

## 5.1. MEIO FÍSICO

### 5.1.1. Climatologia Regional

#### 5.1.1.1. Introdução

A área litorânea mais próxima do bloco BM-C-41 da Bacia de Campos abrange a zona entre o Cabo de São Tomé e Cabo Frio. O bloco está dentro do quadrado limitado pelos paralelos 23°S e 24°S e pelos meridianos 41°W e 42°W.

O diagnóstico climático da área de estudo ao longo da costa, entre o Cabo de São Tomé e Cabo Frio foi apoiado nos dados de observações meteorológicas das estações de Macaé (PESAGRO), Aeroporto de Macaé (INFRAERO), de Arraial do Cabo (CIA Álcalis) e nos dados monitorados no Heliporto do Cabo de São Tomé pela INFRAERO. O diagnóstico climático da área oceânica se baseará na coleção de dados conhecida como I-COADS (*International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set*).

Os dados da estação de Macaé publicados pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) cobrem o período de 1979-1990, (CIDE - RJ; 1995). A estação meteorológica de Macaé (PESAGRO) está situada na posição de 22,3833°S de latitude, 41,7667°W de longitude e altitude de 2,8 m acima do NMM (nível médio do mar). Para o estudo dos ventos, foi aproveitada a série de dados da estação do Aeroporto de Macaé referente ao período 1995 a 2008. Essa estação fica na posição de 22,3458°S de latitude, 41,7639°W de longitude e altitude de 2 m acima do NMM.

Os dados climáticos de Arraial do Cabo foram publicados no Anuário Estatístico do Estado do Rio de Janeiro; abrange o período 1970-1987. A análise dos ventos em Arraial do Cabo foi realizada com a série de dados coletados pela CIA Álcalis durante o período desde janeiro de 1965 até dezembro de 1980 (15 anos de dados horários). A estação Álcalis em Arraial do Cabo fica na posição de 22,8833°S de latitude, 42,3333°W de longitude e altitude de 2 m.

Para avaliação de eventos extremos em períodos mais curtos, também foram utilizados as observações obtidas da estação Arraial do Cabo (INMET), localizada em (22° 58' 34"S e 42° 12' 47"W). Estes dados consistem em informações horárias referentes ao período compreendido entre janeiro de 2008 e dezembro de 2009, disponibilizadas pelo INMET através da página: [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br).

A INFRAERO forneceu dados de velocidade e direção dos ventos do heliporto de Cabo de São Tomé referentes ao período 2003-2006. A posição da estação do heliporto está na latitude de 22,03°S, longitude de 41,07°W e altitude de 13 m.

Para a área oceânica, foram utilizados os sumários mensais de dados coletados por navios no período de 1/01/1960 a 31/05/2007, (47 anos e cinco meses de observações). Contribuem na coleta de dados, os navios mercantes de passagem pela área, navios de frota pesqueira, bóias, e navios de marinha de guerra. Somente os dados que passaram por rigorosa análise de qualidade foram incluídos nos sumários e nas estatísticas mensais.

A WMO (Organização Meteorológica Mundial) regulamenta e coordenada o Programa de Observação Meteorológica Voluntária por navios. Em 1994, a WMO publicou o relatório No. 47, intitulado “*International List of Selected, Supplementary and Auxiliary Ships*”, em que dá a lista dos navios participantes do Programa. Os dados I-COADS são processados pelo *National Climate Data Center* (NCDC) e pelo *Climate Diagnostic Center* (CDC), nos EUA. O controle de qualidade desses dados é feito por meio de poderosos programas de análise estatística e pelo cruzamento de informações de fontes diversas. Para um conhecimento mais aprofundado sobre o Programa de Observação Meteorológica Voluntária e o banco de dados I-COADS, pode-se consultar o sítio da Internet: <http://www.cdc.noaa.gov/coads/e-doc/>.

Para verificar a frequência de passagem de frentes frias na região, foram usadas as estatísticas mensais de passagens de sistemas frontais na cidade de Cabo Frio – RJ, para o período compreendido entre janeiro de 1996 e dezembro de 2007, publicadas pelo Boletim Climanalise, do Centro de Previsão e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE).

A ocorrência de eventos extremos, em períodos mais longos, foi verificada através de 50 anos de dados das reanálises do NCEP/NCAR (National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research). Os dados do NCEP foram obtidos do ponto de grade mais próximo ao bloco BM-C-41, com observações a cada 6 horas, de janeiro de 1960 a dezembro de 2009, compreendendo 73.052 observações.

O Quadro 5.1.1.1-1 apresenta os dados utilizados na elaboração deste diagnóstico, o período de coleta, a frequência de amostragem e o tipo de equipamento utilizado e o Mapa 5.1.1.1-1 apresenta as estações de coleta georeferenciadas dos principais dados meteorológicos com suas respectivas fontes. (A3)

**Quadro 5.1.1.1-1.** Período de coleta, frequência de amostragem e tipo de equipamento utilizado nas medições meteorológicas.

DADOS (REGIÃO, TIPO E FONTE)		PERÍODO DE COLETA	FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM	COORDENADAS	EQUIPAMENTO
Macaé	Ventos (INFRAERO - Aeroporto de Macaé)	1995 a 2008	Dados horários	22,3458°S 41,7639°W	Ver nota 1
	Dados climáticos* (INMET)	1979 a 1990	Três medições diárias (6 em 6 horas) a partir das 09:00	22,3833°S 41,7667°W	Ver nota 2
Arraial do Cabo	Ventos (CIA Álcalis)	Jan/1965 a Dez/1980	Dados horários	22,8833°S 42,3333°W	Ver nota 3
	Dados climáticos* (CIDE-RJ, 1995)	1970 a 1987	Três medições diárias (6 em 6 horas) a partir das 09:00	-	Ver nota 1
	Ventos (INMET)	Jan/2008 a Dez/2009	Dados horários	22° 58' 34" S 42° 12' 47" W	Ver nota 2
Cabo Frio	Sistemas frontais - Climanálise (CPTEC/INPE)	1996 a 2007	Informações diárias	-	Ver nota 4
Cabo de São Tomé	Velocidade e direção do vento (INFRAERO – Heliporto Cabo de São Tome)	2003 a 2006	Dados horários	22,03°S 41,07°W	Ver nota 1
Região Oceânica	Dados Climáticos* (I-COADS)	Jan/1960 a mai/2007	Três medições diárias (6 em 6 horas) a partir das 09:00	23°S – 24°S 41°W – 42°W	Ver nota 2
	NCEP - Velocidade e direção do vento	Jan/1960 a dez/2009	Quatro medições diárias (6 em 6 horas)	23.81°S – 41.25°W	Ver nota 5

**Nota 1** - A INFRAERO está subordinada ao Ministério da Aeronáutica que faz parte do Sistema Nacional de Meteorologia. Como membro da ONU, o Brasil faz parte também da WMO (Organização Meteorológica Mundial). Todos os países membros são obrigados a seguir o padrão de qualidade para os dados meteorológicos estabelecidos pela WMO. Entre outras exigências determinadas por esses padrões, todos os países fazem as observações meteorológicas no mesmo horário (GMT) e com a mesma frequência, em conformidade com o tipo de estação meteorológica. Imediatamente depois de concluídas as observações, esses dados obrigatoriamente devem ser inseridos na Rede Mundial de Telecomunicações Meteorológicas por meio de satélites. Esses dados são coletados automaticamente por computadores dos centros de previsão de tempo espalhados pelo mundo. As marcas dos equipamentos utilizados não são determinadas e também não são obrigatórias, mas todos os equipamentos para entrar no mercado meteorológico precisam ser homologados no país do fabricante, apresentando certificado de aprovação e calibração fornecidos pelo padrão de qualidade desses países. Quando chegam ao Brasil, devem ser novamente calibrados de acordo com os padrões secundários do INMETRO, que por sua vez calibra seus padrões secundários com os padrões primários do SI de Pesos e Medidas sediados em Paris. Os equipamentos em operação são periodicamente retirados da estação para nova calibração nos laboratórios do INMET ou do INMETRO.

**Nota 2** - A qualidade dos equipamentos das estações climáticas são as mesmas descritas na Nota 1. Os dados climáticos são usados inclusive nas previsões diárias de tempo.

**Nota 3** - Os dados da estação Álcalis foram obtidos com a mesma metodologia do INMET. Seus equipamentos foram operados por técnicos treinados pelo INMET e calibrados pelo INMET.

**Nota 4** - Esta publicação consiste em boletins de monitoramento e análise climática, disponibilizados no site do CPTEC, que fazem uma análise mensal das ocorrências de sistemas frontais em estações de superfície no Brasil, separando-as em uma linha de estações costeiras.

**Nota 5** - A base de dados conhecida como "Reanálises do NCEP" foi originada a partir de uma cooperação entre o NCEP (National Centers for Environmental Prediction) e o NCAR (National Center for Atmospheric Research), 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), e atualmente, estão disponíveis mais de 60 anos (1948-atual) de 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).



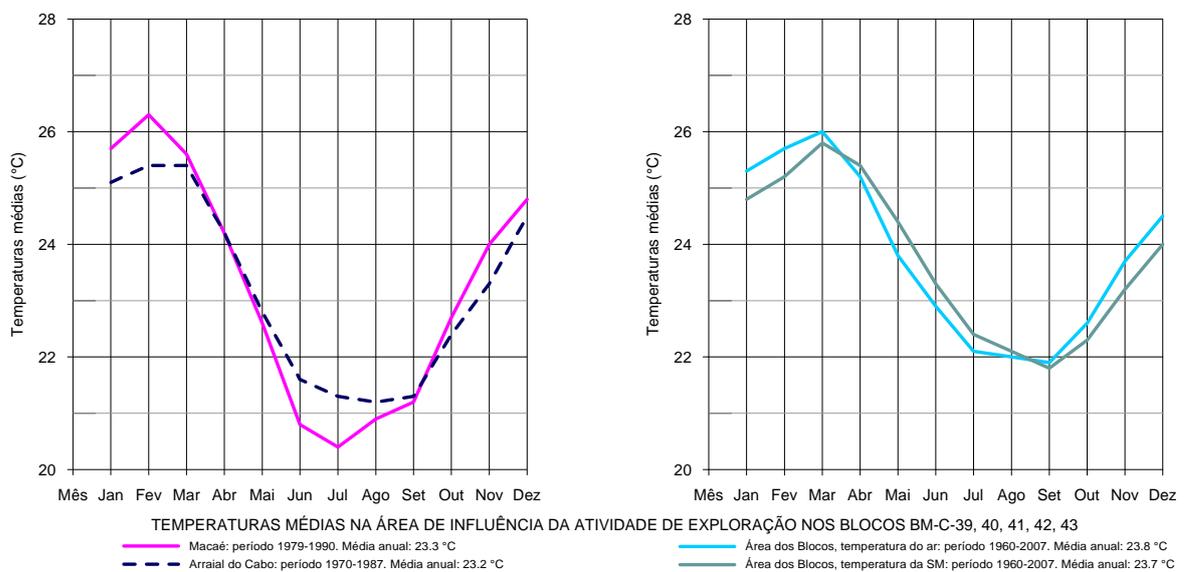
**Mapa 5.1.1.1-1. Estações de coleta georeferenciadas dos principais dados meteorológicos com suas respectivas fontes. (A3)**

**Mapa 5.1.1.1-1. Estações de coleta georeferenciadas dos principais dados meteorológicos com suas respectivas fontes. (A3)**

### 5.1.1.2. A classificação climática da área

Segundo o método de classificação climática de Wladimir Köppen<sup>1</sup>, toda a área de estudo possui clima do grupo “A”, isto é, tem clima quente e úmido, com temperatura média do mês mais quente acima de 18 °C (Figura 5.1.1.2-1 e Quadro 5.1.1.2-1). Quanto ao tipo do clima na área, segundo Köppen, a região litorânea do Estado do Rio de Janeiro desde a divisa do Estado do Espírito Santo até Maricá pode ser enquadrada no tipo Aw; a letra “w” denota que o verão é úmido e o inverno seco, (Nimmer 1977).

#### a) Temperatura do ar e do mar



**Figura 5.1.1.2-1.** Temperaturas médias do ar e da superfície do mar na área do Bloco BM-C-41.

(Fonte: dados I-COADS), em Macaé e em Arraial do Cabo. (Fonte: dados INMET).

<sup>1</sup> W. Köppen dividiu os climas em cinco grupos correspondentes às cinco associações vegetais mais importantes. Os grupos são indicados pelas cinco primeiras letras (maiúsculas) do alfabeto latino. Os cinco grupos de clima abrangem 11 tipos de clima mais importantes, com várias diferenciações. Os 11 tipos de clima são indicados por uma letra minúscula em seguida à letra maiúscula indicativa do grupo, assim como as diferenciações se indicam com uma terceira letra minúscula.

**Quadro 5.1.1.2-1.** Temperaturas normais (°C) em Macaé no período de 1979-1990.

	TAR (°C)	MedMax (°C)	MedMin (°C)	TmpMaxAbs (°C)	TmpMinAbs (°C)
Jan	25.7	30.7	21.9	38.2	17.4
Fev	26.3	31.6	22.4	37.2	18.2
Mar	25.6	30.6	21.6	37.0	17.2
Abr	24.2	29.1	20.5	37.2	14.4
Mai	22.6	27.8	18.6	36.2	11.3
Jun	20.8	26.5	16.6	33.6	8.5
Jul	20.4	26.1	16.2	34.2	10.6
Ago	20.9	26.4	16.9	37.0	9.9
Set	21.2	26.0	17.6	38.7	10.3
Out	22.7	27.2	19.1	36.2	13.8
Nov	24.0	28.4	20.3	38.2	13.8
Dez	24.8	29.4	21.3	37.2	15.6
<b>Ano</b>	<b>23.3</b>	<b>28.3</b>	<b>19.4</b>	<b>38.7</b>	<b>8.5</b>

Fonte: INMET (1984)

TAR - temperatura média do ar normal. MedMax (°C) – média das temperaturas máximas. MedMin (°C) – média das temperaturas mínimas. TmpMaxAbs - Temperaturas máximas absolutas. TmpMinAbs - Temperaturas mínimas absolutas.

Os Quadros 5.1.1.2-1, 5.1.1.2-2 e 5.1.1.2-3 resumem as estatísticas mensais dos dados de temperatura do ar, respectivamente em Macaé (período de 1979-1990), em Arraial do Cabo (1970-1987) e na área dos BM-C-39, 40, 41, 42, 43 (1960-2007), tendo sido incluídas também as temperaturas da SM no Quadro 5.1.1.2-3. Em terra, as temperaturas médias foram mais elevadas no trimestre janeiro/março (verão), tendo sido registrada a temperatura média mais alta de 26,3 °C em Macaé, no mês de fevereiro (Figura 5.1.1.2-1 lado esquerdo). No mar, as temperaturas de verão continuam altas até o mês de abril (Figura 5.1.1.2-1 lado direito). Enquanto em terra o pico anual das temperaturas ocorre em fevereiro, no oceano vai ocorrer no mês seguinte.

**Quadro 5.1.1.2-2.** Temperaturas normais (°C) em Arraial do Cabo no período 1970-1987. (continua...)

	TAR (°C)	MedMax (°C)	MedMin (°C)	TmpMaxAbs (°C)	TmpMinAbs (°C)
Jan	25.1	28.7	22.3	36.5	18.6
Fev	25.4	29.1	22.7	34.0	19.0
Mar	25.4	28.8	22.7	34.0	19.0
Abr	24.2	27.4	21.5	33.6	17.2
Mai	22.8	26.1	20.0	32.5	14.1

**Quadro 5.1.1.2-2.** Temperaturas normais (°C) em Arraial do Cabo no período 1970-1987. (continuação)

	TAR (°C)	MedMax (°C)	MedMin (°C)	TmpMaxAbs (°C)	TmpMinAbs (°C)
Jun	21.6	24.9	18.8	31.6	12.3
Jul	21.3	24.7	18.6	33.8	12.0
Ago	21.2	24.3	18.7	30.8	12.6
Set	21.3	24.3	19.0	30.5	14.8
Out	22.4	25.2	19.7	32.7	15.9
Nov	23.3	26.5	20.7	36.2	16.1
Dez	24.5	27.9	21.8	35.5	17.6
<b>Ano</b>	23.2	26.5	20.5	36.5	12.0

Fonte: CIDE - RJ; 1995)

TAR - temperatura média do ar. MedMax (°C) – média das temperaturas máximas. MedMin (°C) – média das temperaturas mínimas. TmpMaxAbs - Temperaturas máximas absolutas. TmpMinAbs - Temperaturas mínimas absolutas.

**Quadro 5.1.1.2-3.** Dados médios da superfície do mar no quadrado entre os paralelos 41°W e 42°W e latitudes 23°S e 24°S no período de 1/1/1960 a 31/05/2007.

	VeloM (m/s)	VeloMx (m/s)	TAR (°C)	TSM (°C)	TAR-TSM (°C)	PresM (hPa)	UR (%)	Neb (%)
Jan	6.6	12.8	25.3	24.8	.6	1012.0	85.2	52
Fev	6.0	12.0	25.7	25.2	.5	1012.3	85.5	52
Mar	5.8	11.3	26.0	25.8	.1	1013.5	84.3	50
Abr	5.7	11.6	25.2	25.4	-.2	1015.4	80.4	51
Mai	6.0	11.9	23.8	24.4	-.6	1016.5	80.4	51
Jun	6.1	12.2	22.9	23.3	-.3	1018.9	80.7	48
Jul	6.6	12.5	22.1	22.4	-.3	1020.5	79.4	45
Ago	6.8	12.9	22.0	22.1	-.1	1019.6	82.2	45
Set	7.3	14.3	21.9	21.8	.1	1017.9	82.9	61
Out	7.0	13.7	22.6	22.3	.3	1014.8	83.7	62
Nov	7.0	13.4	23.7	23.2	.6	1013.1	82.7	62
Dez	6.9	13.2	24.5	24.0	.5	1012.0	84.1	64
Médias	6.49	12.64	23.83	23.73	.09	1015.53	82.63	53.5

Fonte: Banco de dados da NOAA/CDC, <http://www.cdc.noaa.gov/coads/e-doc/>.

VeloM – velocidade média do vento. VeloMx – velocidade máxima do vento. TAR - temperatura média do ar. TSM - temperatura média da superfície do mar. (TAR-TSM) – diferença entre a temperatura do ar e do mar. PresM - pressão atmosférica média. UR – umidade relativa média. Neb – nebulosidade média.

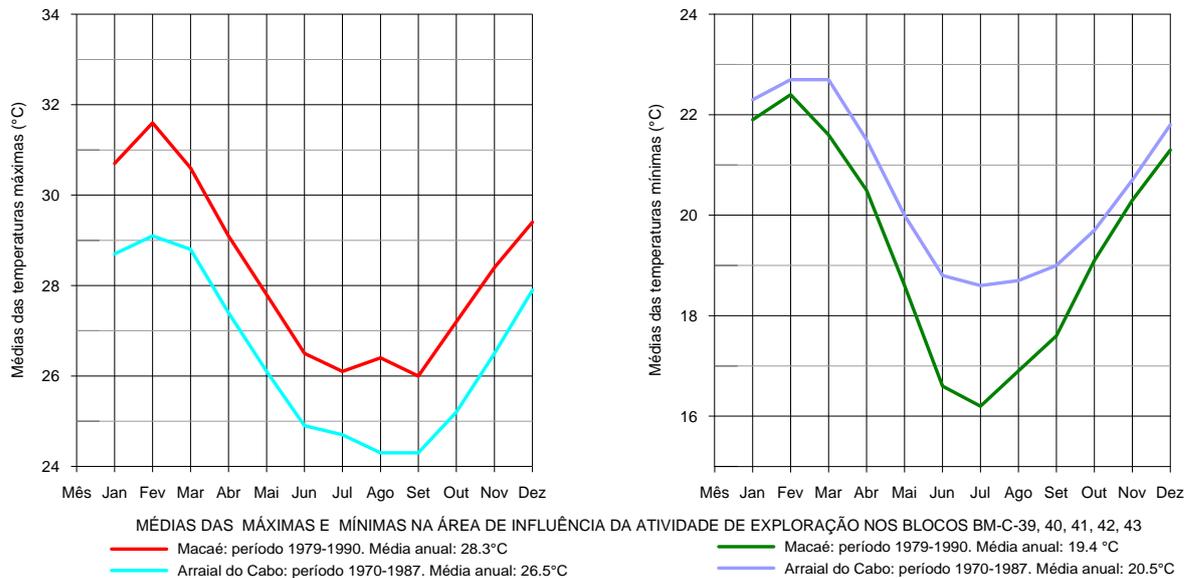
Em terra, o mês mais frio foi julho, quando a temperatura média desceu para 20,4 °C, no mar, as temperaturas somente vão atingir valores mínimos em setembro (21,9°C). É notável o regime das temperaturas em Arraial do Cabo, seu padrão de variação é bastante similar ao da

área oceânica. Isto indica que o clima da região de Cabo Frio sofre influência marítima de modo similar às ilhas oceânicas, onde as temperaturas médias são reguladas pela temperatura do mar. Pode ser visto nos gráficos da Figura 5.1.1.2-1 que em Arraial do Cabo e no mar as temperaturas apresentam amplitudes térmicas menores (4,1 °C) entre o mês mais quente o mês mais frio quando comparadas com a amplitude de Macaé (5,9 °C).

As temperaturas médias anuais são maiores no mar (TAR = 23,8 °C e TSM = 23,7 °C), ver o Quadro 5.1.1.2-3. Em Macaé, a média anual foi de 23,3 °C. Os extremos de temperatura são mais amplos em terra devido ao rápido resfriamento noturno e ao forte aquecimento diurno.

## b) Temperaturas máximas e mínimas

Em Macaé, as médias das temperaturas máximas diárias variaram de 31,6 °C (fevereiro) a 26,1 °C (julho), e a média anual foi de 28,3 °C. Em Arraial do Cabo, as temperaturas máximas tiveram comportamento mais moderado (Figura 5.1.1.2-2 lado esquerdo), foram de 29,1 °C em fevereiro a 24,3 °C em agosto e setembro (Quadro 5.1.1.2-2). Houve uma diferença de 1,8 °C entre a média das máximas de Macaé e de Arraial do Cabo. Em todos os meses do ano, a média das temperaturas máximas diárias em Macaé foi mais alta do que em Arraial do Cabo. Por outro lado, ao contrário da média das máximas diárias, a média das mínimas foi mais elevada em Arraial do Cabo em todos os meses do ano, ver gráficos da Figura 5.1.1.2-2. Em Arraial do Cabo, a amplitude térmica anual foi de 6 °C, ao passo que em Macaé foi de 8,9 °C. Novamente, as menores amplitudes térmicas de Arraial do Cabo demonstram seu clima oceânico.

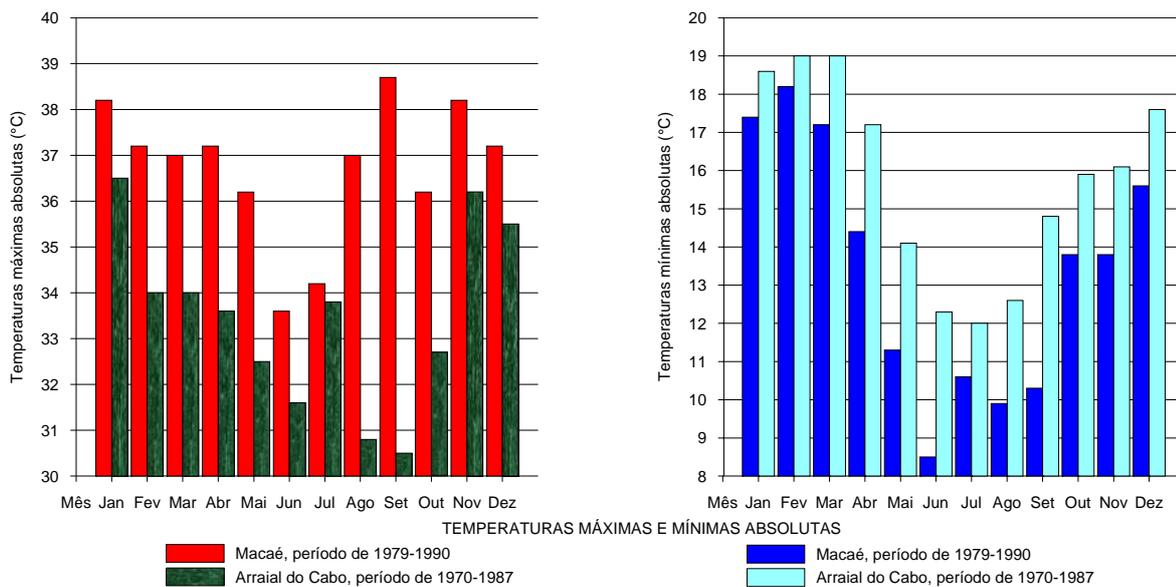


**Figura 5.1.1.2-2.** Médias das temperaturas máximas e das mínimas em Macaé e Arraial do Cabo. (Fonte: dados INMET).

### c) Temperaturas máximas e mínimas absolutas

As temperaturas máximas e mínimas absolutas são representadas por aqueles valores extremos da série de dados medidos durante certo período. A temperatura mínima absoluta registrada em Macaé durante o período de 1979-1990 foi de 8,5 °C (mês de junho). Em Arraial do Cabo, a mínima absoluta foi de 12,0 °C (julho), Figura 5.1.1.2-3.

A temperatura máxima absoluta foi de 38,7 °C em Macaé (setembro) e de 36,5 °C em Arraial do Cabo (janeiro), Figura 5.1.1.2-3.



**Figura 5.1.1.2-3.** Temperaturas máximas e mínimas absolutas em Macaé e Arraial do Cabo.  
 (Fonte: dados INMET).

#### d) Pressões

As pressões atmosféricas no nível do mar na região da Bacia de Campos oscilam durante o ano em conformidade com os movimentos sazonais do anticiclone do Atlântico Sul. Sobre o continente, em qualquer época do ano, as pressões são relativamente mais baixas, sendo mínimas no verão e máximas no inverno. Esse centro de alta pressão se afasta do continente na estação das chuvas, no verão. O centro do anticiclone do Atlântico Sul muda de posição durante o ano, no inverno, situa-se na latitude de 27°S e longitude de 15°W. No verão, afasta-se para a posição de 33°S e 5°W. A velocidade dessas migrações do centro do anticiclone afeta os padrões anuais de variação das pressões, chuvas e temperaturas em todo o lado oriental da América do Sul.

Os Quadros 5.1.1.2-3, 5.1.1.2-4 e 5.1.1.2-5 resumem as estatísticas mensais dos dados de pressão atmosférica na área do Bloco BM-C-41 (1960-2007), em Macaé (período 1979-1990) e em Arraial do Cabo (período 1970-1987). A Figura 5.1.1.2-4 apresenta os dados de pressão atmosférica para a área do bloco, Arraial do Cabo e Campos dos Goytacazes. Por falta de séries longas de dados de pressão em Macaé, foi apresentada a série de dados de Campos que dista cerca de 40 km do Cabo de São Tomé, no mesmo município.

**Quadro 5.1.1.2-4.** Parâmetros normais de chuvas, evaporação, UR, pressão, insolação e nebulosidade em Macaé no período de 1979 – 1990.

	Presm (hPa) (a)	Preci (mm)	Evap (mm)	ChuM24 (mm)	UR (%)	Insol (h)	Neb (%)
Jan	1012.1	123.2	82.3	78.8	81	192.8	60
Fev	1013	76.2	78.4	121.9	81	204.6	50
Mar	1013.4	115.5	74.9	81.9	83	192.3	50
Abr	1015.5	111.0	68.0	207.0	83	178.9	50
Mai	1016.9	47.9	66.6	48.3	82	188.9	40
Jun	1019	50.6	71.0	69.6	81	181.3	40
Jul	1020.5	67.9	79.6	137.9	80	195.2	40
Ago	1019.8	33.7	84.2	31.7	80	175.1	40
Set	1018.2	77.9	81.7	57.0	80	127.5	60
Out	1015.6	99.4	80.1	61.2	81	145.5	70
Nov	1013.6	137.5	77.2	121.2	82	163.7	60
Dez	1012.1	181.4	76.9	97.1	83	149.6	70
<b>Ano</b>	<b>1015.8</b>	<b>1122.2</b>	<b>920.9</b>	<b>207.0</b>	<b>81</b>	<b>2095.4</b>	<b>53</b>

Fonte: INMET (1984). - (a) Pressões do período 1973-1995. Banco de dados do National Climatic Data Center (NCDC): <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/g sod>.

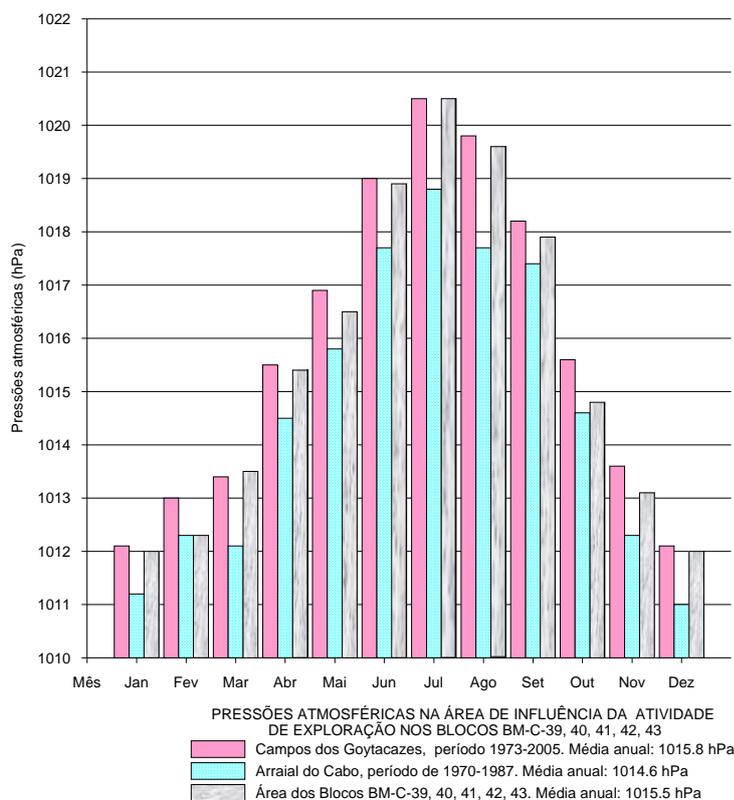
PresM - pressão atmosférica média. Preci – precipitação. Evap – taxa de evaporação. ChuM24 – chuva máxima de 24 horas. UR – umidade relativa média. Insol – número médio de horas de insolação. Neb – nebulosidade média.

**Quadro 5.1.1.2-5.** Parâmetros normais de chuvas, evaporação, UR, pressão, insolação e nebulosidade em Arraial do Cabo no período 1970-1987.

	PresM (hPa)	Preci (mm)	Evap (mm)	ChuM24 (mm)	UR (%)	Insol (h)	DChuva
Jan	1011.2	78.1	80.9	97.2	82	239.8	10
Fev	1012.3	44.1	78.5	100.7	82	235.2	6
Mar	1012.1	52.8	77.4	65.2	82	227.8	8
Abr	1014.5	78.3	74.4	138.0	80	196.3	10
Mai	1015.8	69.1	71.2	81.5	81	214.3	10
Jun	1017.7	43.9	67.5	49.4	81	201.1	8
Jul	1018.8	44.7	78.3	57.5	80	218.5	8
Ago	1017.7	36.1	79.8	37.6	81	203.7	8
Set	1017.4	61.0	83.3	51.6	81	156.2	10
Out	1014.6	80.7	78.7	59.0	82	179.1	11
Nov	1012.3	81.0	79.8	61.2	82	189.6	12
Dez	1011.0	101.1	78.6	94.0	82	201.6	12
<b>Ano</b>	<b>1014.6</b>	<b>770.9</b>	<b>928.4</b>	<b>138.0</b>	<b>81</b>	<b>2463.2</b>	<b>113</b>

Fonte: CIDE - RJ; 1995)

PresM - pressão atmosférica média. Preci – precipitação. Evap – taxa de evaporação. ChuM24 – chuva máxima de 24 horas. UR – umidade relativa média. Insol – número médio de horas de insolação. DChuva – número de dias chuvosos.



**Figura 5.1.1.2-4.** Pressões atmosféricas no nível do mar na área do Bloco BM-C-41. (Fonte: dados I-COADS), em Campos dos Goytacazes e em Arraial do Cabo. (Fonte: dados INMET).

Como se pode verificar na Figura 5.1.1.2-4, as pressões são mínimas no verão, quando baixam a valores de 1.011 hPa em Arraial do Cabo e de 1012 hPa na área do Bloco e em Campos dos Goytacazes. No inverno, são atingidos os valores máximos de 1.020,5 hPa na área do Bloco e em Campos (julho).

#### e) Umidade relativa

Os Quadros 5.1.1.2-3, 5.1.1.2-4 e 5.1.1.2-5 dão os valores da umidade relativa média na área do Bloco, em Macaé e Arraial do Cabo, respectivamente. A Figura 5.1.1.2-5 ilustra a variação da UR durante o ano. Pode ser visto que no oceano, durante o verão, a umidade é significativamente mais alta. A umidade relativa média anual foi de 81% tanto em Macaé como em Arraial do Cabo. Na área do Bloco foi de 82,6%. Nos meses mais frios, a média da UR desce a 80% no continente e a 79,4% no mar.



**Figura 5.1.1.2-5.** Umidade relativa média na área do Bloco.

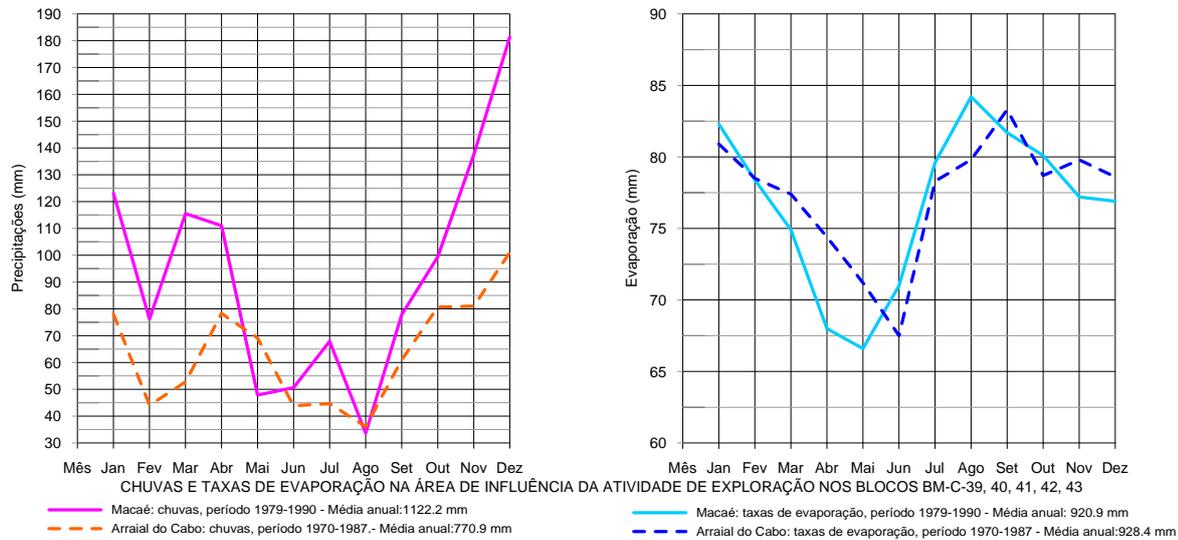
(Fonte: dados I-COADS), em Macaé e em Arraial do Cabo (Fonte: dados INMET).

## f) Precipitações e evaporação

Os Quadros 5.1.1.2-4 e 5.1.1.2-5, e a Figura 5.1.1.2-6 mostram as médias mensais das precipitações e da evaporação em Macaé e Arraial do Cabo. Conforme pode ser verificado, não existe uma estação do ano propriamente seca, com menos de 30 mm de chuva ao mês, tanto em Macaé como em Arraial do Cabo. A média anual das chuvas foi de 1.122,2 mm em Macaé e de 770,9 mm em Arraial do Cabo. Embora em Arraial do Cabo as precipitações tenham sido 31% menores que em Macaé, observa-se a distribuição mensal bastante regular.

O período do ano mais seco foi o quadrimestre maio/agosto. O mês com maior pluviosidade na região é dezembro. O mês de fevereiro caracteriza-se por apresentar uma pequena estiagem, em alguns anos pode passar sem precipitações. A estação das chuvas vai de outubro a abril.

O total anual da evaporação foi de 920,9 mm em Macaé e de 928,4 mm em Arraial do Cabo, ver a Figura 5.1.1.2-6 lado direito. Em relação ao total anual das precipitações, Macaé apresentou um superávit de 201,3 mm e Arraial do Cabo um déficit de 157,5 mm. Na média, o mês mais seco foi agosto.

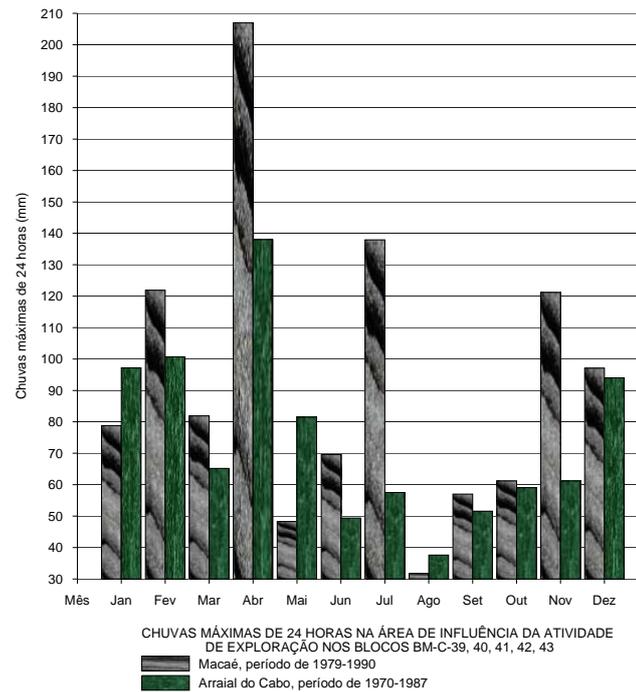


**Figura 5.1.1.2-6.** Precipitações e taxas de evaporação em Macaé e Arraial do Cabo.  
(Fonte: dados INMET).

Ressalta-se que esses parâmetros somente podem ser observados por estação fixa em terra, o que impossibilita a geração de dados na região oceânica do bloco. Isso porque a evaporação é medida através da perda de água de um tanque de evaporação, instalado em terreno plano e coberto de grama, com a sua borda mais elevada o nível do gramado. A precipitação por sua vez é medida por um pluviômetro instalado em certo ponto do cercado da estação meteorológica, tendo a borda do recipiente coletor com altura máxima de um metro acima do solo.

### g) Chuvas máximas de 24 horas

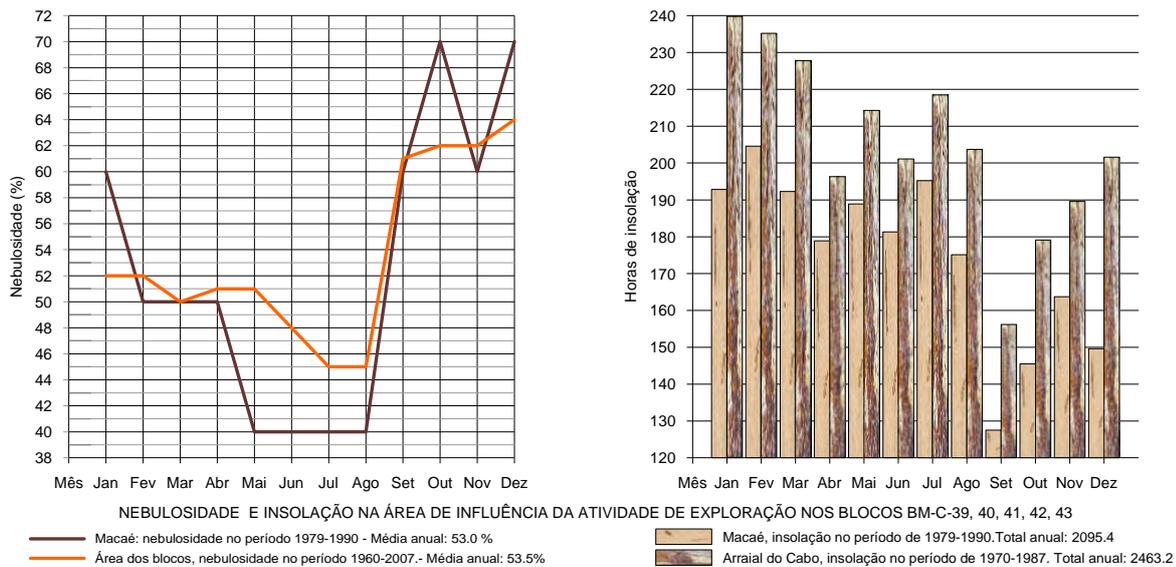
Em Macaé e em Arraial do Cabo, a chuva máxima do período de 24 horas ocorreu no mês de abril, sendo respectivamente de 207 mm e de 138 mm, ver a Figura 5.1.1.2-7 e os Quadros 5.1.1.2-4 e 5.1.1.2-5.



**Figura 5.1.1.2-7.** Chuvas máximas de 24 horas em Macaé e Arraial do Cabo.  
(Fonte: dados INMET).

#### h) Insolação e nebulosidade

Os Quadros 5.1.1.2-4 e 5.1.1.2-5, e mais a Figura 5.1.1.2-8 mostram o número de horas mensais de insolação em Macaé no período de 1979–1990 e em Arraial do Cabo no período 1970-1987. O fluxo da radiação solar é máximo ao meio-dia da hora local e depende da altura do Sol, portanto, é uma função da latitude, da data e da hora. Além dos fatores astronômicos, as condições meteorológicas juntamente com a cobertura de nuvens, a poeira e a fumaça interferem na incidência solar sobre um determinado lugar.



**Figura 5.1.1.2-8.** Nebulosidade e insolação na área do Bloco.

(Fonte: dados I-COADS), em Macaé e em Arraial do Cabo (Fonte: dados INMET).

A área de Macaé recebeu em média 2.095,4 horas de insolação. Em Arraial do Cabo, o número de horas de sol foi maior, chegou a 2.463,2 horas. Embora fevereiro seja um mês mais curto, foi o que teve a maior número de horas de sol em Macaé, teve a média de 204,6 horas. As condições de insolação em Arraial do Cabo são similares, todavia, em Arraial do Cabo, o sol brilhou mais longamente cerca de uma hora por dia. O mês menos insolado foi setembro, quando começa a estação das chuvas e ocorre a mudança de estação, Figura 5.1.1.2-8.

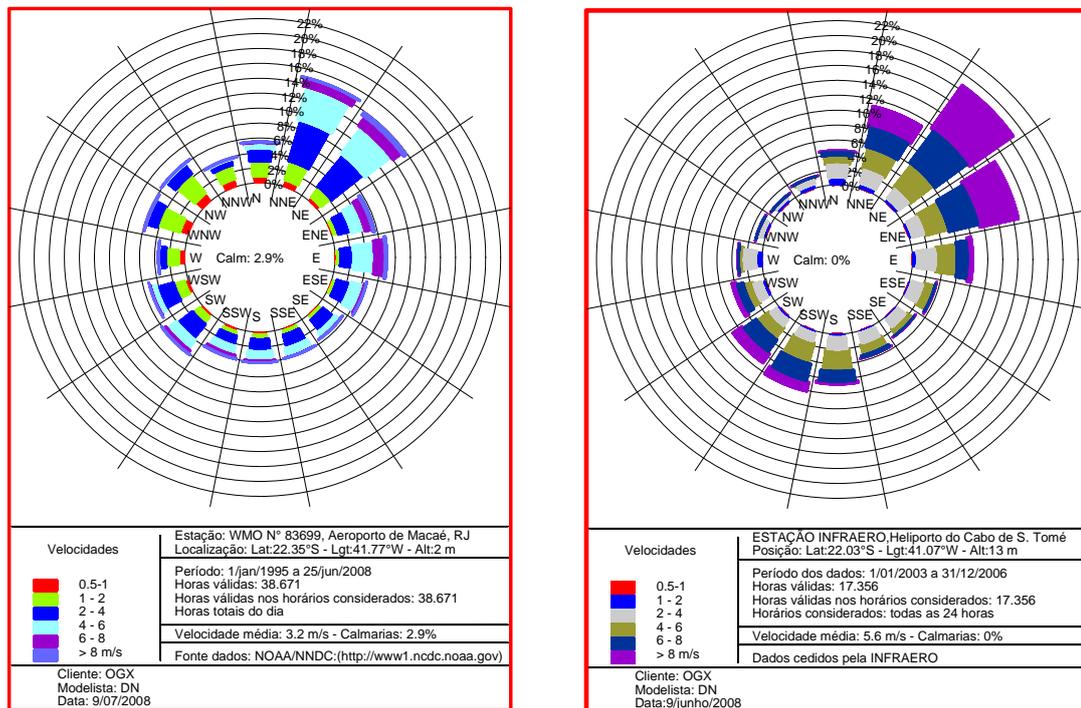
Nas estações meteorológicas, a observação da nebulosidade (Quadros 5.1.1.2-3 e 5.1.1.2-4) é feita somente três ou quatro vezes ao dia por um observador treinado. Enquanto a insolação é registrada de modo contínuo por um heliógrafo. Devido a essa diferença de métodos de observação, nem sempre há forte correlação entre esses parâmetros. A nebulosidade média anual foi de 53 % em Macaé, no período de 1979-1990. Para Arraial do Cabo não há dados de nebulosidade. As observações oceânicas da nebulosidade na área dos Blocos BM-C-41 no período de 1960-2007 indicaram a média de 53,5%, praticamente igual ao valor de Macaé. Não há dados de nebulosidade para Arraial do Cabo, mas, foram registrados os números de dias chuvosos de cada mês, ver o Quadro 5.1.1.2-5. A média anual é de 113 de dias chuvosos.

Da mesma maneira que os parâmetros do item f (evaporação e precipitação), esses parâmetros somente podem ser observados por estação fixa em terra, o que impossibilita a geração de dados na região oceânica do bloco.

### i) Ventos

A análise dos ventos ao longo do litoral foi realizada com dados horários do Cabo de São Tomé (período 2003-2006), de Macaé (período jan/1995 - jun/2008), de Arraial do Cabo (jan/1965 - dez/1980) e da área do Bloco (período jan/1960 - mai/2007).

A Figura 5.1.1.2-9 a seguir apresenta a rosa dos ventos no Cabo de São Tomé:

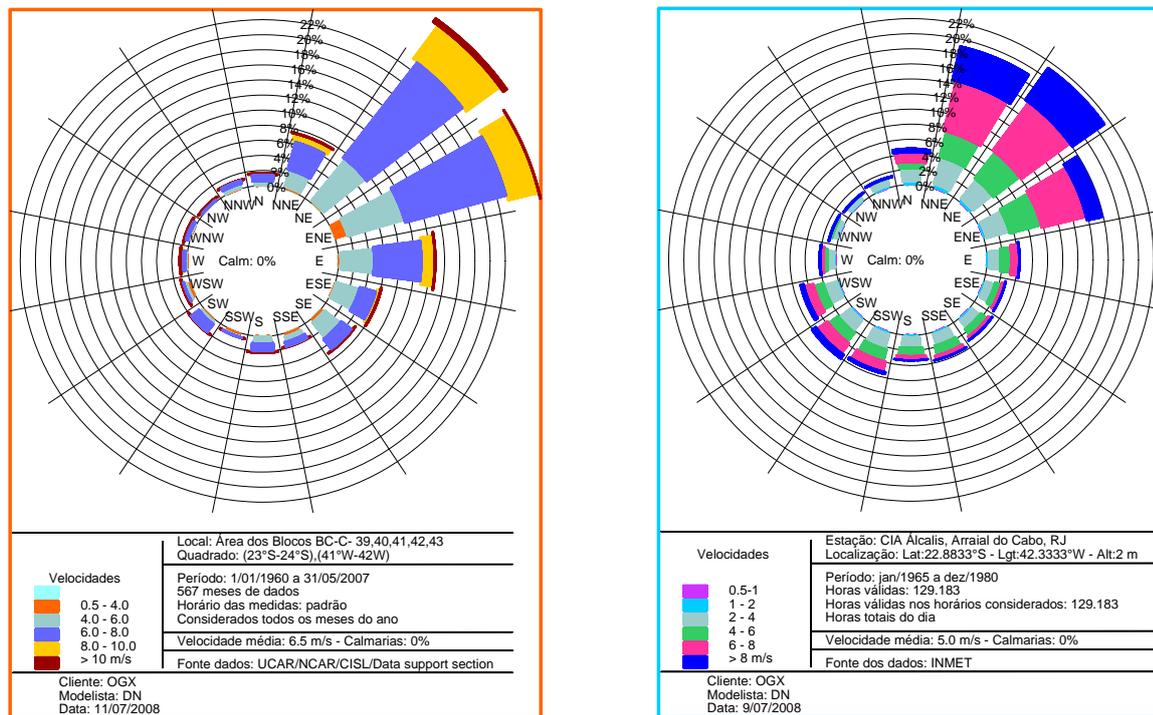


**Figura 5.1.1.2-9.** Rosa dos ventos no Cabo de São Tomé.  
(Fonte: dados INFRAERO) e em Macaé (NOAA/NNDC).

No Cabo de São Tomé, os ventos característicos do litoral aparecem fortes de nordeste (NE-18,7%) e dos setores norte-nordeste (NNE-11,1%) e este-nordeste (ENE-14,7%), ver a Figura 5.1.1.2-9, lado direito. Em Macaé, os ventos de nordeste (NE-13,9%) e de norte-nordeste (NNE-14,9%) surgem com freqüências relevantes. Ao comparar a rosa dos ventos do Cabo de São Tomé com aquela de Macaé, nota-se que há um regime de ventos do quadrante nordeste (NE) muito bem definido no Cabo de São Tomé. Ocorre que o Cabo de São Tomé está diretamente exposto aos ventos provenientes do oceano. Seu percurso sobre a superfície da terra é mais curto, por isso sofre menor impacto da rugosidade da superfície e adquire menor grau de turbulência antes de atingir a estação. A mesma condição pode ser observada em Arraial do Cabo

(ver gráfico Figura 5.1.1.2-10, direita), onde a rosa dos ventos exibe forte semelhança de padrão de distribuição das frequências: ventos de norte-nordeste (NNE-19,1%), nordeste (NE-21,2%), este-nordeste (ENE-15,8%). Inclusive as velocidades médias apresentam valores próximos de 5 m/s em Arraial do Cabo e de 5,6 m/s no Cabo de São Tomé, valores esses bastante próximos da média no bloco oceânicos (6,5 m/s), Figura 5.1.1.2-10 lado esquerdo. Em Macaé, verifica-se uma maior dispersão da distribuição das frequências de direção, conseqüentemente, as velocidades médias são menores: 2,9 m/s.

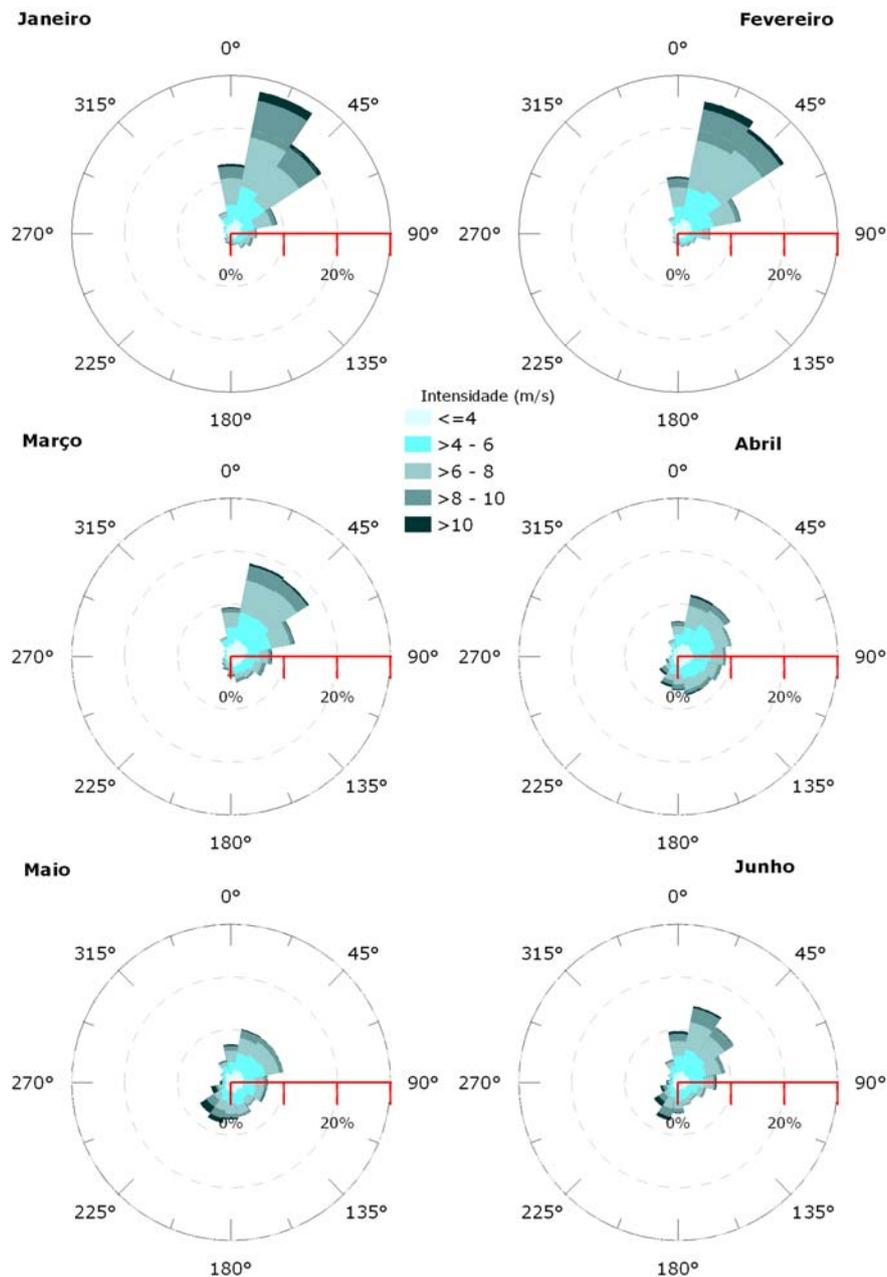
Na área do Bloco BM-C-41, os ventos não estão sujeitos aos efeitos da rugosidade irregular da superfície do terreno, nem ao súbito aquecimento e esfriamento diário da superfície. A área do Bloco além de estar livre desses fatores heterogêneos da interface atmosfera-superfície, fica fora da célula de recirculação diária criada pelas brisas do mar ao longo do litoral. Em vista dessa condição, a direção dos fluxos de ar na área é determinada predominantemente pela circulação do anticiclone do Atlântico Sul, de forma que a distribuição de frequências dos ventos surge concentrada em poucos setores: nordeste (NE-29,5%), este-nordeste (ENE-27,5%), este (E-12,7%) e norte-nordeste (NNE-7,4%), ver a Figura 5.1.1.2-10.



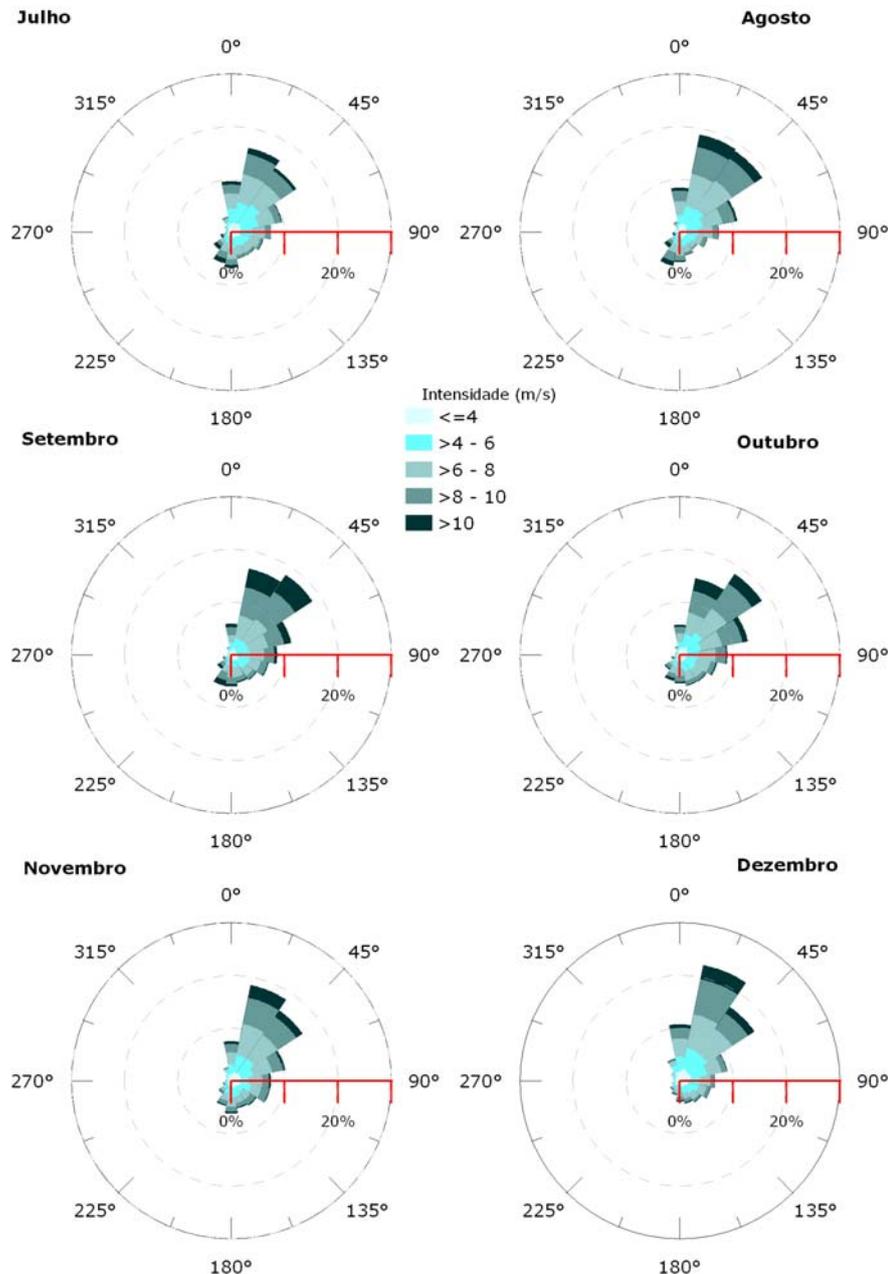
**Figura 5.1.1.2-10.** Rosa dos ventos na área do Bloco BM-C-41. (Fonte: dados I-COADS) e em Arraial do Cabo (Fonte: dados INMET).

Em Arraial do Cabo e no Cabo de São Tomé existe um regime de vento secundário do quadrante sudoeste (SW), em Macaé esse regime aparece com menor evidência.

Para avaliar o comportamento direcional do vento ao longo do ano, nas Figuras 5.1.1.2-11 e 5.1.1.2-12 são apresentadas as rosas dos ventos para o período de janeiro a junho, e julho a dezembro, elaboradas com os dados de vento das reanálises do NCEP.



**Figura 5.1.1.2-11.** Rosa dos ventos na área dos Bloco BM-C-41 para o período de janeiro a junho. Fonte: NCEP.

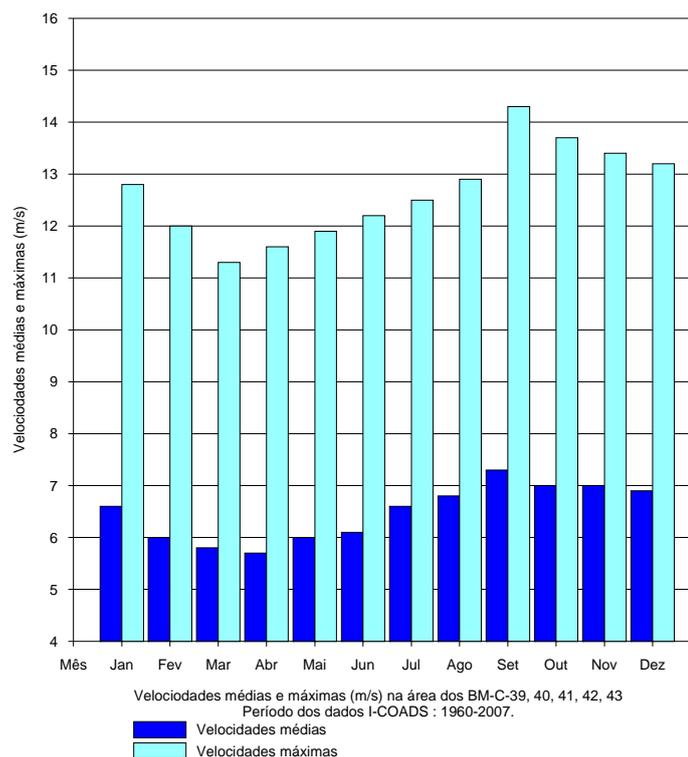


**Figura 5.1.1.2-12.** Rosa dos ventos na área do Bloco BM-C-41 para o período de julho a dezembro. Fonte: NCEP.

A partir das rosas, pode-se observar que ao longo de todo o ano predominam os ventos de nordeste na região do Bloco BM-C-41, entretanto, no período de outono e inverno há uma maior contribuição relativa de ventos do quadrante sul. Durante o outono, principalmente nos meses de abril e maio, há um maior espalhamento direcional dos ventos, com ventos de S e SE apresentando percentuais mais próximos aos de NE.

A Figura 5.1.1.2-13 apresenta as velocidades médias mensais e as velocidades máximas observadas na área do bloco BM-C-41. Nota-se no gráfico que as velocidades são menores no mês de abril, a partir daí crescem até atingir valores máximos no início da primavera em setembro.

As médias mensais das velocidades foram de 5,7 m/s a 7 m/s. As velocidades máximas do quinto sextil alcançam valores entre 11 m/s e 15 m/s. Não há registros das velocidades extremas, mas, na ocorrência de tormentas, podem ser esperados valores máximos de 30 m/s.



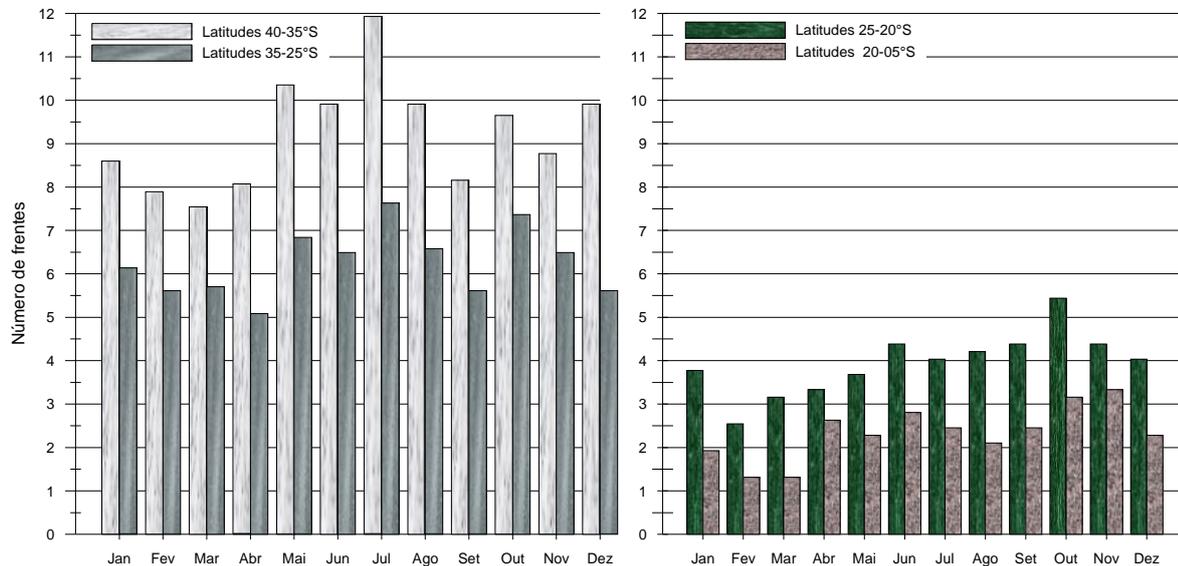
**Figura 5.1.1.2-13.** Velocidades médias e máximas dos ventos do quinto sextil na área do BM-C-39, 40, 41, 42, 43.  
(Fonte: dados I-COADS).

### 5.1.1.3. Condições de Tempo Perturbado

O tempo na região é alterado por perturbações transientes, tanto de origem tropical como extratropical. Alguns dos sistemas meteorológicos violentos, como os tornados e ciclones encontrados nos trópicos e subtropicais, não ocorrem na região do Estado do Rio de Janeiro e no oceano próximo (Schwarzkopf 1982, Fujita 1973).

Os eventos transientes de tempo mais comuns na região são as passagens das frentes frias. Os gráficos da Figura 5.1.1.3-1 mostram a frequência das passagens de frentes frias

causadoras de perturbações das condições normais de tempo na área. Em média, três frentes frias ou perturbações de escala sinóptica atingem mensalmente o Estado do Rio de Janeiro.



**Figura 5.1.1.3-1.** Distribuição das freqüências médias das passagens de frentes frias por faixas latitudinais. Dados de 10 anos de observações sinópticas do período 1975-1984. (Fonte: Oliveira 1986).

No Quadro 5.1.1.3-1 é apresentado o número de passagens de sistemas frontais na Bacia de Campos para o período compreendido entre os anos de 1996 e 2007, obtidos do boletim Climanalise do CPTEC/INPE para sistemas frontais que atingem a região do município de Cabo Frio, no Rio de Janeiro.

**Quadro 5.1.1.3-1.** Ocorrência de sistemas frontais na Bacia de Campos entre os anos de 1996 e 2007. (continua...)

MÊS	ANO													MÉDIA
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total	
Janeiro	1	2	4	1	3	1	1	2	1	3	1	1	21	1,75
Fevereiro	2	1	1	1	4	0	2	0	4	3	1	1	20	1,67
Março	2	2	4	2	3	1	1	2	4	1	4	0	26	2,17
Abril	-	4	4	3	3	2	0	3	2	4	4	3	32	2,67
Maio	2	5	4	6	4	2	1	3	6	2	3	3	41	3,42
Junho	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	4	34	2,83
Julho	6	3	3	3	5	2	5	2	3	3	1	6	42	3,50
Agosto	3	3	3	3	5	0	1	5	4	3	2	3	35	2,92

**Quadro 5.1.1.3-1.** Ocorrência de sistemas frontais na Bacia de Campos entre os anos de 1996 e 2007. (continuação)

MÊS	ANO													MÉDIA
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total	
Setembro	5	6	5	4	2	4	4	5	3	6	2	3	49	4,08
Outubro	4	4	7	4	2	2	3	2	4	4	2	0	38	3,17
Novembro	4	7	3	5	3	3	1	5	4	4	1	4	44	3,67
Dezembro	3	4	2	6	4	3	3	-	3	4	1	2	35	2,92
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>	<b>45</b>	<b>43</b>	<b>42</b>	<b>40</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>31</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>24</b>	<b>30</b>		

Fonte: CPTEC/INPE.

Observa-se, conforme destacado no quadro, que a frequência de ocorrência de sistemas frontais na região foi superior nos anos de 1997 a 2000 e 2004 a 2005, indicando a ocorrência de variações interanuais, apesar da série temporal relativamente curta.

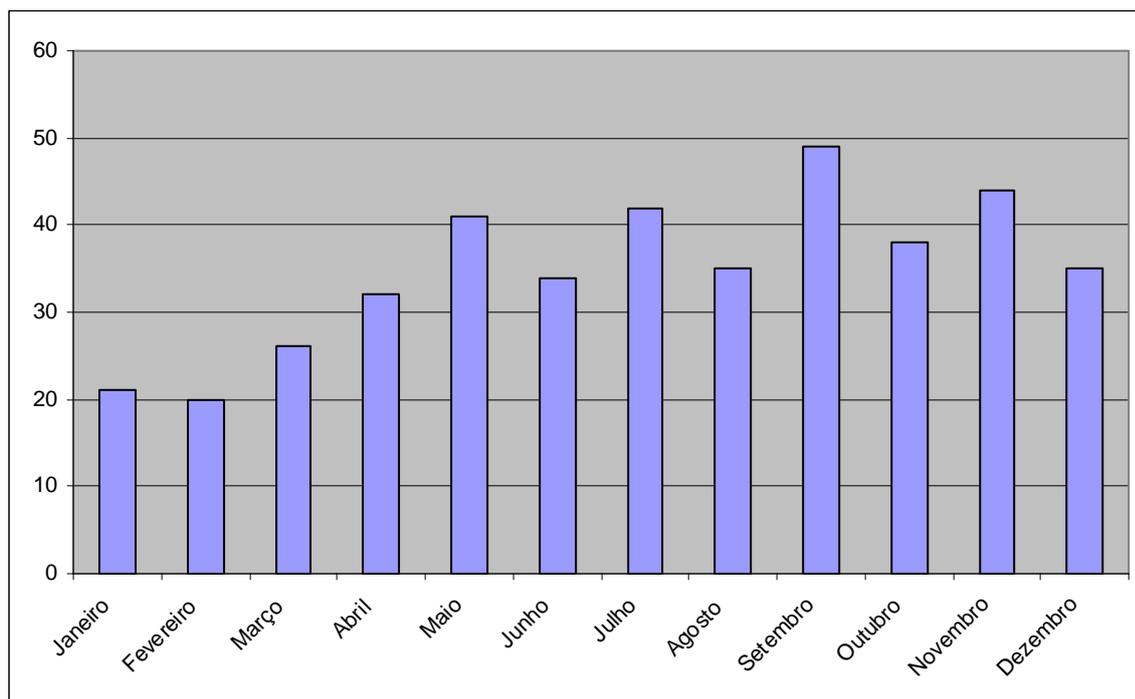
O Quadro 5.1.1.3-2 apresenta o intervalo médio (em dias) entre a passagem de dois sistemas frontais consecutivos na região da Bacia de Campos para os anos de 1996 a 2007, obtidos do CPTEC. Verifica-se que os meses de junho, setembro e novembro apresentam, em média, menores intervalos entre a passagem de dois sistemas frontais consecutivos, enquanto que os meses de janeiro a março, característicos de verão, apresentam os maiores intervalos.

**Quadro 5.1.1.3-2.** Intervalo médio (em dias) de passagem de dois sistemas frontais consecutivos na Bacia de Campos entre os anos de 1996 e 2007.

MÊS	ANO													MÉDIA
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007		
Janeiro	15,50	9,33	6,20	15,00	7,75	15,00	15,50	10,33	15,00	7,75	15,00	15,50	12,32	
Fevereiro	10,33	14,00	15,50	15,00	6,20	30,00	10,33	31,00	6,00	7,75	15,00	15,50	14,72	
Março	10,33	9,33	6,20	10,00	7,75	15,00	15,50	10,33	6,00	15,50	6,00	31,00	11,91	
Abril	-	5,60	6,20	7,50	7,75	10,00	31,00	7,75	10,00	6,20	6,00	7,75	9,61	
Mai	10,33	4,67	6,20	4,29	6,20	10,00	15,50	7,75	4,29	10,33	7,50	7,75	7,90	
Junho	6,20	5,60	6,20	6,00	10,33	10,00	10,33	10,33	10,00	10,33	10,00	6,20	8,46	
Julho	4,43	7,00	7,75	7,50	5,17	10,00	5,17	10,33	7,50	7,75	15,00	4,43	7,67	
Agosto	7,75	7,00	7,75	7,50	5,17	30,00	15,50	5,17	6,00	7,75	10,00	7,75	9,78	
Setembro	5,17	4,00	5,17	6,00	10,33	6,00	6,20	5,17	7,50	4,43	10,00	7,75	6,48	
Outubro	6,20	5,60	3,88	6,00	10,33	10,00	7,75	10,33	6,00	6,20	10,00	31,00	9,44	
Novembro	6,20	3,50	7,75	5,00	7,75	7,50	15,50	5,17	6,00	6,20	15,00	6,20	7,65	
Dezembro	7,75	5,60	10,33	4,29	6,20	7,50	7,75	-	7,50	6,20	15,00	10,33	8,04	

Fonte: CPTEC/ INPE

A Figura 5.1.1.3-2 apresenta a estatística mensal do número de passagens de sistemas frontais na região da Bacia de Campos no período analisado (1996 a 2007). Observa-se, a partir desta, que os meses de janeiro a março, característicos de verão, apresentam menor incidência desses sistemas na região de estudo, enquanto que 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 (49) e média de aproximadamente 4 passagens por mês.



**Figura 5.1.1.3-2.** Número de sistemas frontais que atingiram a Bacia de Campos no Período de 1996 a 2007. Fonte: CPTEC/INPE.

Outro fenômeno meteorológico que perturba o tempo por vários dias seguidos na Região Sudeste do Brasil, e afeta o Estado do Rio de Janeiro, é conhecido pela sigla SACZ (Zona de Convergência do Atlântico Sul). É uma faixa alongada de alta atividade convectiva que começa na região amazônica e se alonga na direção sudeste sobre o Oceano Atlântico. A SACZ é um fenômeno característico do verão e mais raro no inverno. A região de atividade convectiva sobre o continente diminui gradualmente e recua para norte com a aproximação do inverno austral. Na primavera, a atividade convectiva retorna, começando pelo noroeste da Bacia Amazônica.

#### 5.1.1.4. Condições Extremas

Através dos 50 anos (1960 - 2009) de dados da reanálise do NCEP podemos ter uma boa estimativa da ocorrência de eventos extremos por longos períodos de tempo na região próxima ao Bloco BM-C-41. A partir da ocorrência conjunta de direção e intensidade dos ventos (Quadro 5.1.1.4-1), podemos verificar que das 73.052 observações, apenas 198 indicaram ventos com intensidades superiores a 13 m/s. Destes eventos, 76,67% (138 ocorrências) correspondem a ventos do quadrante SW (direções S, SW e W), estando provavelmente associados à passagem de sistemas frontais na região.

Analisando a estatística mensal dos ventos (Quadro 5.1.1.4-2), conclui-se que o período de verão aparece como o menos propício à ocorrência de ventos intensos, com os eventos extremos mais concentrados no outono, inverno e primavera. O evento extremo observado, com velocidades de 16,93 m/s ocorreu em 22 de maio de 1997. Setembro aparece como o mês de ventos mais intensos, com média de 7,02 m/s e média das máximas de 13,04 m/s.

**Quadro 5.1.1.4-1.** Ocorrência conjunta de direção (°) e intensidade (m/s) dos ventos na Bacia de Campos para o período de 1959 a 2008.

DIREÇÃO ->		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTAL	FREQ (%)
INTENSIDADE (M/S)											
0,50	3,00	1317	1583	1380	1172	982	795	707	886	8822	12,08
3,00	5,50	3813	5760	3992	2902	2407	1296	654	1037	21861	29,93
5,50	8,00	5188	9577	4200	2728	2619	1367	288	380	26347	36,07
8,00	10,50	2948	5567	1487	847	1247	1008	132	81	13317	18,23
10,50	13,00	566	982	129	82	238	445	59	6	2507	3,43
> 13,0		15	40	1	4	16	86	36	0	198	0,27
<b>TOTAL</b>		<b>13847</b>	<b>23509</b>	<b>11189</b>	<b>7735</b>	<b>7509</b>	<b>4997</b>	<b>1876</b>	<b>2390</b>	<b>73052</b>	
Freq (%)		18,95	32,18	15,32	10,59	10,28	6,84	2,57	3,27		

Fonte: Reanálise NCEP/NCAR

**Quadro 5.1.1.4-2.** Estatística mensal dos ventos na Bacia de Campos, para o período de 1960 a 2009.

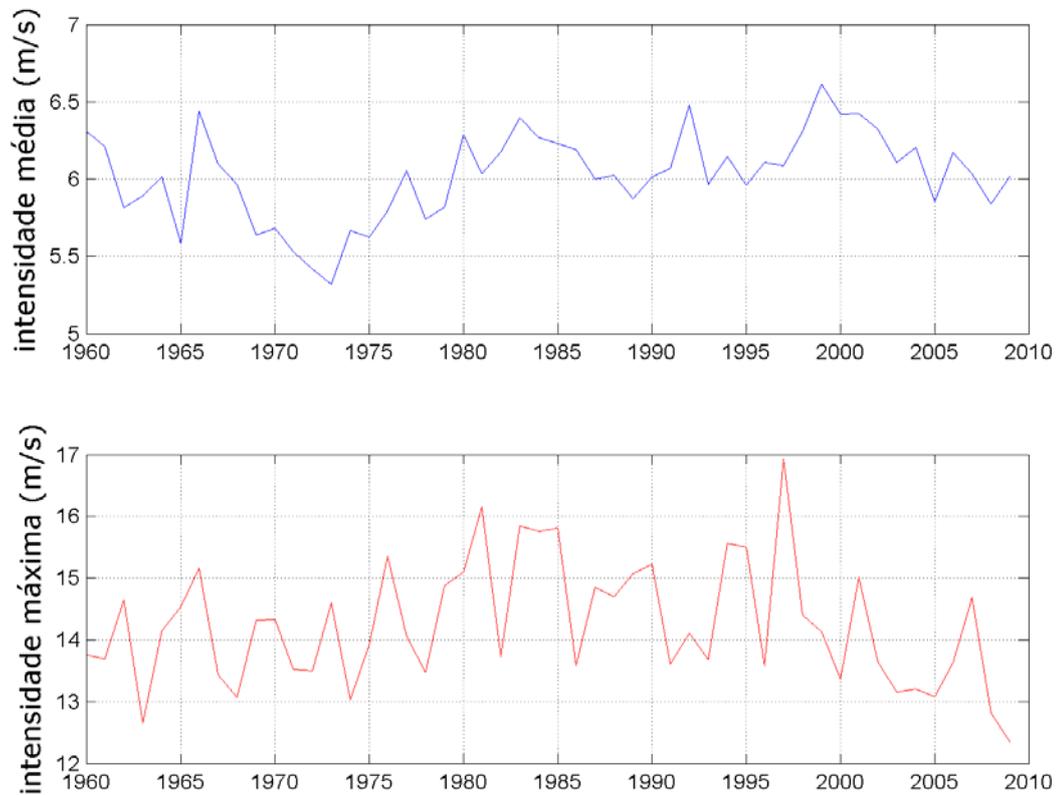
MESES	DIREÇÃO PREDOMINANTE (°)	VELOCIDADE MÉDIA (m/s)	DESVIO PADRÃO (m/s)	VELOCIDADE MÁXIMA ABSOLUTA (m/s)	MÉDIA DAS VELOCIDADES MÁXIMAS (m/s)	DESVIO PADRÃO (m/s)
Janeiro	NE	5,97	2,33	14,10	11,02	1,06
Fevereiro	NE	5,82	2,23	12,97	10,87	0,99
Março	NE	5,28	2,23	12,73	10,75	0,95
Abril	E	5,34	2,24	14,06	11,29	1,38
Maiο	E	5,53	2,49	16,93	12,46	1,82
Junho	NE	5,68	2,40	15,22	12,37	1,49
Julho	NE	6,15	2,42	15,80	12,55	1,43
Agosto	NE	6,52	2,52	15,84	12,61	1,19
Setembro	NE	7,02	2,65	16,14	13,04	1,06
Outubro	E	6,58	2,54	15,60	12,61	1,07
Novembro	NE	6,32	2,53	13,85	12,06	1,10
Dezembro	NE	6,08	2,56	14,76	11,96	1,07

Fonte: Reanálise NCEP/NCAR

Além das variações sazonais já citadas, podem ser verificadas variações interanuais nas intensidades dos ventos na região. Na Figura 5.1.1.4-1 são apresentadas as intensidades médias e máximas anuais para o período entre 1960 e 2009.

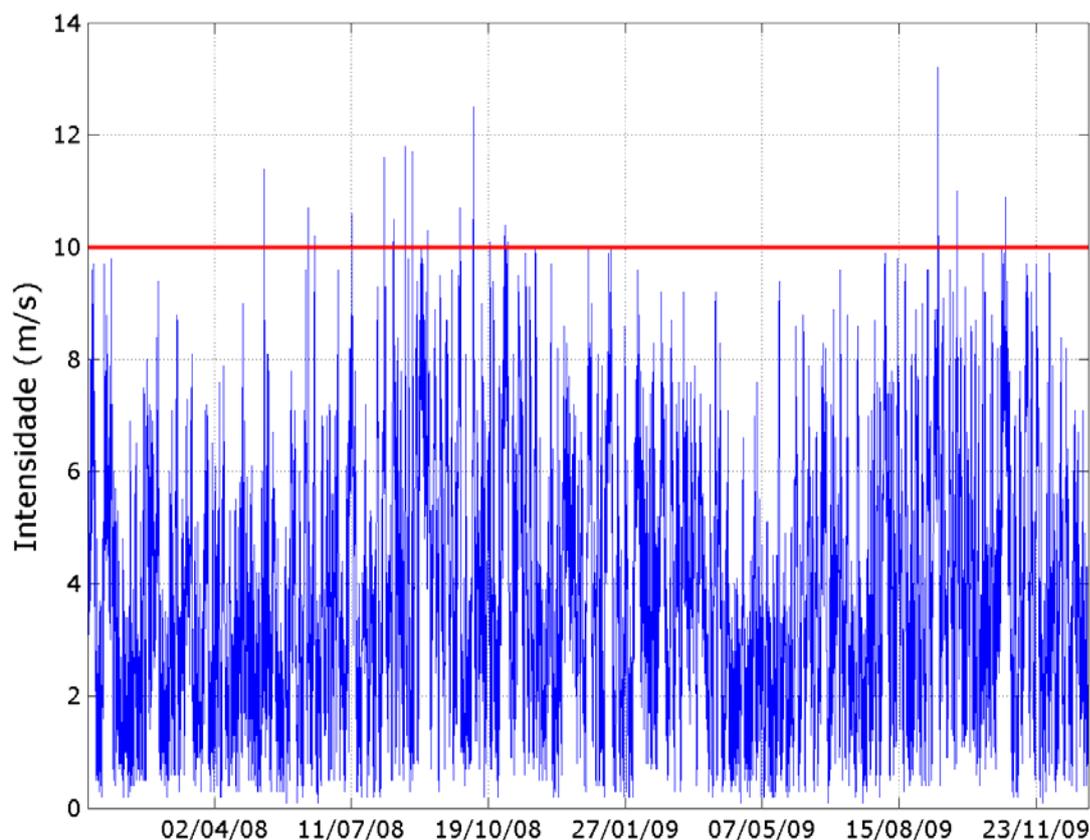
Entre 1960 e 1973, a intensidade média dos ventos apresentou tendência ao decréscimo, e a partir deste ano, houve tendência a intensificação, com a média mais elevada (~6,6 m/s) sendo encontrada no ano de 1999. Deste ano em diante, em média, novamente é verificada uma desintensificação dos ventos.

As intensidades máximas anuais apresentam oscilações bem marcadas com períodos variando entre aproximadamente 3 e 5 anos. A intensidade máxima de aproximadamente 17 m/s foi verificada no ano de 1997.



**Figura 5.1.1.4-1.** Intensidade média (painel superior) e máxima (painel inferior) dos ventos na região do Bloco BM-C-41 entre os anos de 1960 e 2009.  
Fonte: NCEP.

Para avaliação da ocorrência de eventos extremos do regime de ventos em períodos mais curtos, foram utilizados dois anos de dados (2008 e 2009) da estação meteorológica do INMET de Arraial do Cabo – RJ (Figura 5.1.1.4-2). A estes dados foi aplicado um limite de 10 m/s, no qual apenas 0,2% dos ventos apresentaram intensidade superior a este limiar.



**Figura 5.1.1.4-2.** Série temporal de intensidade do vento na estação meteorológica de Arraial do Cabo – RJ, para o período de 1º de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2009. A linha vermelha representa o limite de 10 m/s.

Do total de 17.544 observações, apenas 37 apresentaram intensidades superiores a 10 m/s. Assim como na análise feita com os dados da reanálise do NCEP, o mês de setembro novamente aparece como o mais propício à ocorrência de eventos extremos, com 11 das 37 ocorrências. Neste mês também foi verificado o máximo da série, com 13,2 m/s.