



### **II.5.1.1 Meteorologia**

A seguir será apresentada uma descrição das condições meteorológicas vigentes na região do Bloco BC-10, na Bacia de Campos, RJ, atendendo às exigências do Termo de Referência emitido pelo Escritório de Licenciamento de Petróleo e Nuclear do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis (ELPN/IBAMA).

#### **II.5.1.1.1 Caracterização dos Dados**

Para a caracterização meteorológica da região do Bloco BC-10, foram utilizados dados de fontes diversas: do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) da Marinha do Brasil, do Centro de Previsão de Tempo e Clima (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e das reanálises do NCEP/NCAR (*National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research*).

Os dados do INMET foram obtidos das Normais Climatológicas, que 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. Serão apresentadas as normais climatológicas obtidas da estação mais próxima à região do bloco (estação de Vitória), situada nas coordenadas 20° 19' 10" S e 040° 20' 16" W, para os períodos de 1931 a 1960 e 1961 a 1990, perfazendo um total de 60 anos.

Os dados do BNDO foram coletados no período de 1958 a 2002 na região adjacente ao Bloco BC-10. Tais dados são coletados ao longo da rota dos navios, não havendo uma regularidade nas frequências, temporal e espacial, de amostragem. No entanto, a análise destes dados permite caracterizar sazonalmente a variação do parâmetro em questão, desde que existam em um volume representativo, como é o caso do período aqui analisado.

A base de dados conhecida como Reanálises do NCEP foi originada de uma cooperação entre o próprio NCEP e o *National Center for Atmospheric Research* (NCAR), com intuito de produzir inicialmente uma rede de 40 anos de dados meteorológicos globais com base nas análises dos campos atmosféricos (KALNAY et al., 1996). Posteriormente, esse projeto foi ampliado para uma janela de tempo de 50 anos (KISTLER et al., 2001), mantendo-se até hoje.

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).

Os dados do NCEP/NCAR correspondem a uma série de 21 anos no período de 1983 a 2003, para a latitude de 21° 54' 15" e longitude de 39° 22' 30" W. Estes, são largamente utilizados pela comunidade científica, sendo portanto adequados



para utilização em estudos dessa natureza. Os dados primários para produzir as reanálises são de diferentes origens:

- a) Dados globais de radiossondas;
- b) Dados da superfície do mar obtidos através do projeto COADS (*Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set*) no período de 1983 a 1996 (13 anos), originados de diversas fontes, dentre elas, observações de navios, bóias fixas, bóias móveis e estações oceânicas próximas à superfície;
- c) Dados aéreos, originados de observações por aeronaves em todo o globo, geralmente associados a projetos como: o GARP (*Global Atmospheric Research Program*) e o GATE (*Global Atlantic Tropical Experiment*), por exemplo;
- d) Dados de satélite que começaram a ser obtidos em 1967, através de diversos programas. Atualmente, o NCEP/NCAR utiliza dados fornecidos pelo projeto *Operational Vertical Sounder System* (TOVS), com variáveis em três dimensões, cuja resolução espacial média é de 2,5 graus;
- e) Dados de vento em superfície, obtidos pelo sensor espacial Microwave/Imager (SSM/I) a partir de 1987, submetidos ao tratamento feito pela rede neural de KRANSNOPOLSKY *et al.* (1995) apud KALNAY *et al.* (1996);
- f) Dados de cobertura de nuvem obtidos por estimativas dos dados de Satélites Meteorológicos Geoestacionários (SMG). Esses dados estão disponíveis desde 1978.

Todos os dados utilizados nas reanálises passam por um rigoroso controle de qualidade e recebem um tratamento diferenciado, de acordo com a forma de obtenção. Utilizando-se técnicas de interpolação espaço-temporal, que levam em consideração não somente a estatística como também a dinâmica dos fenômenos meteorológicos (análise objetiva), esses dados são dispostos em matrizes com resolução espacial de 2,5 graus, cobrindo todo o globo. As reanálises são gratuitamente disponibilizadas na Internet para a comunidade científica.

Foram ainda analisados os dados de frequência de passagem de sistemas frontais da Climanalise do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional Pesquisas Espaciais (INPE).

Nos itens a seguir são apresentadas as análises dos parâmetros meteorológicos de maior interesse para essa caracterização, a saber:

- Direção e velocidade dos ventos.
- Temperatura da superfície.
- Umidade específica.
- Evaporação.
- Precipitação.
- Insolação.

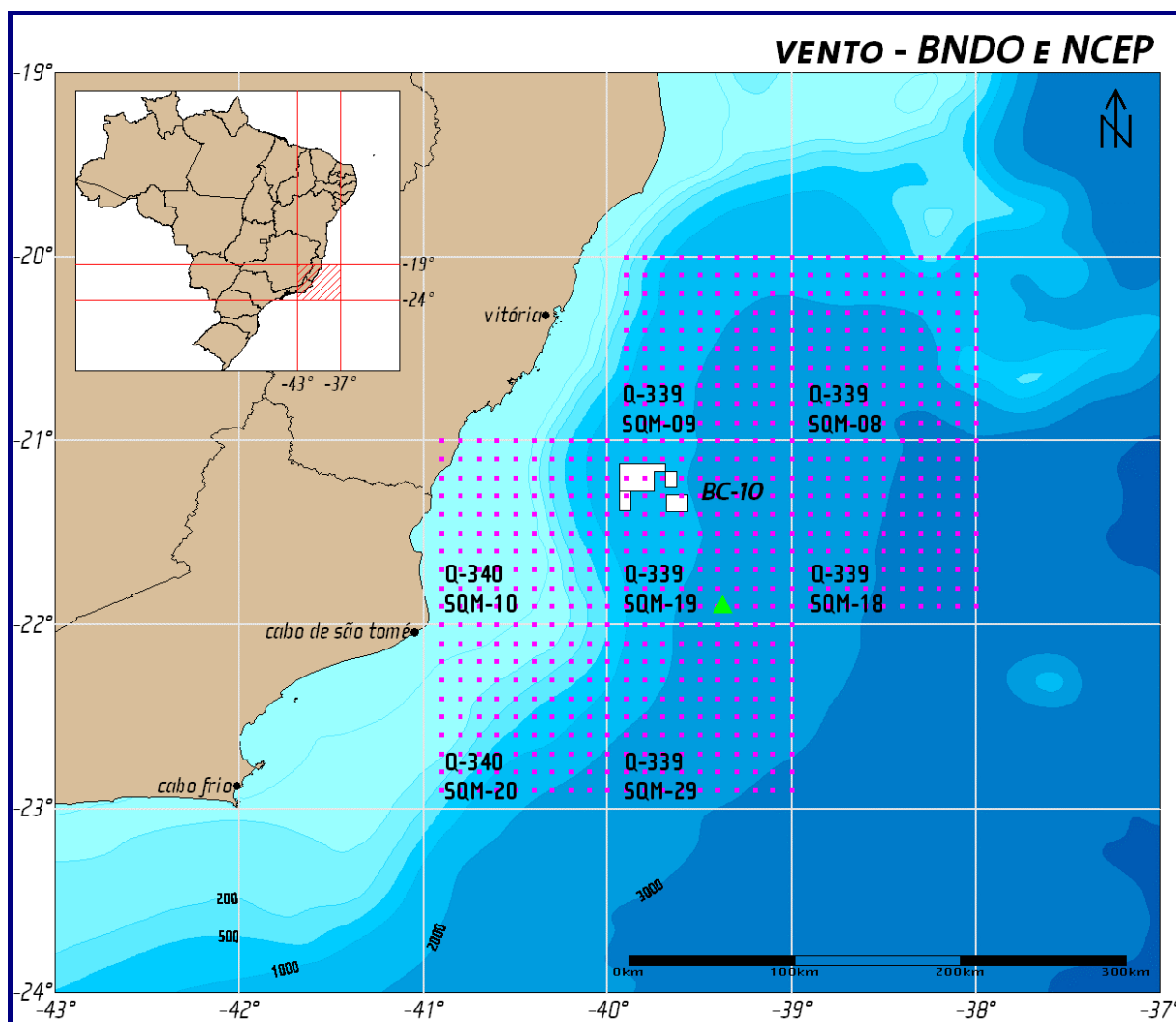


### II.5.1.1.2 Direção e Velocidade dos Ventos

Os ventos da região do Bloco BC-10 são bastante influenciados pelo sistema sinótico denominado Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). Esse sistema sofre um deslocamento em torno de sua posição média durante o ano, gerando uma variação no campo de vento atuante na região da Bacia de Campos.

Nos meses de verão, o núcleo do ASAS está posicionado mais a sudeste, sobre o oceano, intensificando os ventos de direção nordeste e leste. Durante o inverno, este sistema está posicionado mais ao norte e a oeste, próximo ao continente, intensificando os ventos de norte e nordeste.

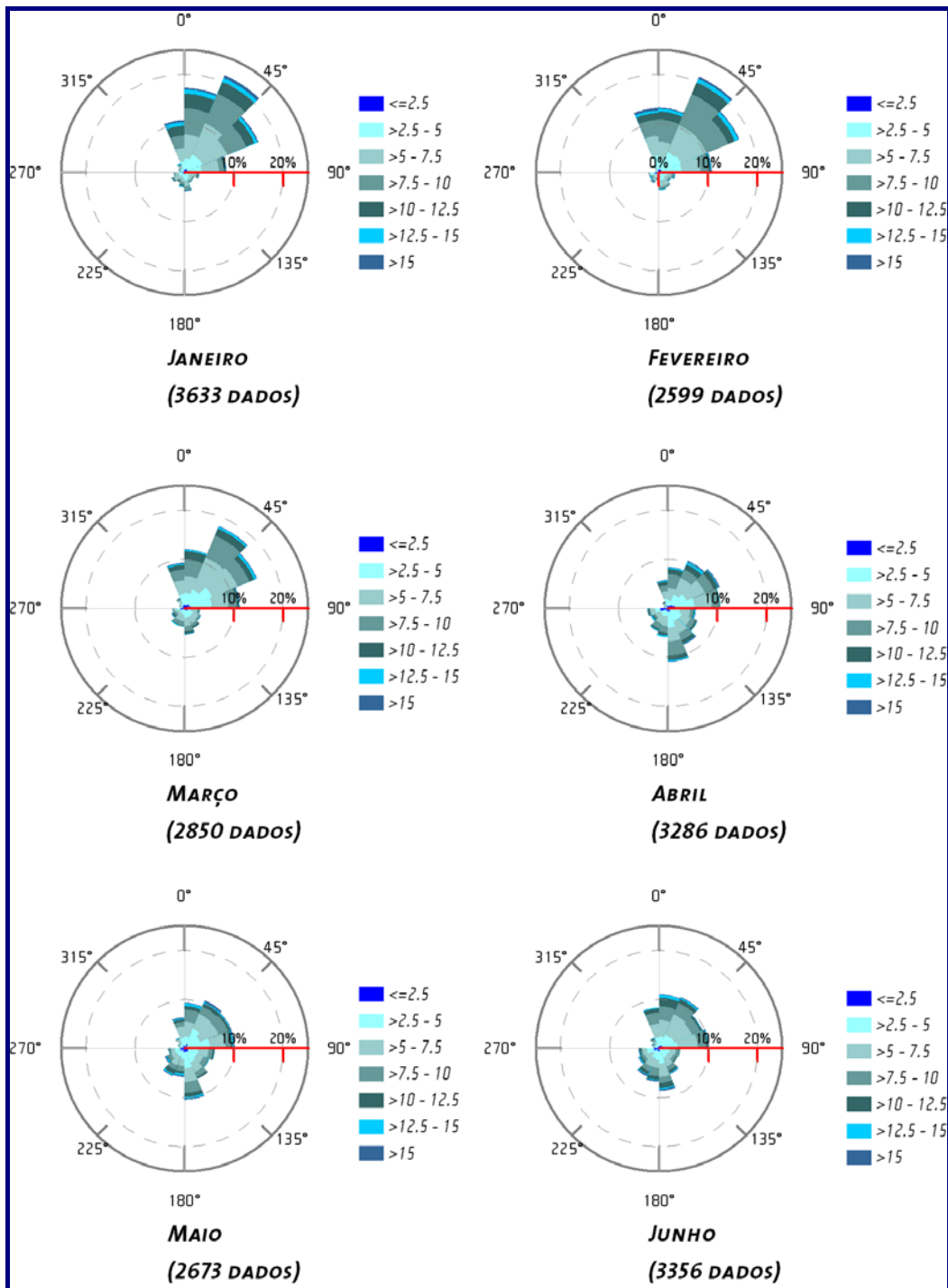
Para a caracterização dos ventos na região do Bloco BC-10 foram utilizados os dados obtidos no BNDO e nas Reanálises do NCEP. Na **Figura II.5.1.1-1** são apresentadas suas localizações.



**FIGURA II.5.1.1-1:** MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DOS DADOS DE VENTO DO BNDO E DA REANÁLISE DO NCEP UTILIZADOS



Na **Figura II.5.1.1-2** é apresentada a rosa dos ventos, elaborada com os dados do BNDO para os meses de janeiro a junho, com o número de observações existentes em cada mês analisado.



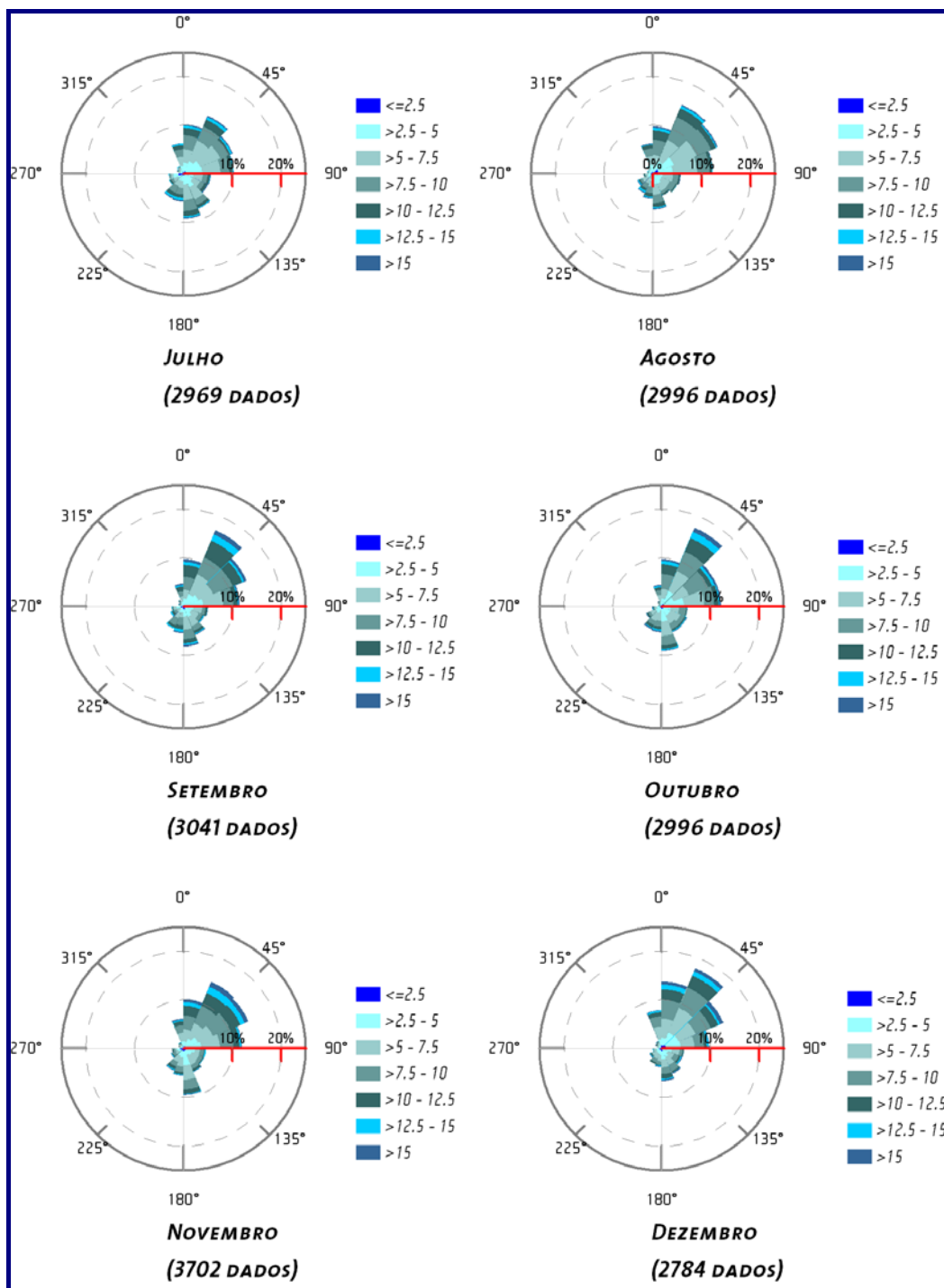
**FIGURA II.5.1.1-2:** ROSA DOS VENTOS (M/S) ELABORADA COM OS DADOS DO BNDO PARA OS MESES DE JANEIRO A JUNHO

Pode-se observar uma alta frequência de ocorrência dos ventos, de norte a leste nos meses de janeiro a março, sendo mais intensos no mês de janeiro. No



período de abril a junho a predominância ainda é dos ventos de nordeste, no entanto os ventos de quadrante sul (SE e SW) também se fazem presentes.

A rosa dos ventos, elaborada para o período de julho a dezembro, é apresentada na **Figura II.5.1.1-3**.



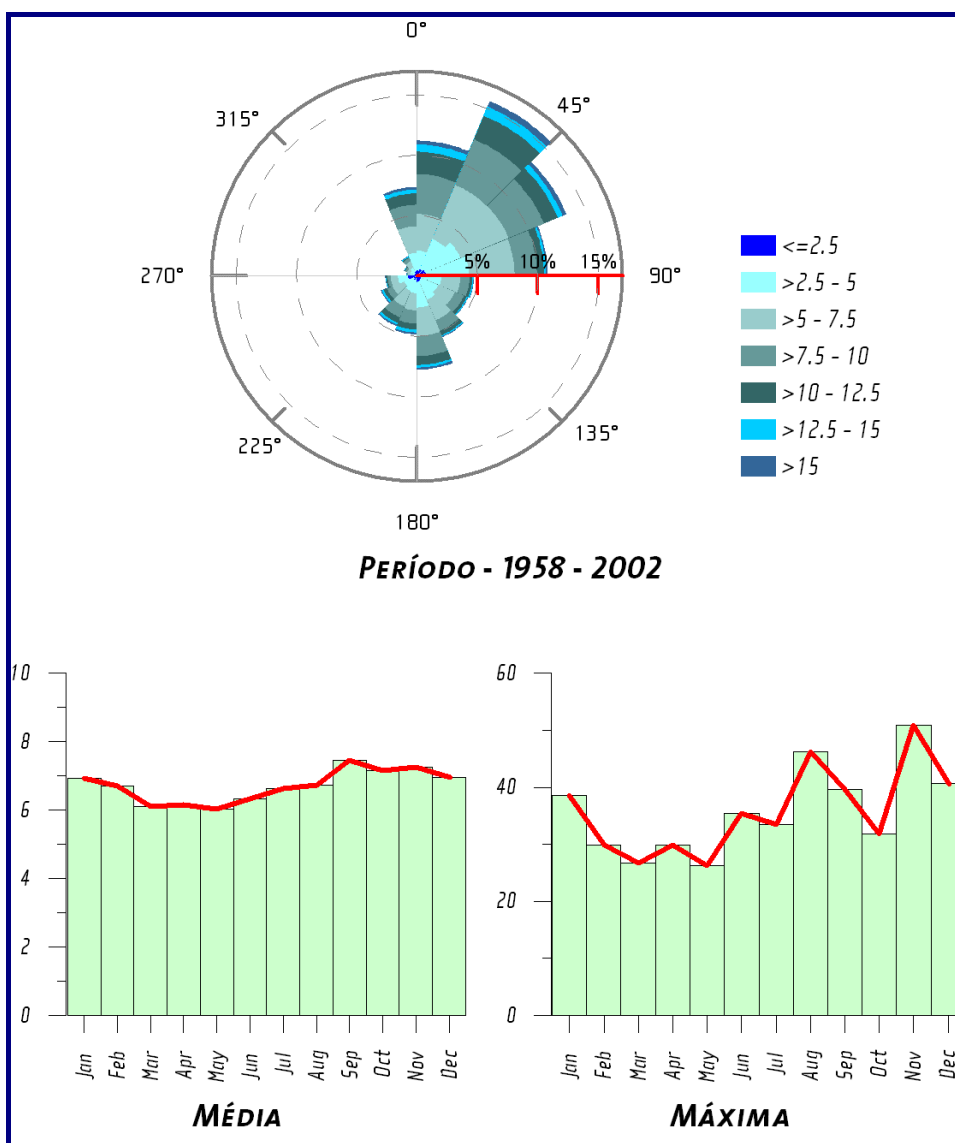
**FIGURA II.5.1.1-3: ROSA DOS VENTOS (M/S) ELABORADA COM OS DADOS DO BNDO PARA OS MESES DE JULHO A DEZEMBRO**



Observa-se ainda a predominância dos ventos de leste e nordeste ao longo de todos os meses, com a ocorrência dos ventos de sul em menor frequência.

De maneira geral a incidência dos ventos de quadrante sul é maior nos meses de abril e maio. Deve-se ainda ressaltar que o número de observações utilizadas na análise não foi inferior a 2500 em nenhum dos meses analisados.

Na **Figura II.5.1.1-4** apresenta-se a rosa dos ventos, elaborada com os dados do BNDO para todo o período analisado (1958 a 2002), com os valores médios e máximos mensais. Como esses dados são adquiridos a bordo de navios, através de diferentes instrumentos e métodos, alguma inconsistência nas medições é encontrada, o que explica os valores máximos extremos, por exemplo.



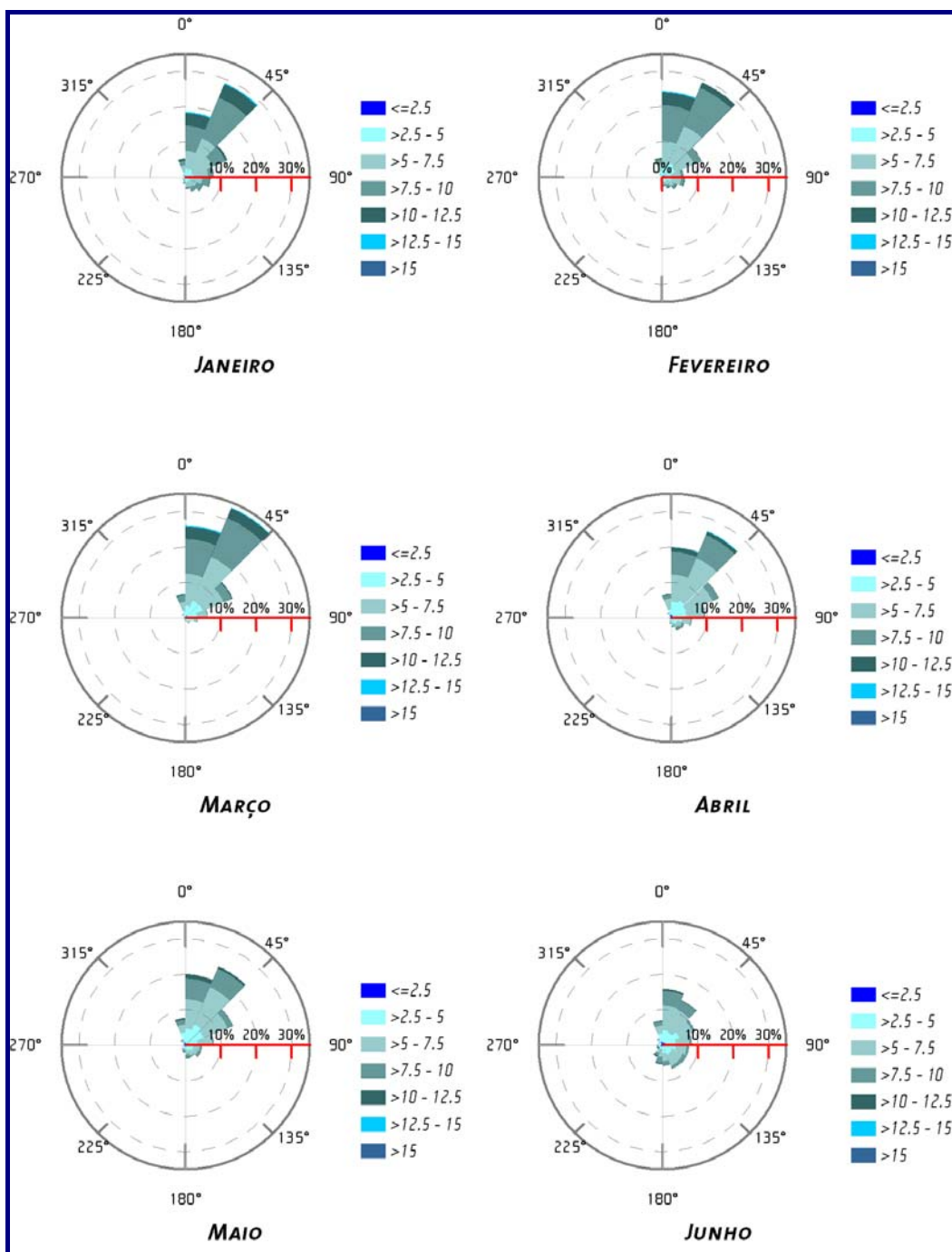
**FIGURA II.5.1.1-4:** ROSA DOS VENTOS (M/S) ELABORADA COM OS DADOS DO BNDO PARA TODO O PERÍODO, COMPREENDENDO VALORES MÁXIMOS E MÉDIOS DE VELOCIDADE (M/S) PARA A REGIÃO.



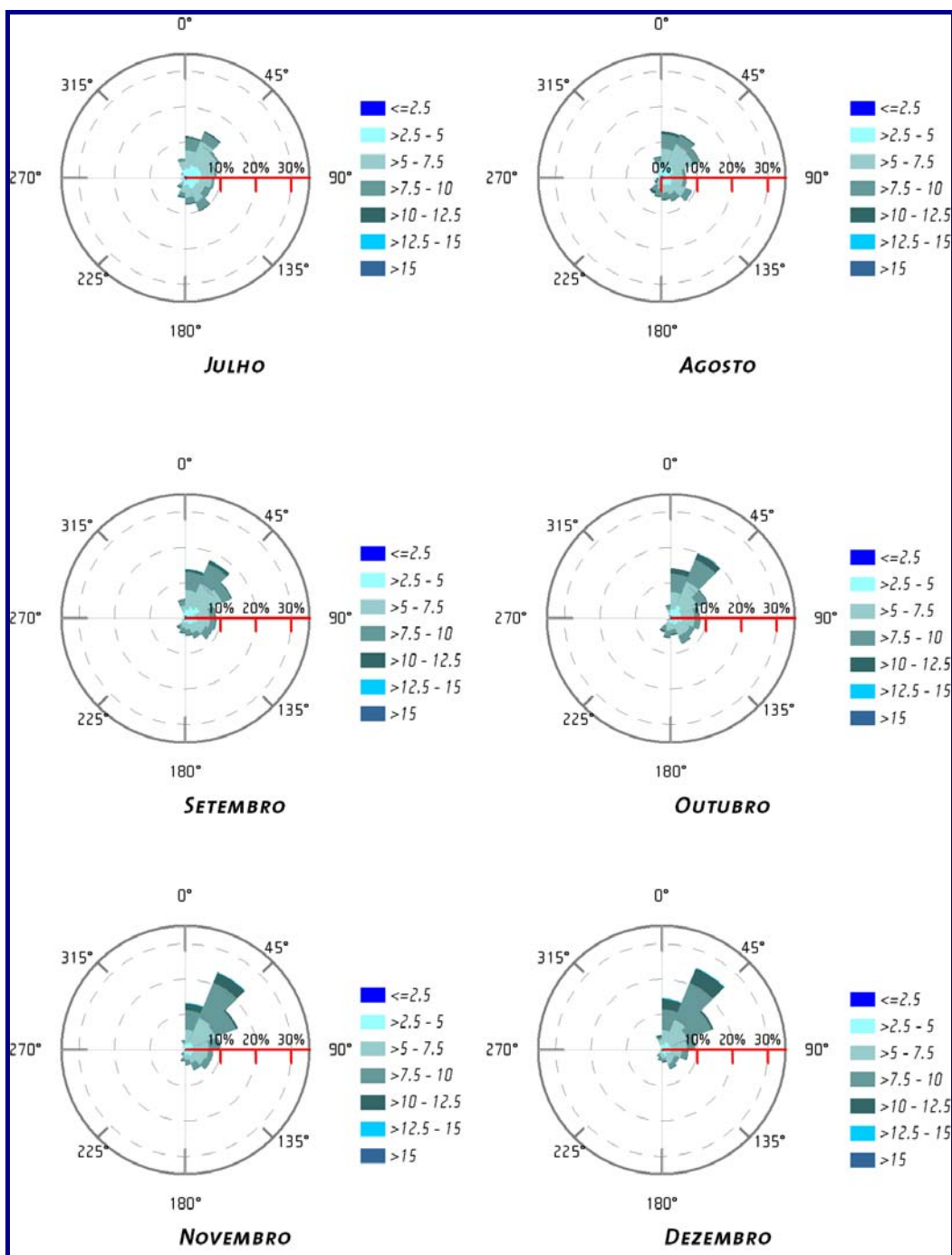


Pode-se observar que os valores médios mais intensos ocorrem nos meses setembro e novembro e os mínimos nos mês de maio.

Nas **Figuras II.5.1.1-5 e II.5.1.1-6** são apresentadas as rosas dos ventos, elaboradas com os dados da Reanálise do NCEP, para os períodos de janeiro a junho e de julho a dezembro, respectivamente.



**FIGURA II.5.1.1-5:** ROSA DOS VENTOS (M/S) ELABORADA COM OS DADOS DA REANÁLISE PARA OS MESES DE JANEIRO A JUNHO.



**FIGURA II.5.1.1-6: ROSA DOS VENTOS (M/S) ELABORADA COM OS DADOS DA REANÁLISE PARA OS MESES DE JULHO A DEZEMBRO**

Pode-se observar um comportamento semelhante ao apresentado nos dados do BNDO para os ventos de nordeste, com predominância ao longo de todos os meses do ano, com valores máximos de intensidade associados ocorrendo do mês de novembro a março.

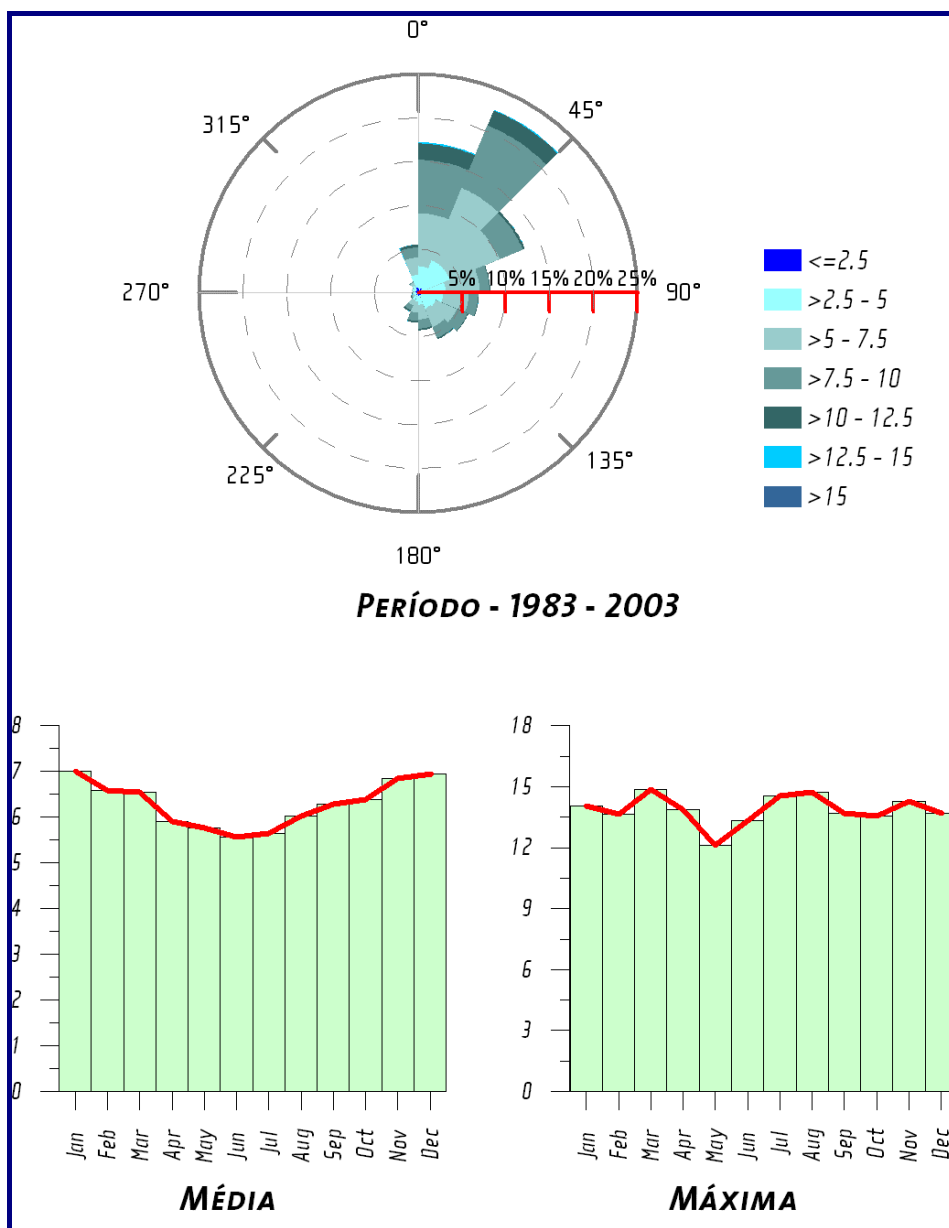




No entanto, a incidência dos ventos de sul é menor ao longo de todo o ano, com o máximo em julho associado à direção SE. Tal diferença pode ser creditada à abrangência espacial dos dados do BNDO.

Embora haja diferenças na frequência de ocorrências, as direções e as intensidades mostradas nas duas bases de dados são semelhantes ao longo de todo o ano.

Na **Figura II.5.1.1-7** é apresentada a rosa dos ventos elaborada com os dados da Reanálise do NCEP para todo o período (1983 a 2003), com os valores máximos e médios mensais.



**FIGURA II.5.1.1-7:** ROSA DOS VENTOS (M/S) ELABORADA COM OS DADOS DA REANÁLISE PARA TODO O PERÍODO, COM OS VALORES MÁXIMOS E MÉDIOS DE VELOCIDADE (M/S) PARA A REGIÃO.



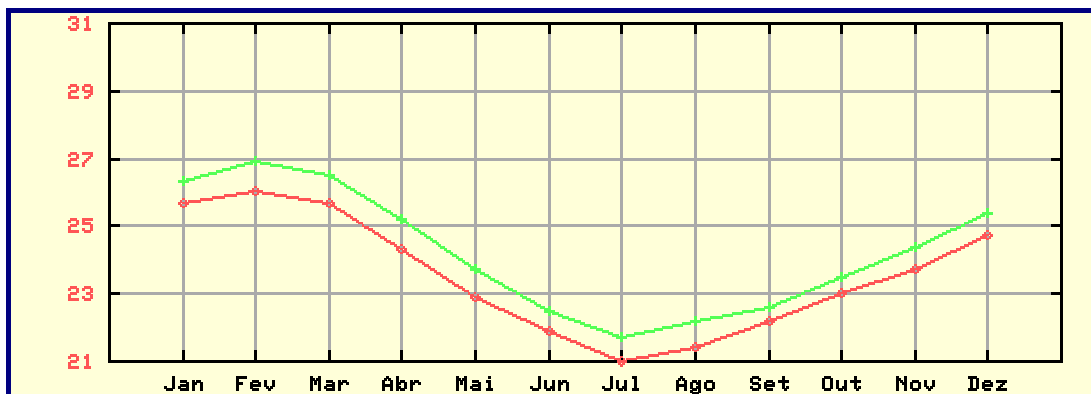
Pode-se observar um comportamento semelhante entre os valores médios obtidos com esses dados e com os do BNDO.

Analisando os valores máximos notam-se grandes diferenças entre estes e os selecionados dos dados do BNDO, fato que pode ser explicado pelas diferenças entre as metodologias de obtenção dos dados e aos erros associados aos valores extremos, em ambas as bases analisadas.

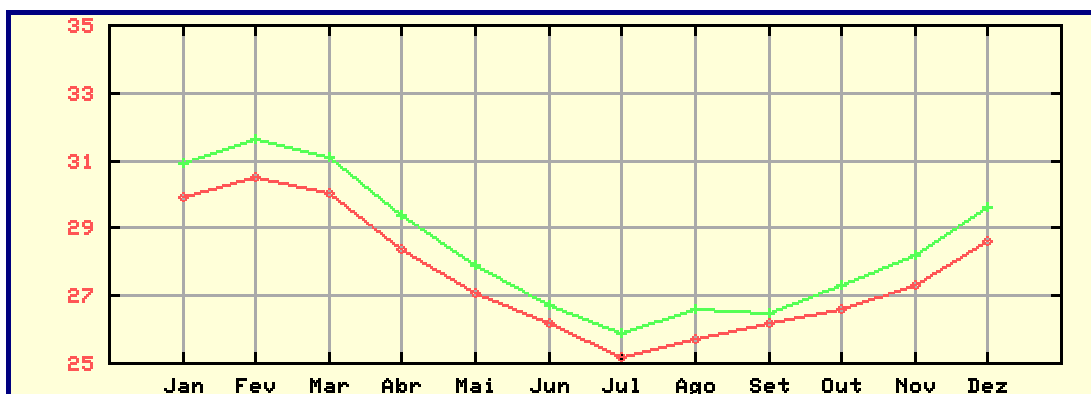
### II.5.1.1.3 Temperatura

Nas **Figuras II.5.1.1-8, II.5.1.1-9 e II.5.1.1-10** são apresentados os valores de temperaturas média, máxima e mínima, respectivamente, obtidos das Normais Climatológicas do INMET para a Estação de Vitória.

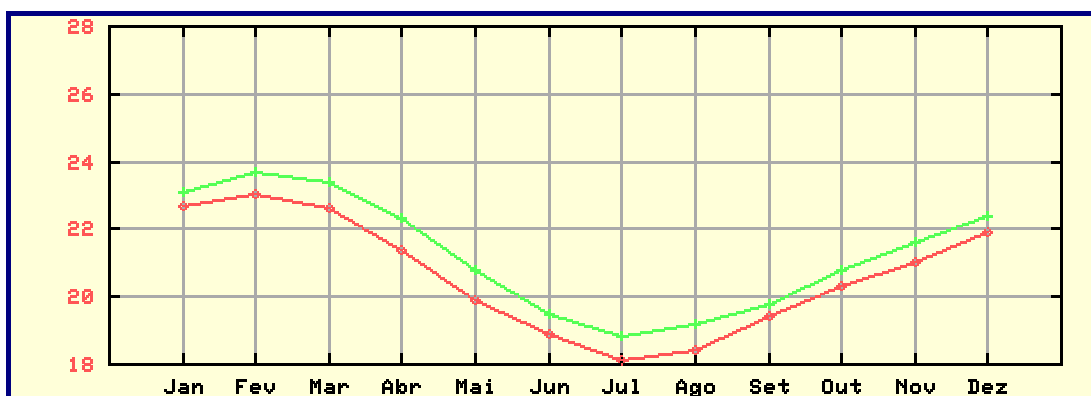
As curvas vermelhas representam as Normais, calculadas para o período de 1931 a 1960, enquanto as verdes o período de 1961 a 1990.



**FIGURA II.5.1.1-8:** GRÁFICOS DE TEMPERATURA (°C) MÉDIA OBTIDOS DAS NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO INMET (1931 A 1960 – CURVA VERMELHA E 1961 A 1990 – CURVA VERDE) PARA A ESTAÇÃO DE VITÓRIA. FONTE: INMET, ACESSADO EM 2004.



**FIGURA II.5.1.1-9:** GRÁFICOS DE TEMPERATURA (°C) MÁXIMA OBTIDOS DAS NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO INMET (1931 A 1960 – CURVA VERMELHA E 1961 A 1990 – CURVA VERDE) PARA A ESTAÇÃO DE VITÓRIA. FONTE: INMET, ACESSADO EM 2004.



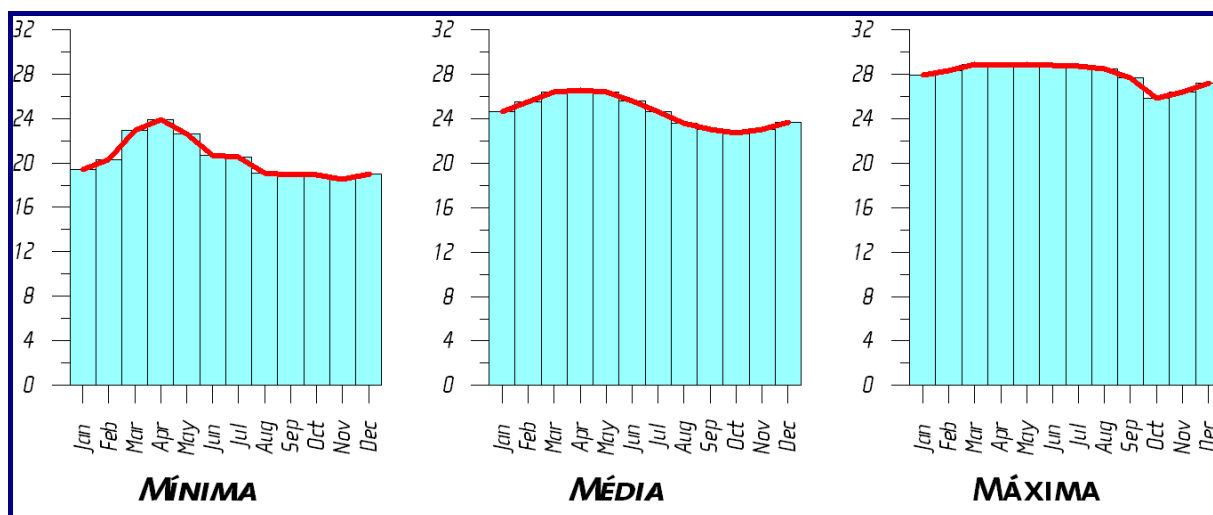
**FIGURA II.5.1.1-10:** GRÁFICOS DE TEMPERATURA (°C) MÍNIMA OBTIDOS DAS NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO INMET (1931 A 1960 – CURVA VERMELHA E 1961 A 1990 – CURVA VERDE) PARA A ESTAÇÃO DE VITÓRIA. FONTE: INMET, ACESSADO EM 2004.

Pode-se observar que os valores das Normais para o período de 1961 a 1990 são mais elevados. No entanto, pode-se dizer que o comportamento sazonal desse parâmetro para ambos os períodos é semelhante, como mostra a correlação entre as curvas.

Os valores extremos ocorrem nos meses de fevereiro para as máximas (**Figura II.5.1.1-9**) e em julho para as mínimas (**Figura II.5.1.1-10**).

Na **Figura II.5.1.1-8** pode-se observar que a variação da temperatura média ao longo do ano é de 7°C.

Na **Figura II.5.1.1-11** são apresentados os valores de temperatura obtidos da reanálise do NCEP, para o período de 1983 a 2003.



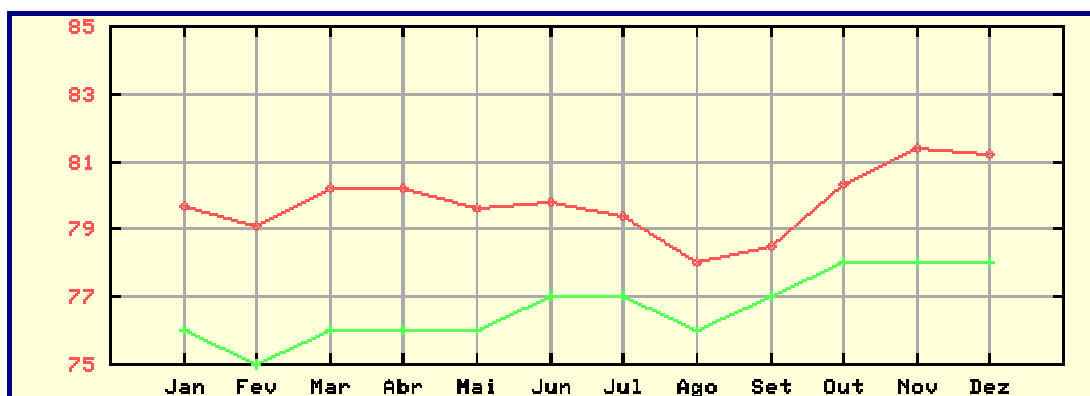
**FIGURA II.5.1.1-11:** GRÁFICOS DE TEMPERATURA (°C) MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA, OBTIDOS DA REANÁLISE DO NCEP, PARA O PERÍODO DE 1973 A 2003.



Pode-se observar que amplitude de variação das máximas é de apenas 3° C. Os valores máximos e mínimos ocorrem em março e novembro, respectivamente. Nota-se uma defasagem entre os picos registrados nas normais e nas reanálises, fato esse que pode ser atribuído a diferença de aquecimento, entre continente e oceano, uma vez que os dados das reanálises foram amostrados no oceano. As trocas de calor entre o oceano e a atmosfera são regidas, principalmente pela radiação. O fluxo de calor do oceano para a atmosfera irá depender então da quantidade de calor existente na superfície do oceano e irradiada para a atmosfera, ou seja, fundamentalmente, a temperatura do ar sobre o oceano depende da temperatura da superfície do mar (TSM) abaixo dele. A TSM possui dinâmica muito diversa da temperatura da superfície do continente. Esses fatos fazem com que a temperatura do ar sobre o mar e sobre o continente possua valores que podem chegar até dezenas de graus centígrados de diferença. Logo, os diferentes comportamentos da temperatura do ar sobre o continente (caso da estação meteorológica de Vitória) e sobre o mar (caso do ponto da reanálise) são esperados.

#### II.5.1.1.4 Umidade Relativa

Na **Figura II.5.1.1-12** são apresentados os valores de umidade relativa obtidos das Normais Climatológicas do INMET para a Estação de Vitória. Observa-se que a variação nos períodos de 1931 a 1960 (curva vermelha) e 1961 a 1990 (curva verde) não ultrapassa 4 unidades percentuais. No entanto, também pode ser verificado que os valores calculados para o período mais recente são até 4 unidades percentuais inferiores aos do primeiro período.



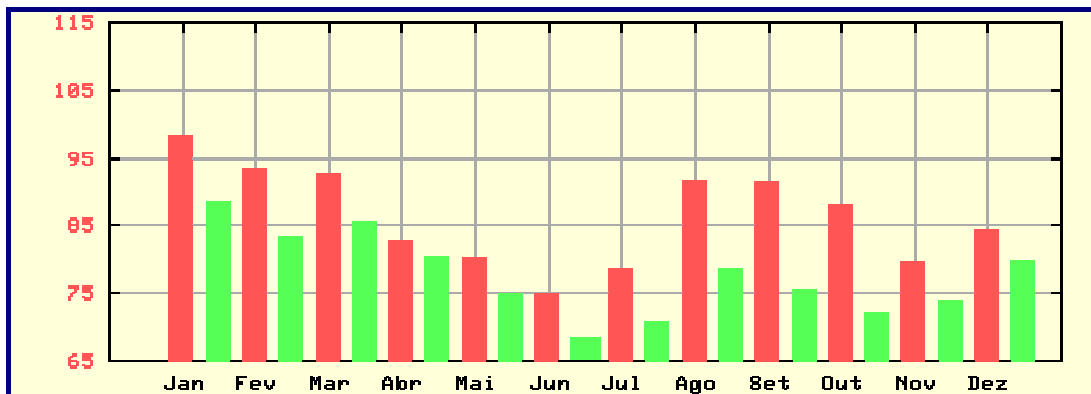
**FIGURA II.5.1.1-12:** GRÁFICOS DE UMIDADE RELATIVA (%) OBTIDOS DAS NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO INMET (1931 A 1960 – CURVA VERMELHA E 1961 A 1990 – CURVA VERDE) PARA A ESTAÇÃO DE VITÓRIA. FONTE: INMET, ACESSADO EM 2004.

#### II.5.1.1.5 Evaporação

Os valores de evaporação obtidos das normais climatológicas na Estação de Vitória são apresentados na **Figura II.5.1.1-13**, onde as barras vermelhas representam o período de 1931 a 1960 e, as verdes, de 1961 a 1990.



Os maiores valores são observados no período mais antigo, com a diferença máxima chegando a 15 mm nos meses de setembro e outubro. Os valores mínimos são encontrados nos meses de maio, junho e julho.

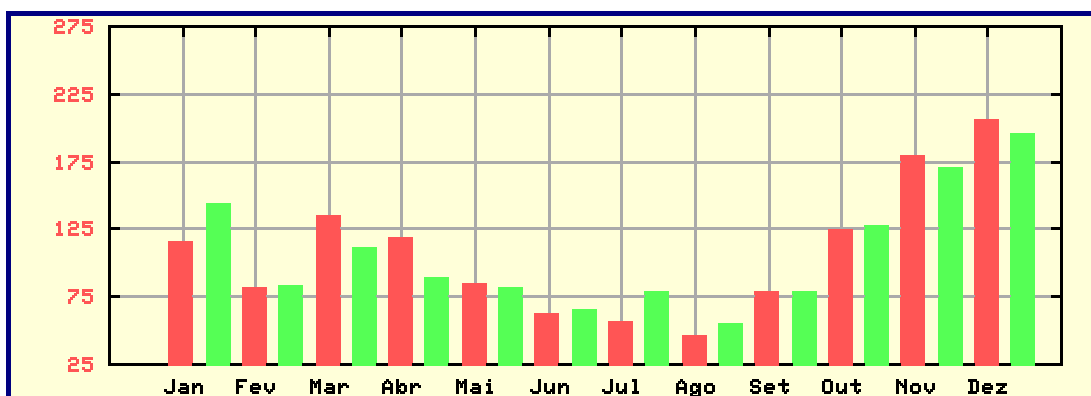


**FIGURA II.5.1.1-13:** GRÁFICOS DE EVAPORAÇÃO (MM) OBTIDOS DAS NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO INMET (1931 A 1960 – CURVA VERMELHA E 1961 A 1990 – CURVA VERDE) PARA A ESTAÇÃO DE VITÓRIA. FONTE: INMET, ACESSADO EM 2004.

#### II.5.1.1.6 Precipitação

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

Na **Figura II.5.1.1-14** podem ser observados os valores máximos de precipitação entre os meses de novembro e dezembro e mínimos entre junho e agosto.

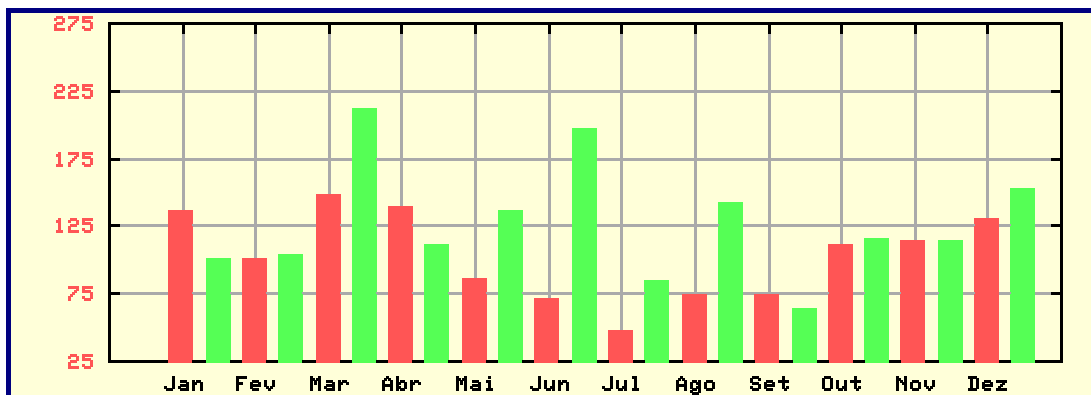


**FIGURA II.5.1.1-14:** GRÁFICOS DE PRECIPITAÇÃO (MM) OBTIDOS DAS NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO INMET (1931 A 1960 – CURVA VERMELHA E 1961 A 1990 – CURVA VERDE) PARA A ESTAÇÃO DE VITÓRIA. FONTE: INMET, ACESSADO EM 2004.

Observa-se que os mínimos de precipitação coincidem com os mínimos de evaporação nos meses de junho, julho e agosto. Para os valores máximos, há uma defasagem de um mês. Enquanto os máximos de evaporação ocorrem em janeiro, fevereiro e março, os máximos de precipitação são registrados em novembro e dezembro.



Na **Figura II.5.1.1-15** são apresentados os valores de precipitação máxima em 24 horas, calculados a partir das Normais Climatológicas de Vitória.



**FIGURA II.5.1.1-15:** GRÁFICOS DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA EM 24 HORAS (MM) OBTIDOS DAS NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO INMET (1931 A 1960 – CURVA VERMELHA E 1961 A 1990 – CURVA VERDE) PARA A ESTAÇÃO DE VITÓRIA. FONTE: INMET, ACESSADO EM 2004.

Observa-se que as máximas para o período mais recente são, em geral, superiores aos máximos para o período anterior, como pode ser observado no mês de março. Nota-se ainda uma diferença de mais de 100 mm entre os dois períodos, ocorrendo no mês de junho.

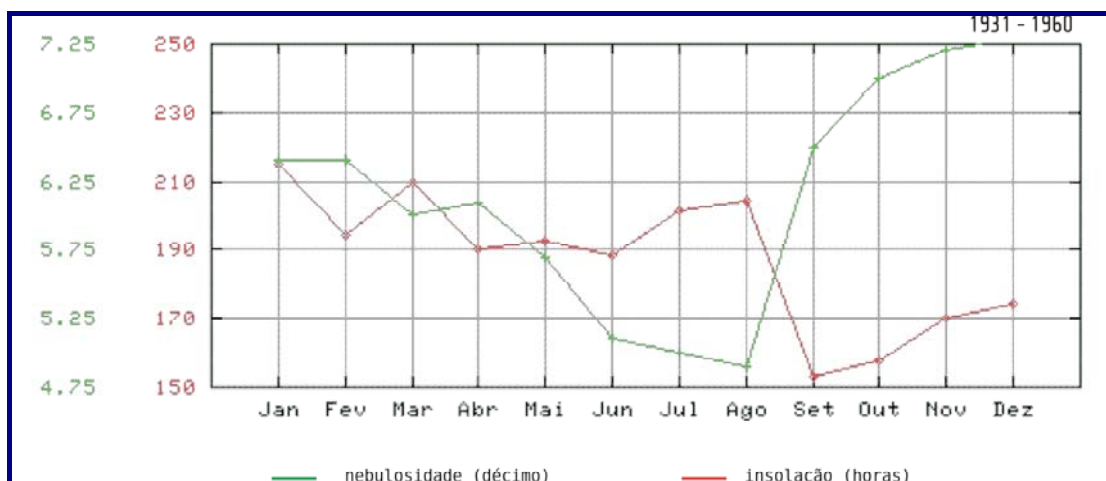
#### **II.5.1.1.7 Insolação e Nebulosidade**

A insolação é o período de tempo durante o qual o feixe solar direto ilumina uma superfície, sendo portanto, influenciada diretamente pela presença de nebulosidade. Já a radiação não depende da presença de nuvens.

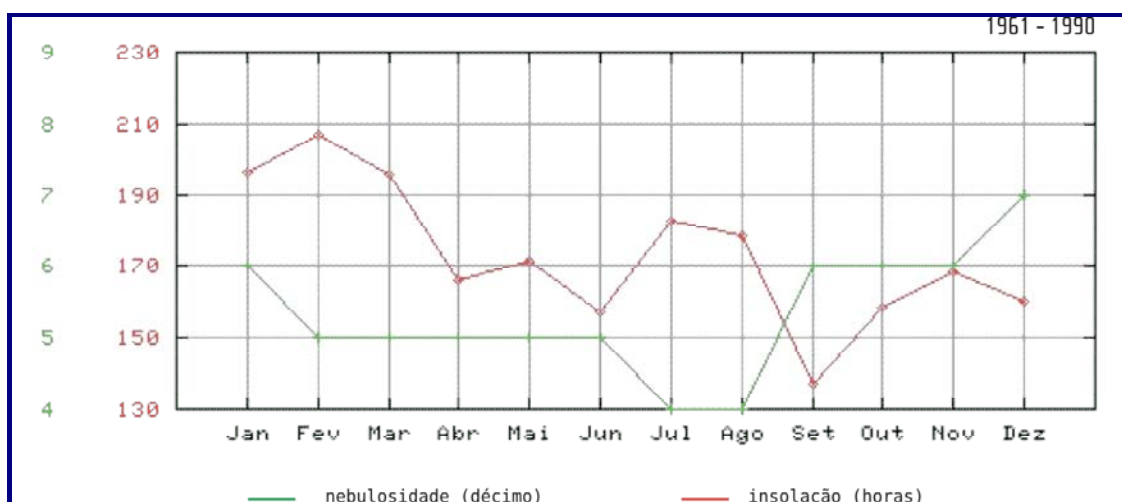
Nas **Figuras II.5.1.1-16 e II.5.1.1-17** são apresentados os valores de insolação e nebulosidade, mostrando também a cobertura de nuvens, em conjunto, para o período de 1931 a 1960 e de 1961 a 1990, respectivamente.

Pode-se observar que de setembro a dezembro os valores de nebulosidade se intensificam, causando significativa redução no valor da insolação, principalmente no período de 1931 a 1960. No restante do ano, os valores da nebulosidade são menores, ficando a sua curva de distribuição relativamente abaixo da curva verificada para a insolação.





**FIGURA II.5.1.1-16:** GRÁFICOS DE INSOLAÇÃO (HORAS), EM VERMELHO, E COBERTURA DE NUVENS (DÉCIMOS), EM VERDE, OBTIDOS DAS NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO INMET (1931 A 1960) PARA A ESTAÇÃO DE VITÓRIA. FONTE: INMET, ACESSADO EM 2005.



**FIGURA II.5.1.1-17:** GRÁFICOS DE INSOLAÇÃO (HORAS), EM VERMELHO, E COBERTURA DE NUVENS (DÉCIMOS), EM VERDE, OBTIDOS DAS NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO INMET (1961 A 1990) PARA A ESTAÇÃO DE VITÓRIA. FONTE: INMET, ACESSADO EM 2005.

#### II.5.1.1.8 Sistemas Frontais

A região sudeste do Brasil é, freqüentemente influenciada pela passagem de sistemas frontais. Esses sistemas são formados quando as massas de ar frio, provenientes do sul do Atlântico, se deslocam de encontro às massas de ar quente localizadas nos trópicos. Esse encontro cria uma região de instabilidade com intensa atividade convectiva, onde ocorre a formação de nuvens de acentuado desenvolvimento vertical, como cumulonimbus (CB), provocando pancadas de chuvas e, algumas vezes, rajadas de vento em superfície.



No setor quente da frente, a velocidade média do vento é de 5 m/s, variando sua direção do predominante nordeste para noroeste com a aproximação da frente. Imediatamente após a passagem da frente fria, o vento tem direção sudoeste com velocidades em torno de 8 m/s. Aproximadamente um dia após a passagem da frente pela região, o vento novamente gira no sentido anti-horário de sudoeste para nordeste (STECH e LORENZZETTI, 1992).

No **Quadro II.5.1.1-1** apresenta-se a frequência de ocorrência de sistemas frontais na Bacia de Campos, para os anos de 1998 a 2003, obtidos do CPTEC.

**QUADRO II.5.1.1-1: FREQUÊNCIA DE PASSAGEM DE SISTEMAS FRONTAIS NA REGIÃO DA BACIA DE CAMPOS**

MÊS/ANO	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	TOTAL
Janeiro	4	1	3	1	1	2	1	13
Fevereiro	1	1	4	0	2	0	4	12
Março	4	2	3	1	1	2	3	16
Abril	4	3	3	2	0	3	2	17
Maio	4	6	4	2	1	3	3	23
Junho	4	4	2	2	2	2	2	18
Julho	3	3	5	2	5	2	3	23
Agosto	3	3	5	0	1	5	4	21
Setembro	5	4	2	4	4	5	2	26
Outubro	7	4	2	2	3	2	3	23
Novembro	3	5	3	3	1	5	4	24
Dezembro	2	6	4	3	3	0	3	21
Total	44	42	40	22	24	31	34	

FONTE: CPTEC, ACESSADO EM 2005.

Observa-se que a frequência de ocorrência de sistemas frontais na região foi superior nos anos de 1998 a 2000. Após o decréscimo acentuado, verificado em 2001, os dados apresentam uma tendência de retomada de crescimento.

Os meses de janeiro a março, característicos de verão, apresentam menor incidência desses sistemas na região de estudo. O mês de setembro, ao longo de todo o período analisado, apresentou a maior constância na incidência de frentes frias, totalizando o maior número de ocorrências.

#### **II.5.1.1.9 Conclusões**

No verão do Hemisfério Sul a radiação solar incidente atinge a região em questão, perpendicularmente à sua superfície, fazendo com que a quantidade de calor por unidade de área seja maior. Associada a esta maior energia disponível, as



temperaturas do ar são mais elevadas, como se pode verificar nos máximos registrados em fevereiro ( $\sim 32^{\circ}$  C em média), o mesmo acontecendo com a evaporação, que também é influenciada pelos ventos de quadrante E/NE intensos e persistentes, que ocorrem nesta estação do ano. A insolação é mais intensa devido ao maior número de horas sem a presença de nuvens nesse período. Esses fatores em conjunto (forte isolação, alta temperatura do ar e muita evaporação) favorecem a maior atividade convectiva, e por consequência, a maior precipitação ocorrente no verão.

Por outro lado, no inverno, a radiação incidente atinge a superfície de forma oblíqua, o que significa, menor quantidade de calor por área e menores temperaturas do ar, sendo a mínima registrada no mês de julho ( $18^{\circ}$  C em média). Aliado a esse fato, nessa época, a passagem de sistemas frontais atmosféricos faz com que exista maior presença de nuvens e assim menor insolação do que no verão. Portanto, os índices pluviométricos, associados a este comportamento, são mínimos nesse período.

A análise dos dados meteorológicos da região adjacente ao bloco BC-10, na Bacia de Campos, permite separar duas estações com condições – inverno e verão, bem marcadas. A primeira estende-se de maio a setembro e é marcada pela predominância dos ventos de nordeste, porém com grande incidência dos ventos de sul, menores índices de precipitação e evaporação e temperaturas menos elevadas. Nessa estação ocorre a maior incidência de passagens de sistemas frontais pela região.

O período de outubro a abril é caracterizado por condições típicas de verão, com ventos predominantemente variando de norte a nordeste com grande persistência, temperaturas mais elevadas e maiores índices de precipitação e evaporação.

A situação típica na região, é marcada por ventos com intensidade média oscilando entre 6 a 8 m/s durante todo o ano, com direção predominante de norte a leste. Esse regime, entretanto é perturbado por eventos transientes associados a sistemas frontais, onde predominam os ventos de direção sul, variando de sudeste a sudoeste, nessa ordem.

Durante o período de maio a outubro existe uma maior probabilidade de ocorrência de eventos extremos (tempestades e ressacas) na região do Bloco BC-10.