTEC/INPE.

Os mecanismos físicos envolvidos no acoplamento oceano-atmosfera sobre a região tropical ainda não são muito bem entendidos. O que se tem como consenso, por parte da comunidade científica, é que os padrões (anormais) observados no campo das anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) surgem da dinâmica interna do próprio oceano (Trenberth, 1997). Além disso, são forçados pelos processos dinâmicos e termodinâmicos que ocorrem na atmosfera, os quais agem mecanicamente sobre os oceanos tropicais redistribuindo as anomalias de TSM. Estas, por sua vez, através dos fluxos de calor (evaporação, processos convectivos, formação de nuvens, etc.) forçam, simultaneamente, a atmosfera e provocam mudanças no campo de vento em baixos níveis. Tais mecanismos de realimentação, sob certas condições, produzem instabilidades no sistema acoplado (RI PRO06, 2007).

O fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) é um exemplo da manifestação dessa instabilidade, podendo ser definido como um fenômeno de escala global, associado a um forte

acoplamento oceano-atmosfera, que se manifesta sobre o Oceano Pacífico Tropical. Tal fenômeno consiste de uma componente oceânica - o El Niño ou La Niña - e uma componente atmosférica - a Oscilação Sul - representada pela diferença entre a pressão ao nível do mar entre o Pacífico Central (Taiti) e o Pacífico do Oeste (Darwin/Austrália) (RI PRO06, 2007).

Durante a ocorrência do fenômeno El Niño, as interações oceano-atmosfera de grande escala que se processam no Oceano Pacífico Tropical provocam modificações na circulação geral da atmosfera, isto é, na Célula de Walker, gerando mudanças nos padrões de circulação e precipitação, que podem desencadear adversidades climáticas (secas, enchentes, temperaturas altas, etc.) em diversas regiões continentais ao redor do globo (RI PRO06, 2007).

Na região dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, o destaque fica para os seguintes sistemas atmosféricos de grande escala: i) Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); ii) El Niño-Oscilação Sul (ENSO); iii) Dipolo do Atlântico; iv) Alta da Bolívia (AB) e v) Linhas de Instabilidade (LI).

A ZCIT é uma feição meteorológica caracterizada por uma região de precipitação, que oscila entre as latitudes de 14° N até 2° S ao longo do ano (Uvo & Nobre, 1989; Ferreira, 1996). Sua migração acompanha a zona de baixa pressão equatorial, conforme ilustrado na Figura 5.1.1-5. Durante os meses de março e abril a ZCIT atinge sua posição mais ao sul, provocando chuvas na região Norte do Brasil. Em anos chuvosos, a ZCIT desloca-se até 5° S e em anos de seca, permanece no Hemisfério Norte, inibindo a formação de chuvas no Nordeste brasileiro.

O El Niño é um fenômeno global periódico do sistema acoplado oceano-atmosfera. Sua intensidade é variável e exerce grande influência sobre a região equatorial. O fenômeno está ligado ao aquecimento das águas superficiais no Pacífico Tropical e conseqüentes mudanças na dinâmica atmosférica, como diminuição da pressão atmosférica, aumento da evaporação e mudança dos ventos alíseos no Pacífico (Aragão, 1997).

As alterações sofridas no clima das regiões Norte e Nordeste do Brasil são principalmente devidas à modificação da célula de Walker, já que essas regiões ficam sob a ação do ramo descendente dessa célula (Cavalcanti, 1996). O ENSO causa movimentos descendentes anômalos, que inibem a formação de nuvens e reduzem a precipitação nessa região. Além disso, nos anos de atuação de El Niño, a ZCIT situa-se anormalmente mais ao norte da sua posição normal sobre o Atlântico tropical. Conseqüentemente, os ventos alíseos de NE enfraquecem (Fisch, 1996).

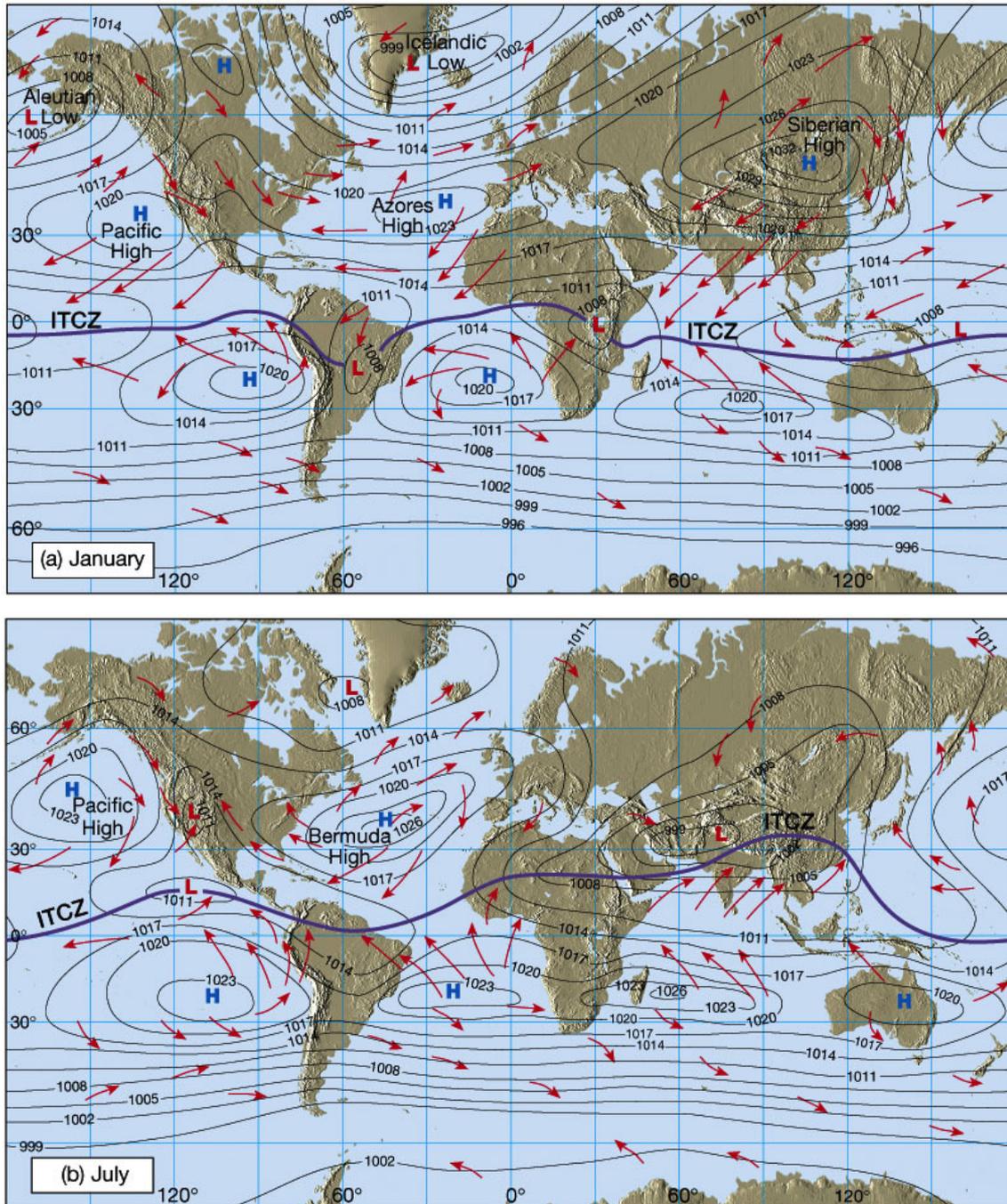
De 1990 a 1994 a influência do ENSO provocou um extenso período de seca no Nordeste brasileiro. Em 1992 anomalias de precipitação na estação chuvosa na região norte do Nordeste brasileiro foram detectadas e associadas à fraca intensidade da ZCIT (Fisch, 1996). Nos anos de

1925-26, 1976-77 ou 1982-83, o El Niño foi intenso e a precipitação do verão foi mais baixa que nos anos normais sobre o norte da Amazônia, resultando em baixos níveis de água dos Rios Negro e Amazonas (Fisch, 1996).

A Alta da Bolívia (AB), um anticiclone que ocorre na alta troposfera (200 hPa) no verão sobre a América do Sul, pode intensificar a convecção na região frontal, com a divergência em altitude ajudando nesse processo. Durante a época de inverno, ocorre a desintensificação da AB, com o seu completo desaparecimento (Gusmão, 1996). A localização geográfica da AB possui variação intrasazonal e inter anual, associado com a convecção na Amazônia. Fisch (1996) observou que, durante anos menos chuvosos na região Amazônica, os centros da AB eram menos intensos e na ocorrência de El Niño a AB localiza-se, em geral, à oeste de sua posição climatológica.

O Dipolo do Atlântico, causador de mudanças anômalas na temperatura da água do oceano Atlântico Tropical, tem influência na circulação de Hadley, diminuindo ou aumentando a precipitação no Nordeste do Brasil.

As Linhas de Instabilidade (LI) são caracterizadas por possuírem grandes conglomerados de nuvens cumulonimbus e são formadas devido à circulação de brisa marítima. As LI são um dos sistemas atmosféricos atuantes na área leste do Pará e que contribuem com 45% da chuva durante o período chuvoso. Posiciona-se ao sul da ZCIT, sendo o período de maior ocorrência a época em que a ZCIT encontra-se mais organizada (Fisch, 1996).



**Figura 5.1.1-5.** Posicionamento da ZCIT no verão do hemisfério sul (a) e no inverno do hemisfério sul (b). Fonte: <http://www.ux1.eiu.edu/~cfjps/1400/circulation.html>.

#### d) Aspectos Metodológicos

Para a caracterização meteorológica da região da Bacia Pará-Maranhão, e também, mais especificamente, dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, foram utilizados dados de diversas fontes:

Normais climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação de São Luis (MA);

Dados de ventos, temperatura do ar, precipitação, pressão atmosférica e umidade específica das Reanálises do NCEP/NCAR (*National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research*);

Dados de vento do Projeto SONDA (Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Dados bibliográficos existentes para a região.

As normais climatológicas obtidas no INMET fornecem médias mensais de parâmetros meteorológicos de um determinado local pelo período de 30 anos, caracterizando a distribuição dos dados dentro de uma faixa de incidência habitual. Conforme dito anteriormente, serão apresentadas as normais climatológicas obtidas na estação de São Luis (situada nas coordenadas 2º 31' 48" S e 44º 13' 12" W), para os períodos de 1931 a 1960 e 1961 a 1990, perfazendo um total de 60 anos.

Os dados do NCEP foram obtidos do ponto de grade mais próximo aos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, com resultados a cada 6 horas, de janeiro de 1979 a dezembro de 2008, compreendendo 43.828 dados.

A localização das estações meteorológicas do INMET é apresentada na Figura 5.1.1-6, a posição do ponto de grade do NCEP utilizado para a análise pontual pode ser verificada na Figura 5.1.1-7, a localização dos pontos do NCEP utilizados para análise espacial na Figura 5.1.1-8. Na Figura 5.1.1-9, pode ser vista a localização do aeroporto de São Luís-MA, de onde foram extraídos os dados do Projeto SONDA.

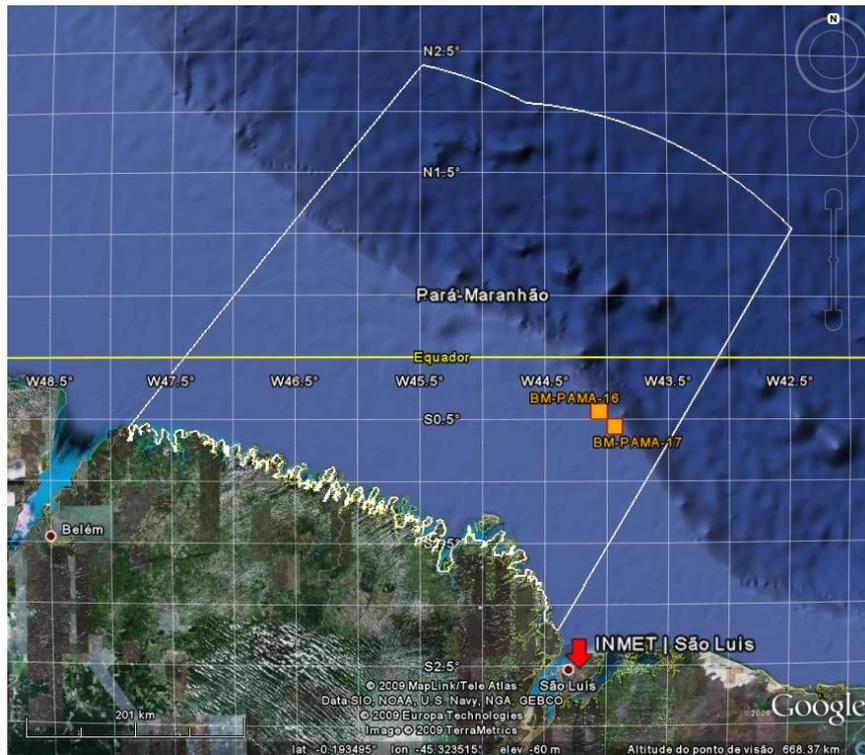


Figura 5.1.1-6. Localização da estação meteorológica do INMET localizada na cidade de São Luís (MA).

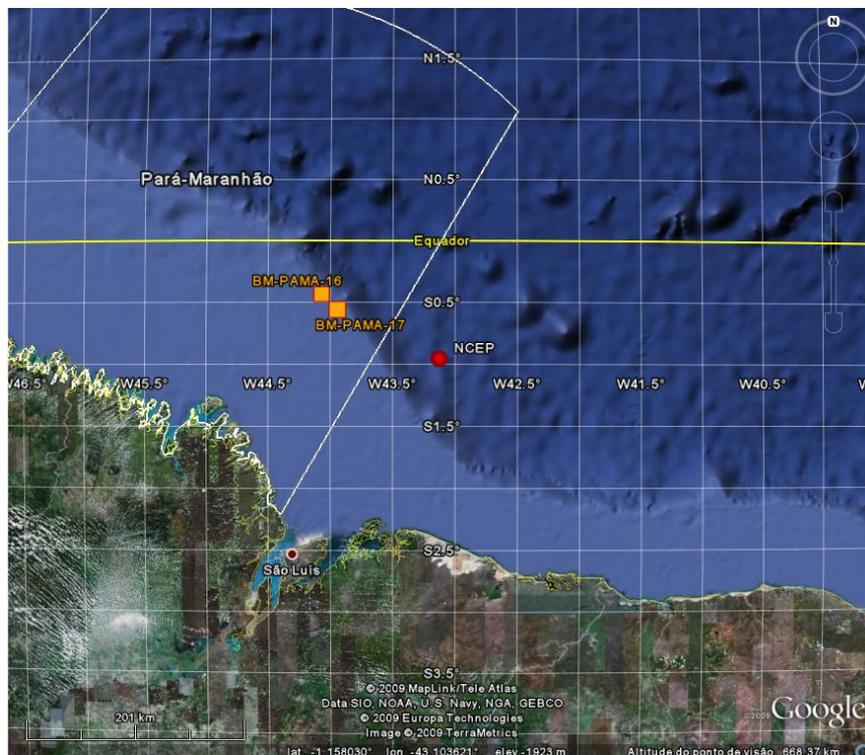


Figura 5.1.1-7. Localização do ponto de grade do NCEP utilizado para as análises pontuais.

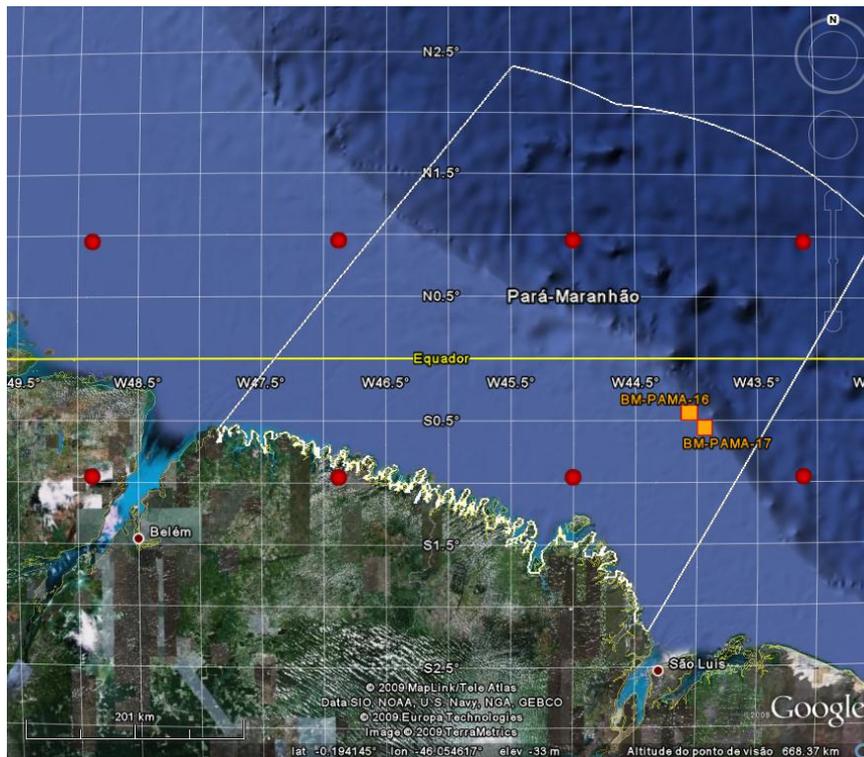


Figura 5.1.1-8. Localização dos pontos de grade do NCEP utilizados para a análise espacial.

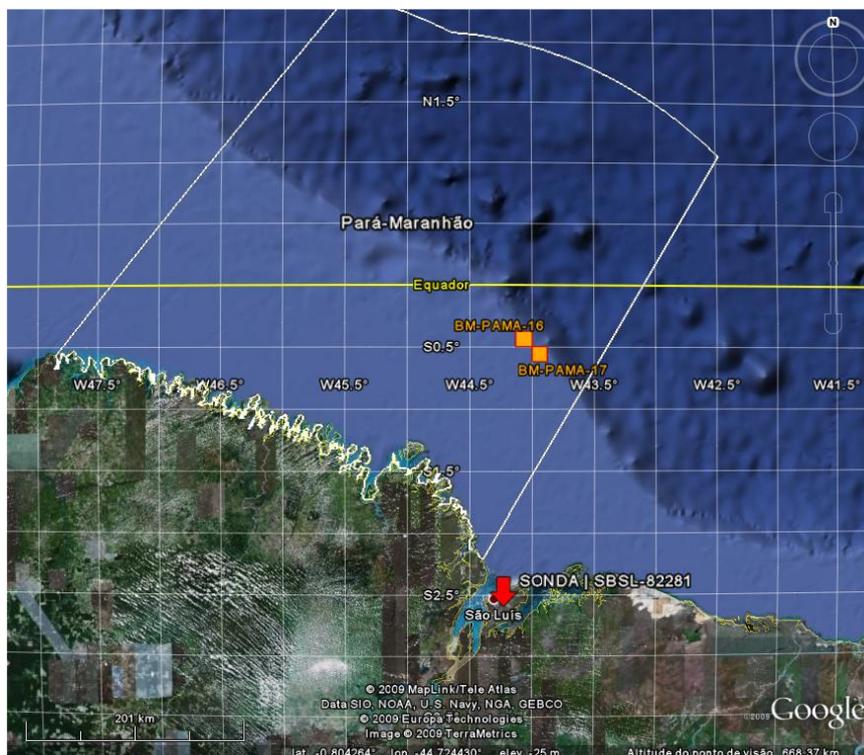


Figura 5.1.1-9. Localização do aeroporto de São Luís com dados do projeto SONDA.

No Quadro 5.1.1-1 observa-se um resumo com as fontes de dados utilizadas no estudo e suas respectivas localizações.

**Quadro 5.1.1-1.** Localização das fontes de dados utilizadas.

FONTES	COORDENADAS		PARÂMETROS
	LATITUDE	LONGITUDE	
INMET (São Luís)	2° 31' 48" S	44° 13' 12" W	TA, P, E, UR, PA
NCEP (pontual)	0° 57' 8" S	43° 7' 30" W	V
NCEP (área)	0° 57' 8" S - 0° 57' 8" N	41° 15' W - 48° 45' W	V
NCEP (área)	3° S - 3° N	39° W - 51° W	TA, P, UR, PA
SONDA	2° 36' S	44° 13' 48" W	V

Legenda: TA = Temperatura do Ar; P = Precipitação; E = Evaporação; UR = Umidade Relativa; PA = Pressão Atmosférica; V = Ventos.

## e) Caracterização Meteorológica

### ◆ Temperatura do ar e do mar

Na estação de São Luís, a média mensal de temperatura (Figura 5.1.1-10) variou de 25,7 a 27,3 °C, no intervalo entre 1961 e 1990. A partir do mês de julho (mais frio), a temperatura média sofre uma elevação gradativa até encontrar seu ápice no mês de novembro (27 °C no período de 1961 a 1990 e 27,3 °C no período de 1931 a 1960). Nos meses seguintes a temperatura volta a cair, e os meses entre fevereiro e julho são os mais frios, com temperaturas médias máximas de 26,4 °C.

A temperatura máxima (Figura 5.1.1-11) em São Luís apresenta uma curva semelhante à de temperatura média, porém com menores valores (29,4 °C) nos meses de fevereiro e março, e maiores em novembro (31,4 °C). Os valores mais baixos de temperatura mínima (Figura 5.1.1-12) ocorrem em julho (~22,7 °C). A temperatura máxima absoluta (Figura 5.1.1-13) registrada nos 60 anos foi de 34,8 °C, em novembro, e a mínima (Figura 5.1.1-14) de 17,9 °C foi registrada em março.

Os gráficos climatológicos de temperatura indicam que o período de 1931 a 1960 foi ligeiramente mais quente (~ 0,6 °C) que o período compreendido entre os anos de 1961 e 1990.

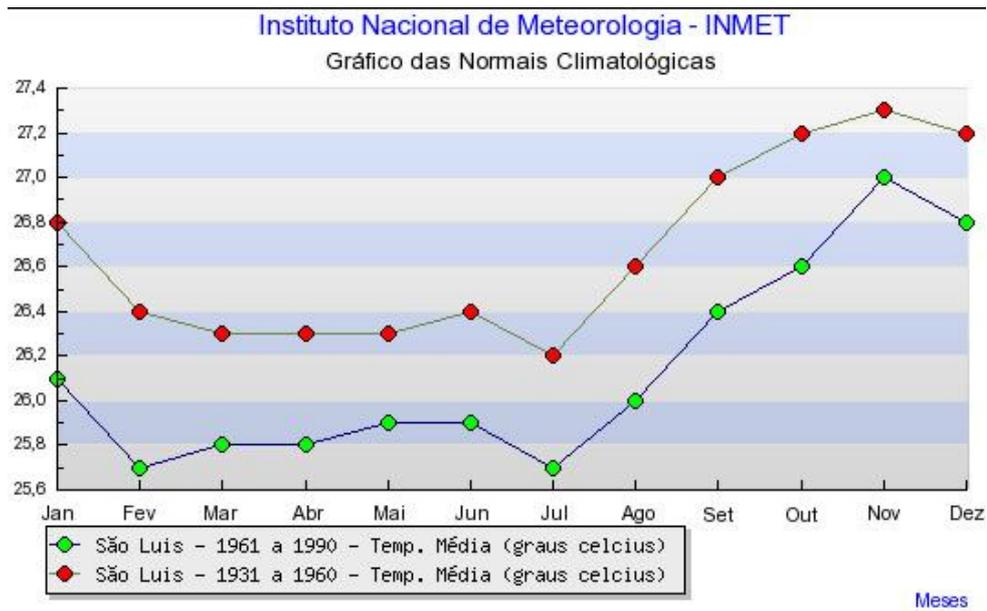


Figura 5.1.1-10. Temperatura média na estação de São Luís. Fonte: INMET.

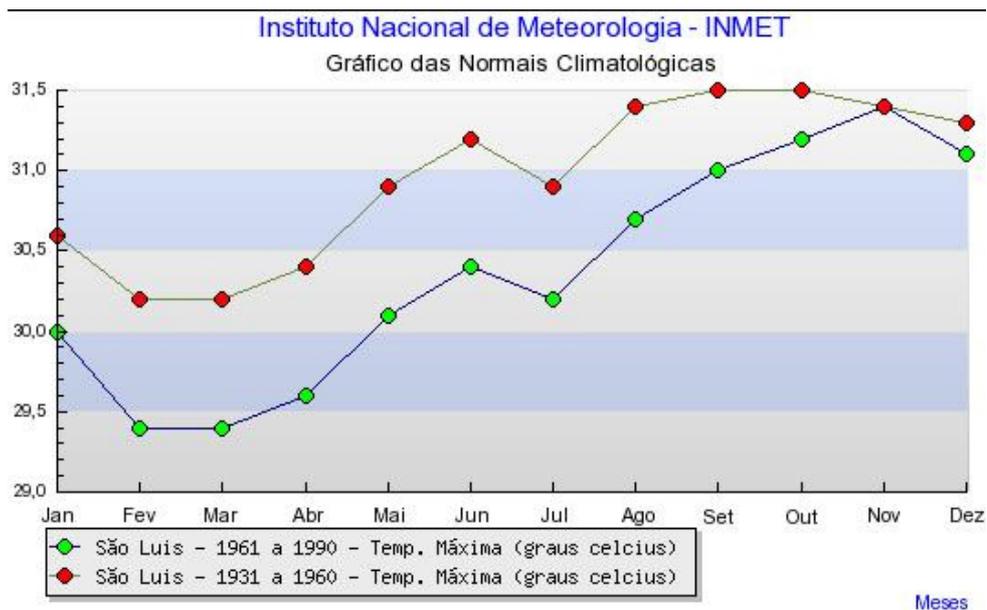


Figura 5.1.1-11. Temperatura máxima na estação de São Luís. Fonte: INMET.

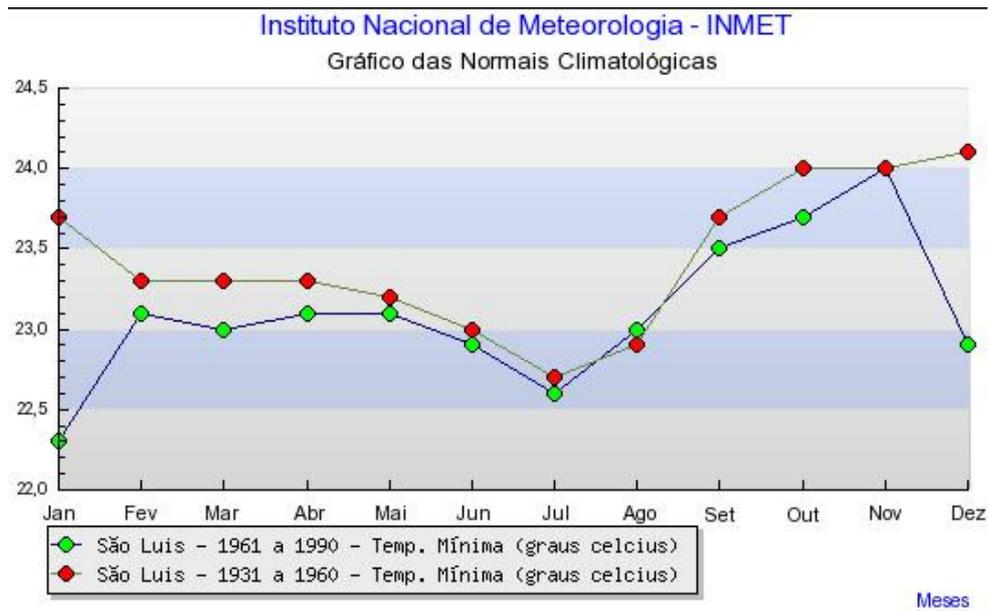


Figura 5.1.1-12. Temperatura mínima na estação de São Luís. Fonte: INMET.

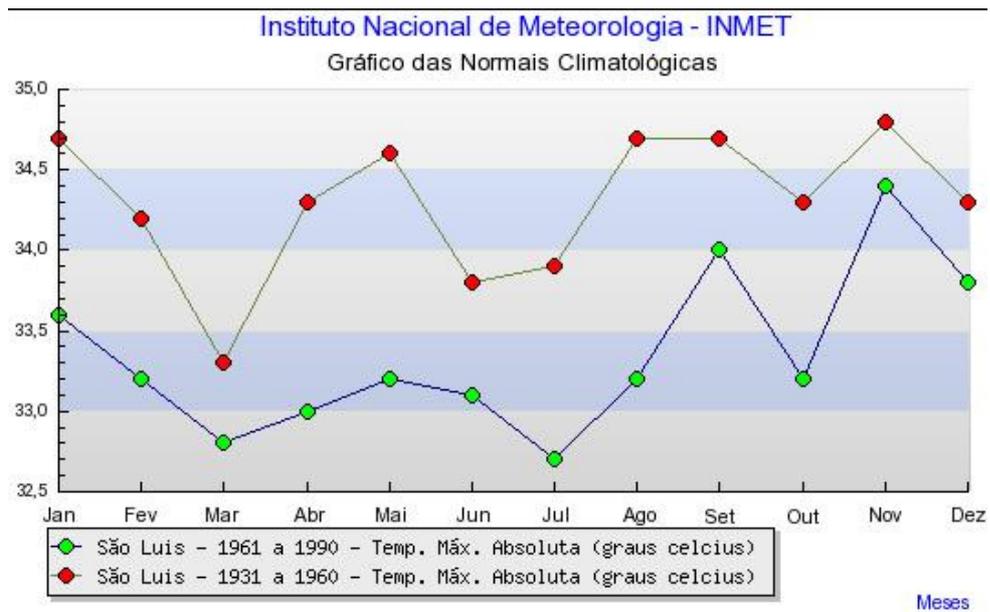
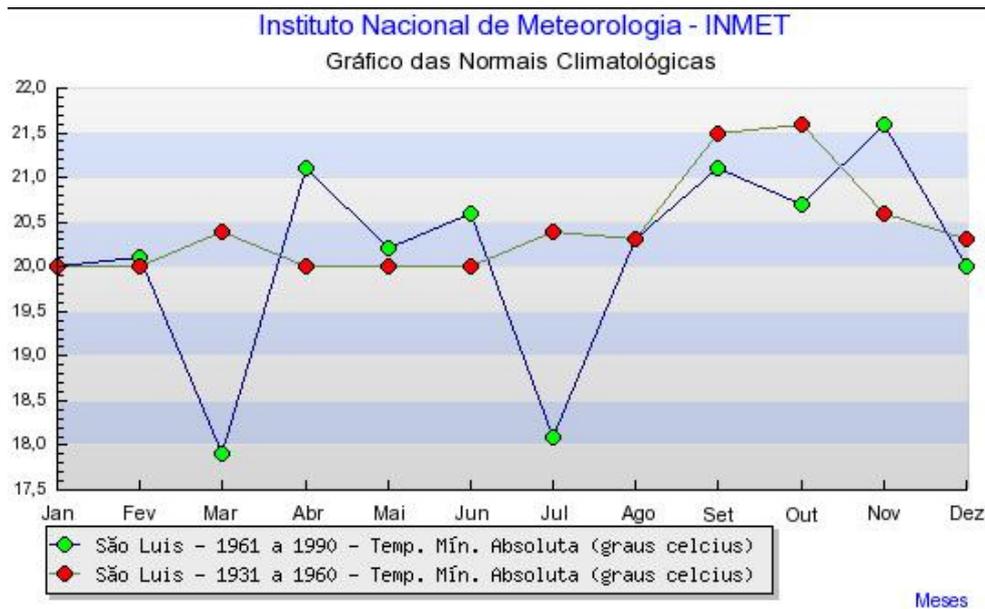


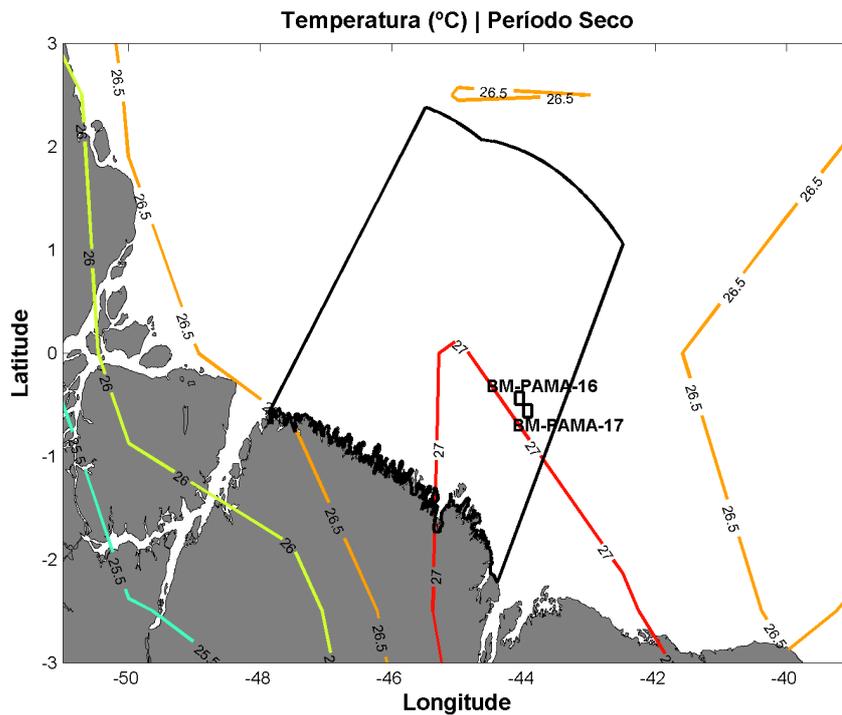
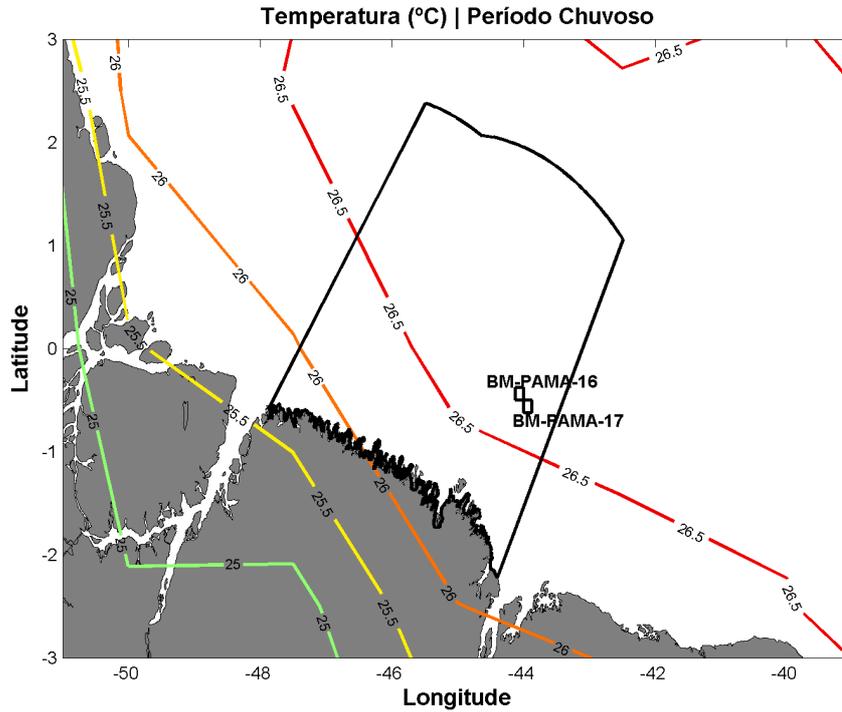
Figura 5.1.1-13. Temperatura máxima absoluta na estação de São Luís.  
Fonte: INMET.



**Figura 5.1.1-14.** Temperatura mínima absoluta na estação de São Luís.  
Fonte: INMET.

Para avaliação das variações espaciais e sazonais da temperatura do ar na região da Bacia Pará-Maranhão, são apresentadas, na Figura 5.1.1-15, médias sazonais dos dados de temperatura do ar a 2 m de altitude, obtidos das Reanálises do NCEP.

A Figura 5.1.1-15 mostra que, durante o período chuvoso (janeiro a junho) a temperatura média na região dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17 está em torno de 26,5 °C, com as temperaturas mais baixas na Bacia Pará-Maranhão sendo encontradas próximo ao continente. No período seco, a temperatura na região dos blocos se encontra entre 26,5 e 27°C.

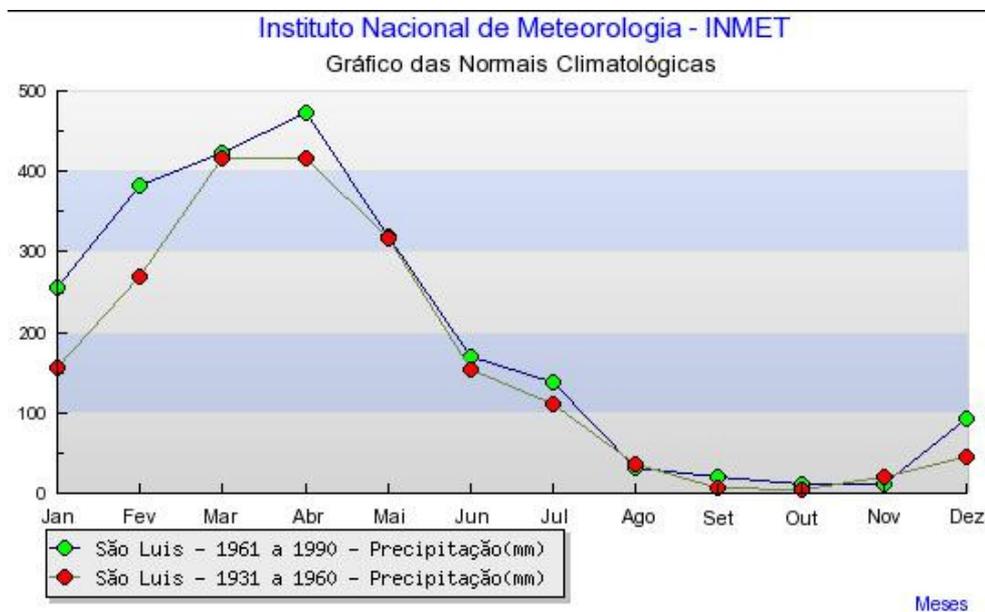


**Figura 5.1.1-15.** Temperatura do ar na Bacia Pará-Maranhão, acima: durante o período chuvoso (janeiro a junho) e abaixo: durante o período seco (julho a dezembro).  
Fonte: NCEP.

## ◆ Precipitação

Em regiões tropicais, a precipitação reflete as características e comportamento de outros parâmetros, tais como temperatura, umidade relativa e regime de ventos.

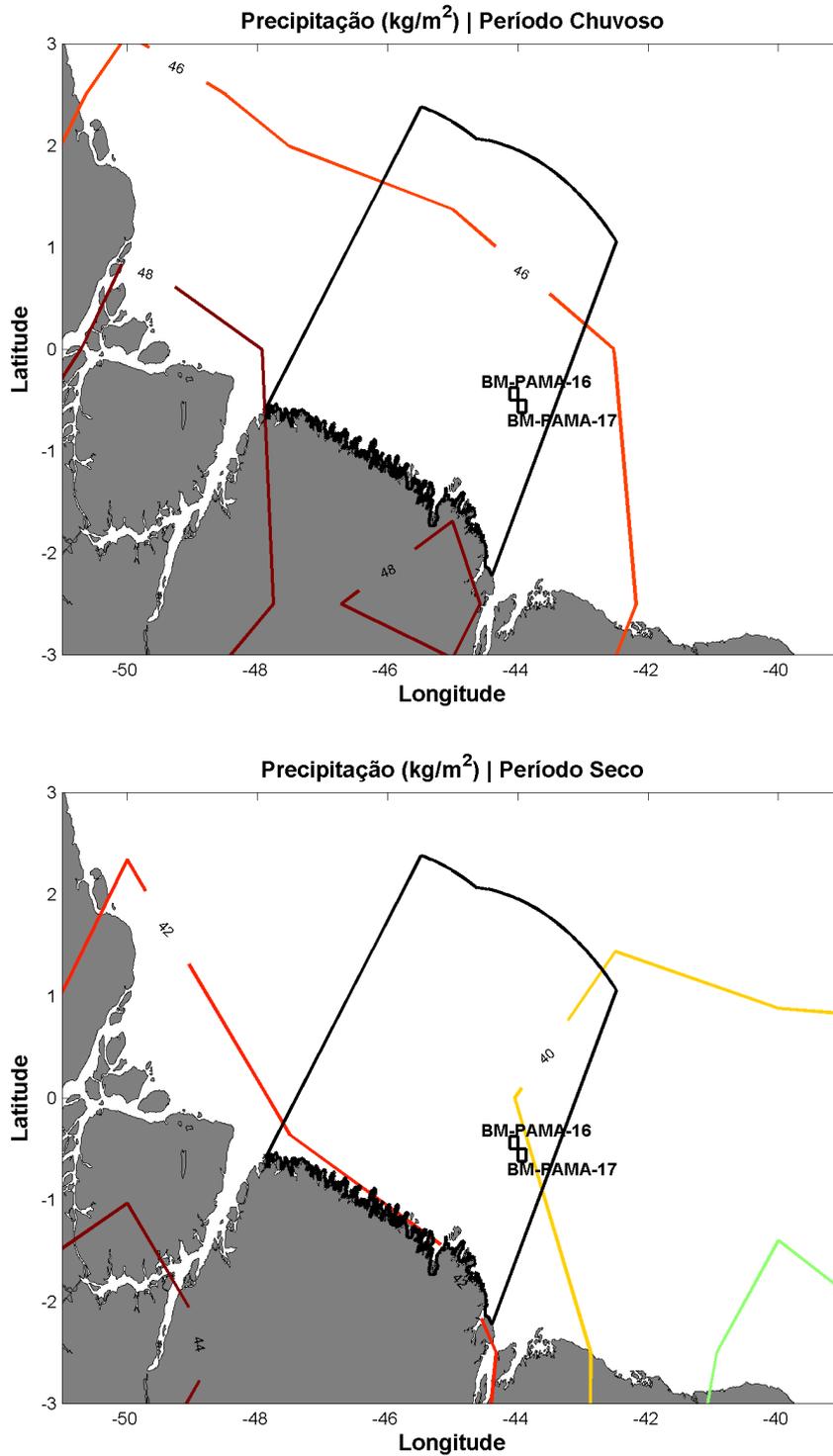
Na cidade de São Luís-MA, como pode ser observado na Figura 5.1.1-16, o período de maior precipitação (chuvoso) está situado entre janeiro e julho, com um pico de aproximadamente 475 mm ocorrendo no mês de abril. Entre os meses de julho e dezembro (período seco), o nível de precipitação é mais baixo e estável, com valores entre 0 e 50 mm.



**Figura 5.1.1-16.** Precipitação na estação de São Luís. Fonte: INMET.

Para avaliação das variações espaciais e sazonais da precipitação na região da Bacia Pará-Maranhão, são apresentadas, na Figura 5.1.1-17, médias sazonais dos dados de precipitação, obtidos a partir das Reanálises do NCEP.

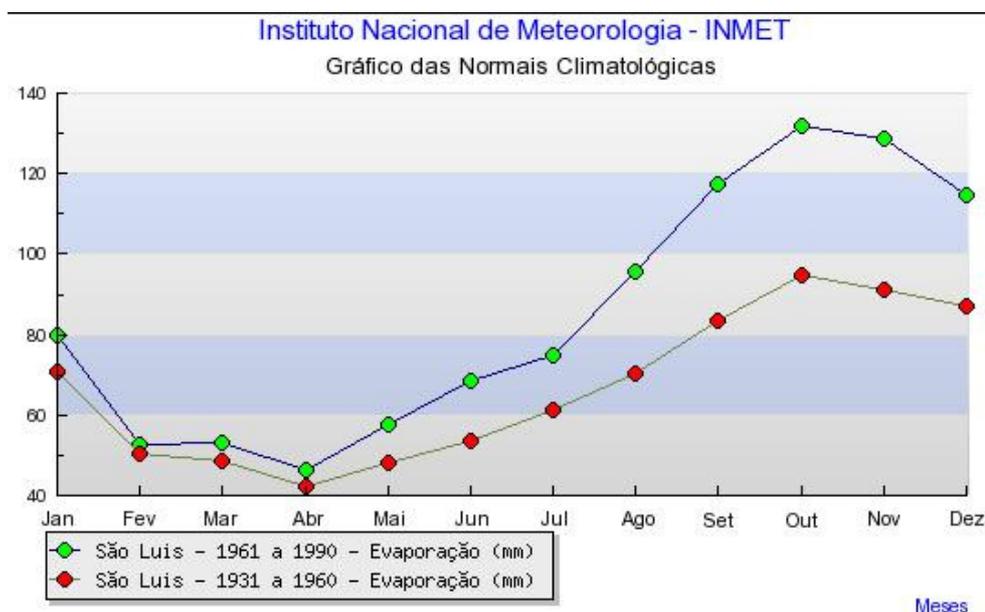
Assim como demonstrado pelas normais climatológicas do INMET (Figura 5.1.1-16), fica evidente a ocorrência de dois períodos bem marcados, um chuvoso e um seco. No período chuvoso (Figura 5.1.1-17), que vai de janeiro a junho, a taxa de precipitação nas proximidades dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17 está entre 46 e 48 kg.m<sup>-2</sup>. Na estação seca (Figura 5.1.1-17), que vai de julho a dezembro, a precipitação na região de estudo se encontra entre 40 e 42 kg.m<sup>-2</sup>.



**Figura 5.1.1-17.** Precipitação ( $\text{kg.m}^{-2}$ ) na região da Baía Pará-Maranhão, acima: no período chuvoso (janeiro a junho) e abaixo: no período seco (julho a dezembro). Fonte: NCEP.

## ◆ Evaporação

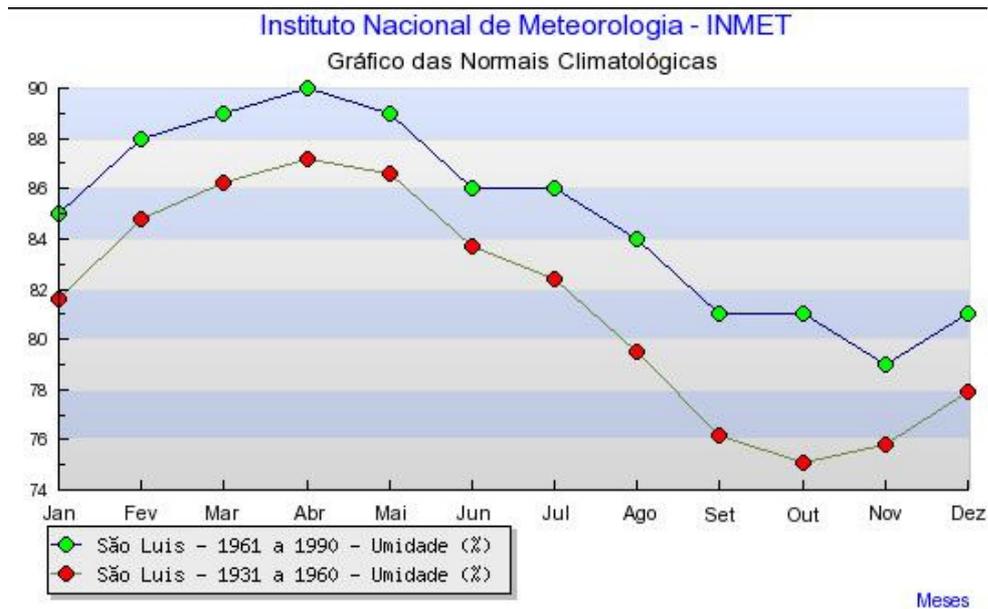
A evaporação em São Luís (MA) (Figura 5.1.1-18) apresenta comportamento inverso ao da precipitação. No período chuvoso há pouca evaporação enquanto, no período seco, esta é bem mais significativa. O mínimo de evaporação ocorre no mês de abril (~ 42 mm), e o máximo (130 mm), no mês de setembro.



**Figura 5.1.1-18.** Evaporação na estação de São Luís. Fonte: INMET.

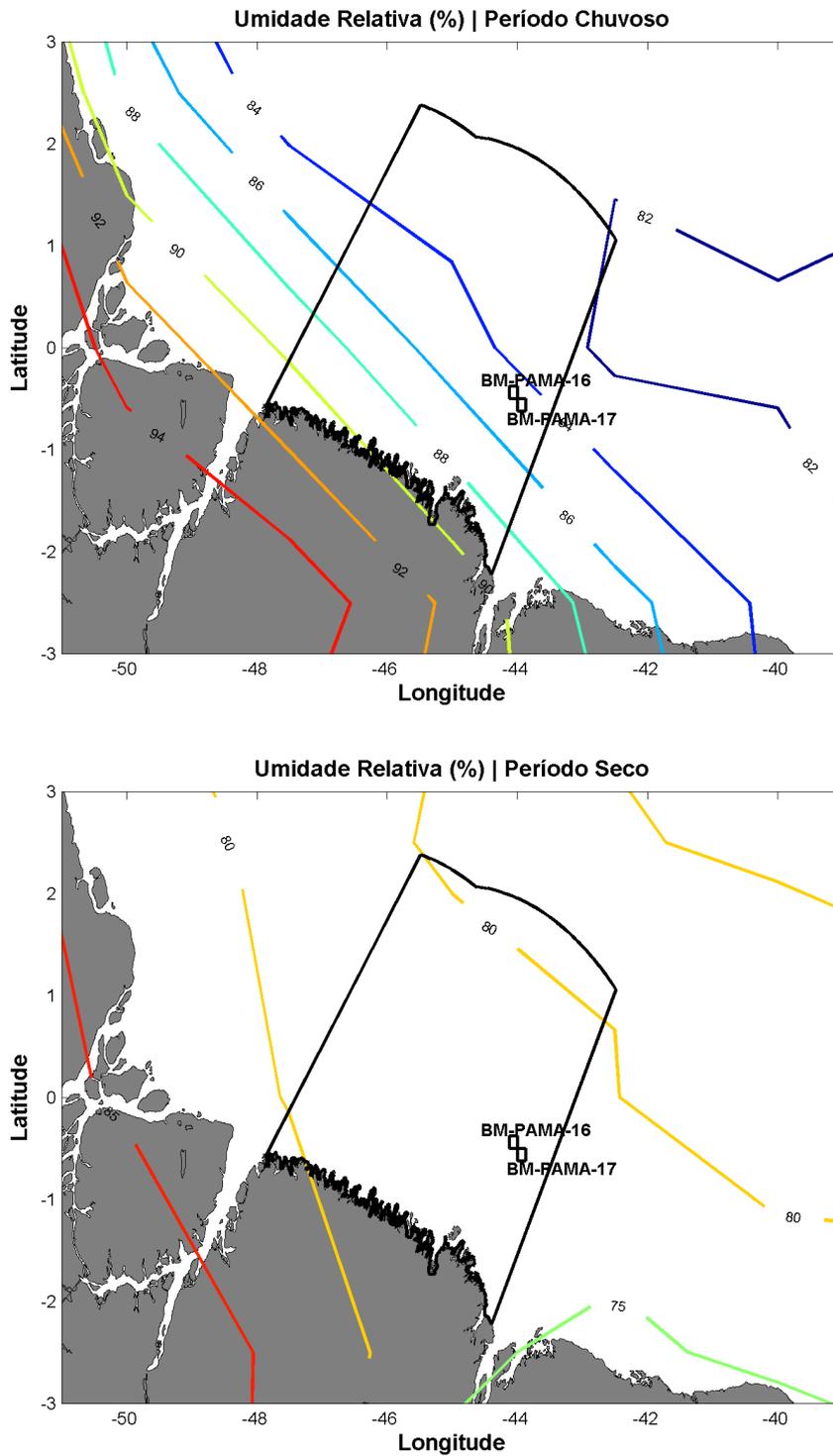
## ◆ Umidade Relativa

Como esperado, a umidade na cidade de São Luís (MA) segue o comportamento da precipitação. Na estação chuvosa (janeiro a julho) a umidade relativa é bastante significativa, com média de 90% no mês de abril. No período seco (julho a dezembro) a umidade apresenta seu mínimo (79%) no mês de novembro, valor este relativo ao período mais recente (1961 a 1990) (Figura 5.1.1-19).



**Figura 5.1.1-19.** Umidade relativa na estação de São Luís. Fonte: INMET.

Para avaliação das variações espaciais e sazonais da umidade do ar na região da Bacia Pará-Maranhão, são apresentadas, na Figura 5.1.1-19, médias sazonais dos dados de umidade relativa do ar a 2 m, obtidos a partir das Reanálises do NCEP. Durante o período chuvoso (janeiro a junho) a umidade na Bacia Pará-Maranhão varia de ~92% na porção sul/sudoeste, a 82 % ao norte/nordeste da Bacia. Na estação seca (julho a dezembro), praticamente toda Bacia se encontra com umidades próximas a 80%.



**Figura 5.1.1-20.** Umidade relativa do ar (%) na região da Bacia Pará-Maranhão, acima: no período chuvoso (janeiro a junho) e abaixo: no período seco (julho a dezembro).  
Fonte: NCEP.

◆ Pressão Atmosférica

Na estação de São Luís (MA), a pressão atmosférica (Figura 5.1.1-21) é maior no período de inverno, e menor no de verão, ambos relativos ao hemisfério sul. Durante os sessenta anos analisados o valor médio máximo foi da ordem de 1010 hPa, em julho, e o mínimo 1004 hPa em dezembro.

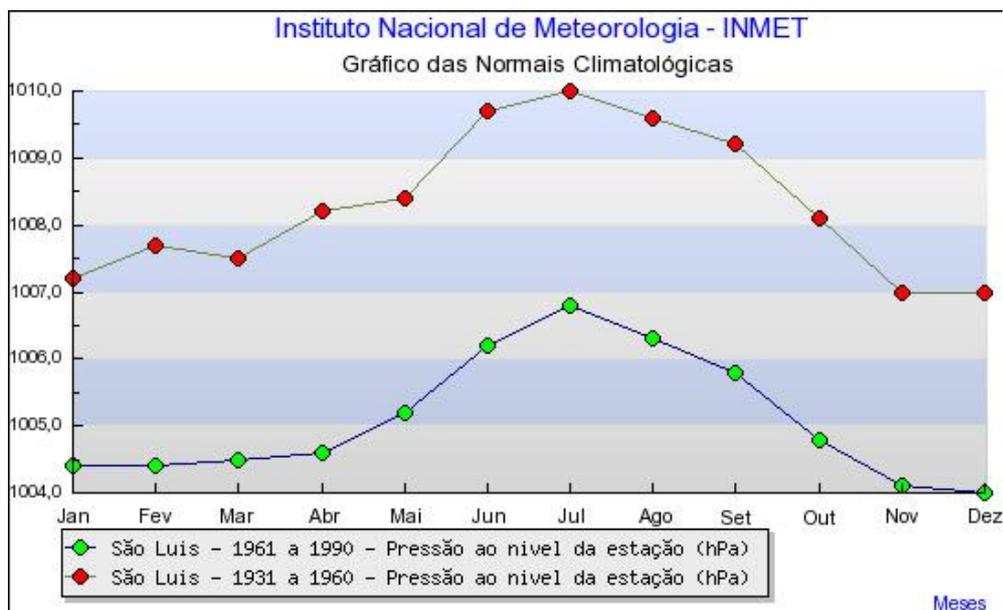
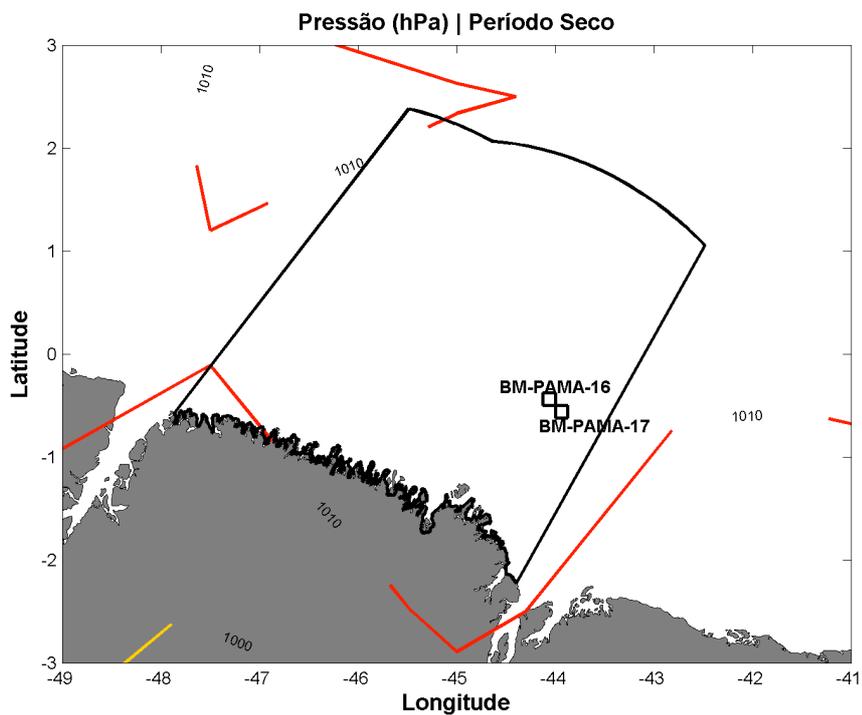
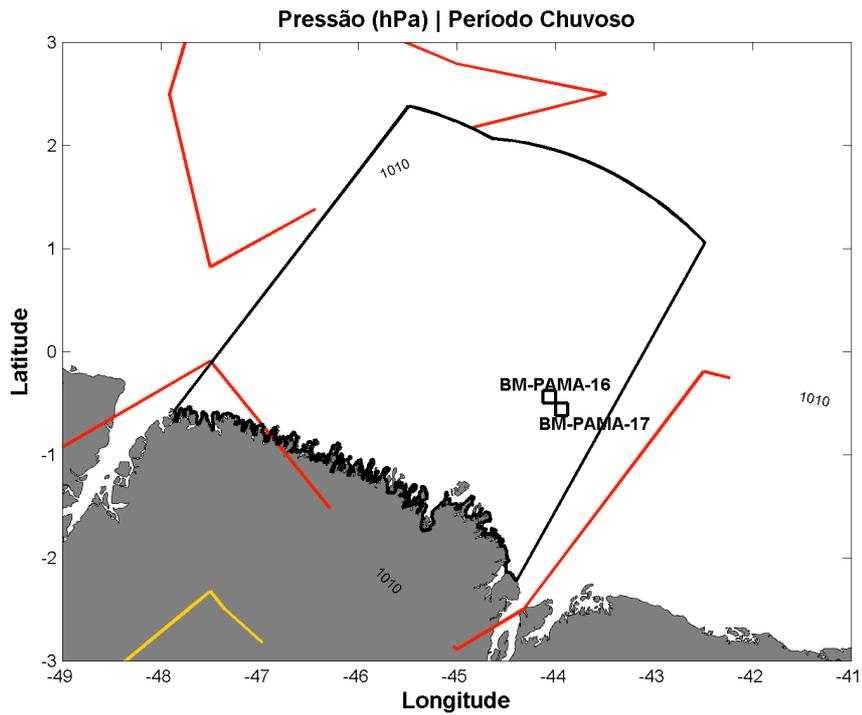


Figura 5.1.1-21. Pressão atmosférica na estação de São Luis. Fonte: INMET.

Para avaliação das variações espaciais e sazonais da pressão atmosférica na região da Bacia Pará-Maranhão, são apresentadas, na Figura 5.1.1-22, médias sazonais dos dados de pressão atmosférica, obtidos a partir das Reanálises do NCEP.

Como poderá ser verificado nas figuras apresentadas a seguir, tanto para o período chuvoso quanto para o período de seco (Figura 5.1.1-22), o padrão espacial apresentado pelo parâmetro é praticamente o mesmo.



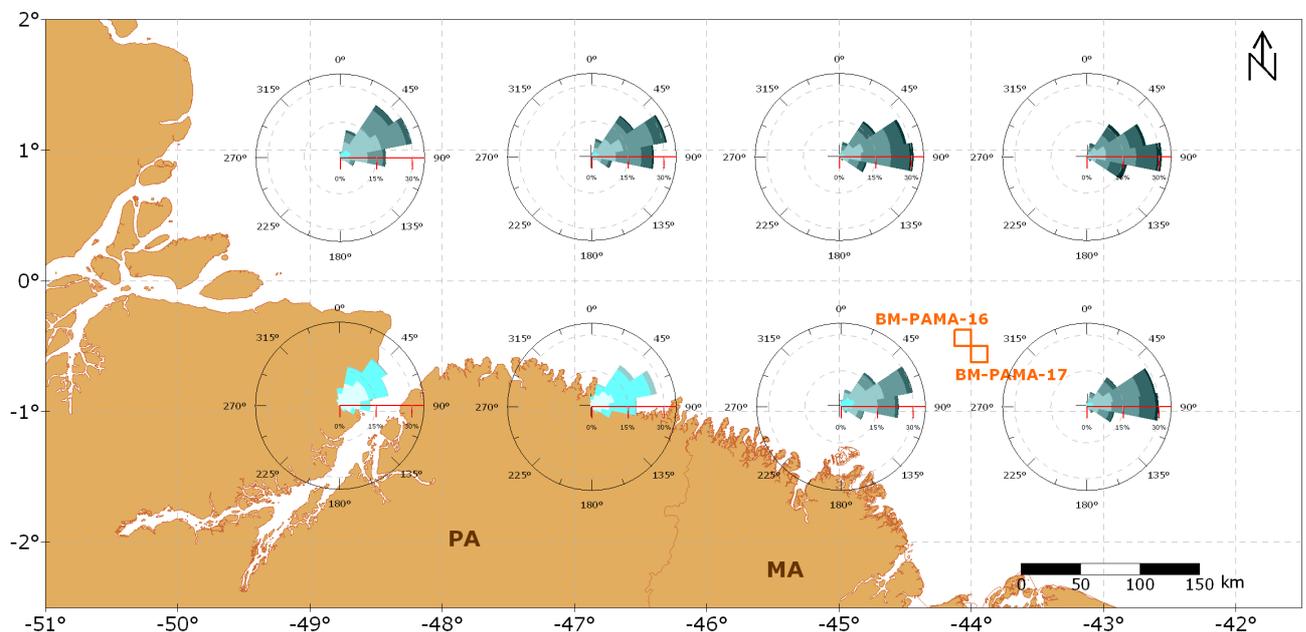
**Figura 5.1.1-22.** Pressão atmosférica (hPa) na região da Bacia Pará-Maranhão, acima: no período chuvoso (janeiro a junho) e abaixo: no período seco (julho a dezembro).  
Fonte: NCEP.

◆ Ventos

Para a caracterização dos ventos na região dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17 foram utilizados os dados da Reanálise do NCEP/NCAR, a 10 metros de altitude, do ponto de grade mais próximo ao Bloco, obtidos a cada 6 horas, de janeiro de 1979 a dezembro de 2008, compreendendo 43.828 dados.

A Reanálise do NCEP usa o estado da arte em sistemas de assimilação de dados e um banco de dados mais completo possível, abrangendo informações meteorológicas primárias das mais diversas fontes associadas aos dados do modelo atmosférico global do NCEP (Kistler *et al.*, 2001).

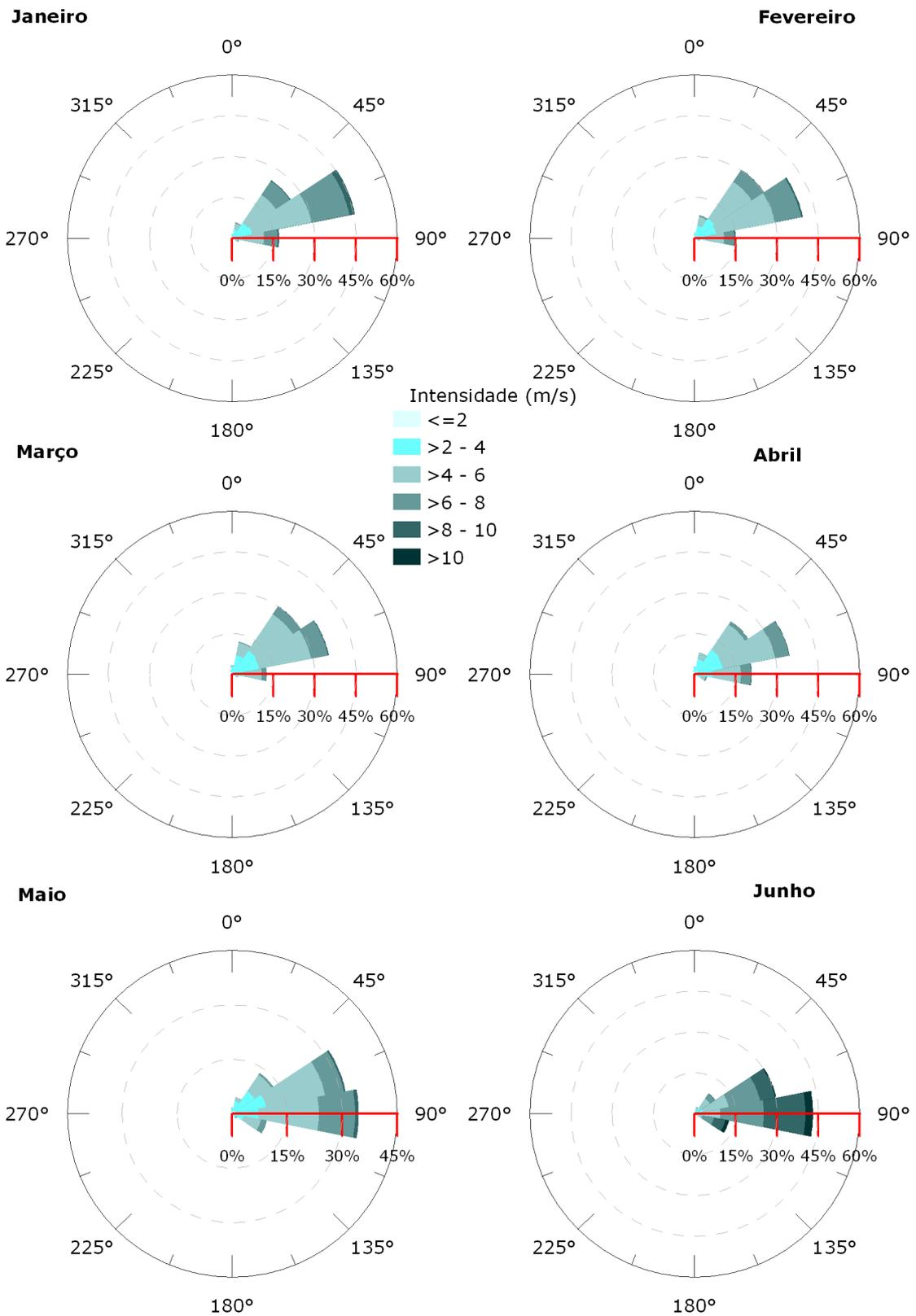
Considerando a média ao longo de todo o período de 1979 a 2008, verifica-se que os ventos de E e NE são predominantes em toda região da Baía Pará-Maranhão, como pode ser observado na Figura 5.1.1-23. Destaca-se apenas que nos pontos mais próximos ao continente, a intensidade dos ventos é menor, e que há uma maior contribuição dos ventos de nordeste na região oeste da Baía Pará-Maranhão.



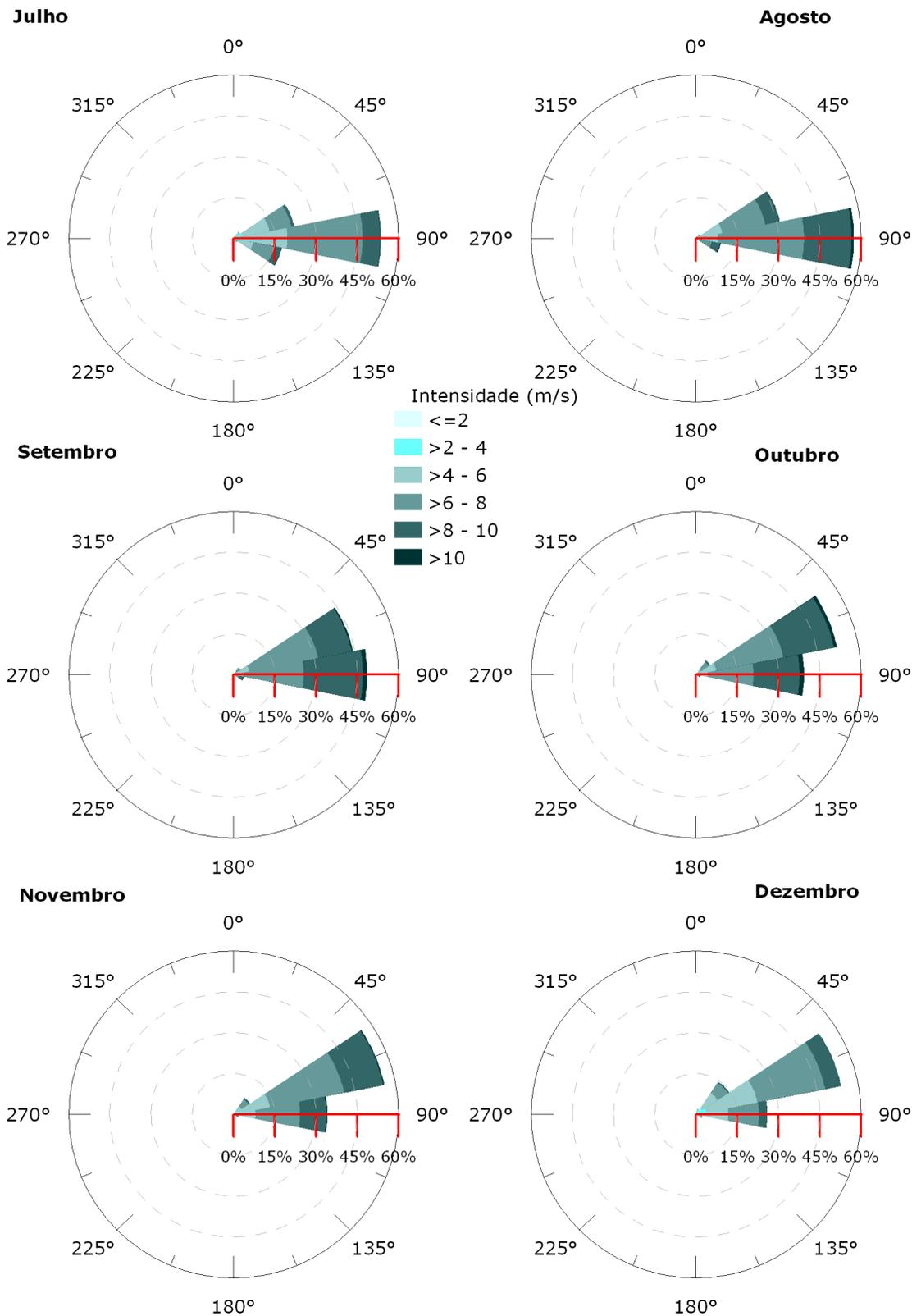
**Figura 5.1.1-23.** Histograma direcional dos ventos na região próxima aos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17. Dados de 1979 a 2008 obtidos a partir das Reanálises do NCEP.

Na Figura 5.1.1-24 e Figura 5.1.1-25 são apresentadas as rosas dos ventos mensais para o ponto de grade do NCEP mais próximo aos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17 ( $0^{\circ} 57' 8''$  S  $43^{\circ} 7' 30''$  W).

Pode-se observar a predominância total dos ventos de leste e nordeste, em todos os meses. O período de janeiro a junho (Figura 5.1.1-24) é marcado por ventos de nordeste e leste, com intensidades mais recorrentes entre  $4$  e  $6 \text{ m.s}^{-1}$ . De julho a dezembro (Figura 5.1.1-25), os ventos mantêm-se nas mesmas direções, porém, com maiores intensidades. Neste período, ventos com intensidade entre  $6$  e  $10 \text{ m.s}^{-1}$  são os mais comuns.



**Figura 5.1.1-24.** Rosa dos Ventos ( $m \cdot s^{-1}$ ) elaborada com os dados da Reanálise para os meses de janeiro a junho.



**Figura 5.1.1-25.** Rosa dos Ventos ( $m \cdot s^{-1}$ ) elaborada com os dados da Reanálise para os meses de julho a dezembro.

No Quadro 5.1.1-2 é apresentada a ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos, na área dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, usando como base os dados do NCEP para o período de 1979 a 2008.

**Quadro 5.1.1-2.** Ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos na área dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17 para o período de 1979 a 2008.

DIREÇÃO ->		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTAL	FREQ (%)
INTENSIDADE (m/s)											
0,50	3,00	517	1539	1074	268	78	63	66	167	3772	8,61
3,00	5,50	533	7012	7527	393	5	8	6	29	15513	35,39
5,50	8,00	29	4881	13461	299	0	0	2	0	18672	42,60
8,00	10,50	1	692	5026	54	0	0	0	0	5773	13,17
10,50	13,00	0	6	94	2	0	0	0	0	102	0,23
> 13,0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
TOTAL		1080	14130	27182	1016	83	71	74	196	43832	
Freq (%)		2,46	32,24	62,01	2,32	0,19	0,16	0,17	0,45		

Nos 30 anos analisados observa-se que a maior incidência (62,01%) foi de ventos de E com intensidades entre 5,50 e 8,0 m.s<sup>-1</sup> (42,60%). Os eventos com intensidades acima de 10,50 m.s<sup>-1</sup> representaram apenas 0,23 % do total de ocorrências.

A estatística mensal, apresentada no Quadro 5.1.1-3, permite identificar a variabilidade apresentada pelo vento ao longo do ano.

**Quadro 5.1.1-3.** Estatística mensal dos ventos na área dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17 para o período de 1979 a 2008. (continua...)

MESES	DIREÇÃO (°)	INTENSIDADE (m.s <sup>-1</sup> )	DESVIO PADRÃO	MÁXIMA ABSOLUTA (m.s <sup>-1</sup> )	MÉDIA Das MÁXIMAS (m.s <sup>-1</sup> )	DESVIO PADRÃO
Jan	NE	5,05	1,66	11,06	8,62	0,97
Fev	NE	4,76	1,52	9,27	7,88	0,72
Mar	NE	4,33	1,46	8,96	7,56	0,68
Abr	NE	4,22	1,52	9,61	7,50	1,01
Mai	E	4,55	1,63	9,77	8,03	0,92
Jun	E	5,19	1,60	10,20	8,57	0,85
Jul	E	6,06	1,62	10,82	9,55	0,85
Ago	E	7,10	1,40	11,49	10,32	0,59

**Quadro 5.1.1-3.** Estatística mensal dos ventos na área dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17 para o período de 1979 a 2008. (continuação)

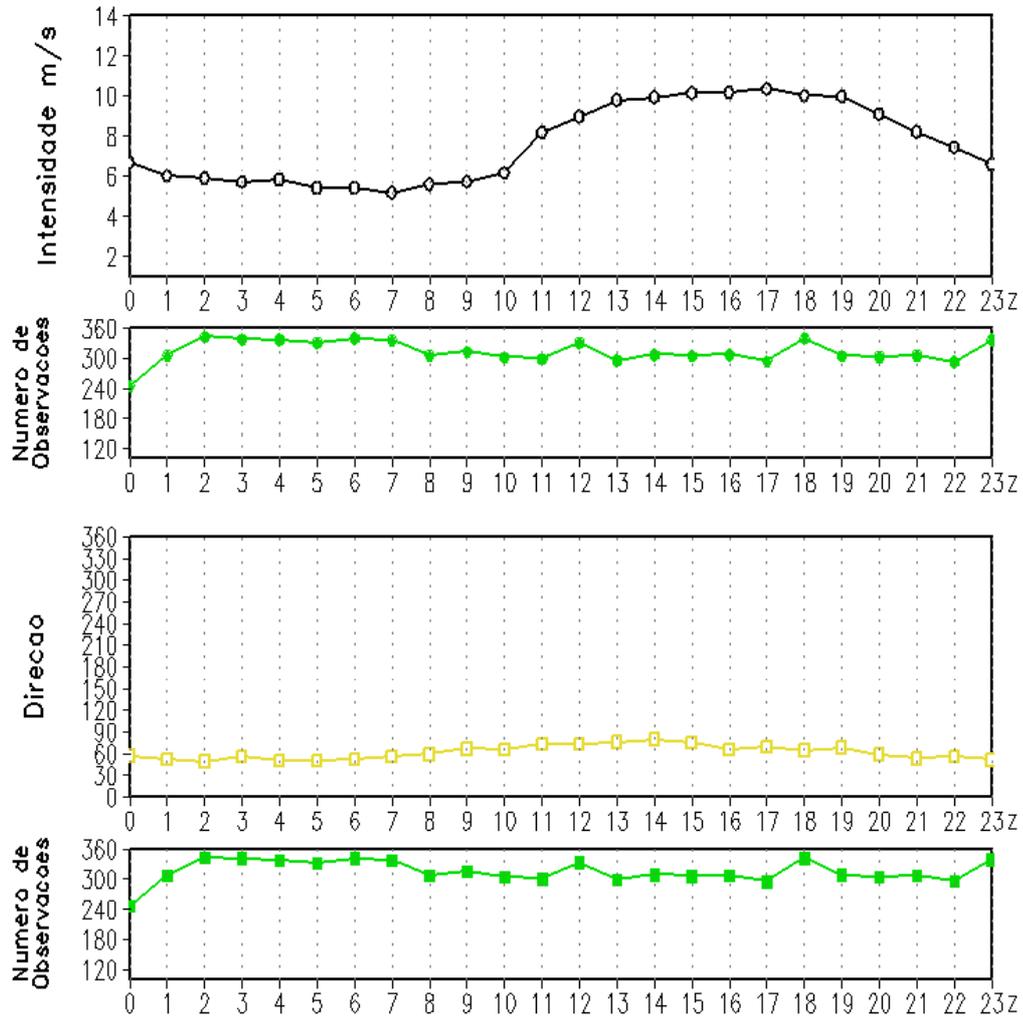
MESES	DIREÇÃO (°)	INTENSIDADE (m.s <sup>-1</sup> )	DESVIO PADRÃO	MÁXIMA ABSOLUTA (m.s <sup>-1</sup> )	MÉDIA DAS MÁXIMAS (m.s <sup>-1</sup> )	DESVIO PADRÃO
Set	E	7,53	1,32	11,83	10,49	0,62
Out	E	7,51	1,46	11,48	10,43	0,48
Nov	E	6,89	1,59	11,12	9,83	0,70
Dez	E	5,93	1,63	10,92	9,23	0,85

Observa-se que, em média, os ventos variam entre NE e E ao longo de todo o ano. Setembro aparece como o mês de maior intensidade média, 7,53 m.s<sup>-1</sup>, sendo também o mês onde ocorreu a maior máxima absoluta, com ventos de 11,83 m.s<sup>-1</sup>. O período compreendido entre janeiro e abril apresenta direção predominante NE, e no período entre maio e dezembro predominam os ventos de E.

A partir dos dados do Projeto SONDA foi possível analisar o comportamento do vento ao longo do dia. O CPTEC/INPE disponibiliza a climatologia horária do vento a 10 m de altura em aeródromos brasileiros. Para o estudo em questão foram utilizados dados do aeródromo de São Luís (MA).

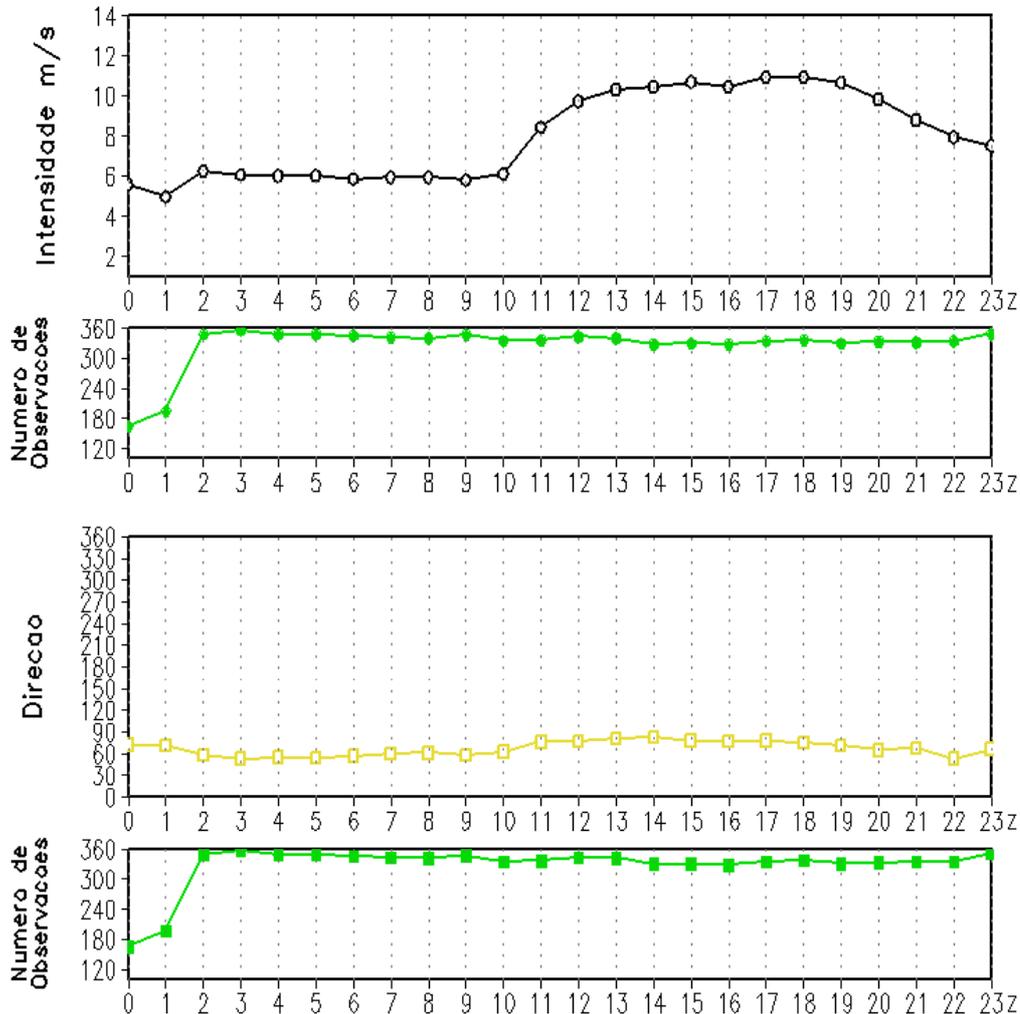
Encontram-se disponíveis as médias anuais dos anos de 2001 e 2002. A seguir são apresentadas as climatologias do aeroporto de São Luís (MA) para os anos de 2001 (Figura 5.1.1-26) e 2002 (Figura 5.1.1-27).

Medias da Intensidade e Direção do Vento - 2001  
 Estacao 82281 - SBSL



**Figura 5.1.1-26.** Climatologia horária de intensidade e direção do vento no aeroporto de São Luís no ano de 2001. Fonte: SONDA, 2008.

Medias da Intensidade e Direcao do Vento - 2002  
Estacao 82281 - SBSL



**Figura 5.1.1-27.** Climatologia horária de intensidade e direção do vento no aeroporto de São Luís no ano de 2002. Fonte: SONDA, 2008.

Pode-se verificar que, em média, não há variação da direção dos ventos ao longo do dia na região de São Luís. Durante os dois anos analisados os ventos apresentam pouca variação ao longo do dia, sempre na faixa entre 60 e 90° (NE/E). Quanto à intensidade, verifica-se que os ventos são mais intensos (~ 10 m.s<sup>-1</sup>) durante o dia, e menos intensos (~ 6 m.s<sup>-1</sup>) no período noturno.