

# **Diagnóstico do Meio Físico para a Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos**

## **II.5.1.1 Meteorologia**

**Revisão 00  
Janeiro / 2016**



TETRA TECH é responsável pelo conteúdo do presente relatório incluindo: tecnologias, metodologias, especificações técnicas, desenhos, figuras, cópias, diagramas, fórmulas, modelos, amostras, e fluxogramas.

A utilização deste material deverá ser compatível com o escopo do projeto/trabalho contratado, fazendo-se expressa menção ao nome da TETRA TECH como autora do estudo. Da mesma forma, quando a equipe técnica da TETRA TECH for incorporada na equipe técnica da empresa contratante, esta deverá ser mencionada, e referenciada, como: “consultores da TETRA TECH”. Qualquer dúvida ou alteração desta conduta deverá ser discutida entre o cliente e a TETRA TECH.

TETRA TECH, 2016. Diagnóstico do Meio Físico para a Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos - II.5.1.1 Meteorologia. Relatório Técnico, Revisão 00 (15 de janeiro de 2016). 105pp.

## ÍNDICE GERAL

LISTA DE QUADROS .....	3
LISTA DE FIGURAS .....	7
II.5.1.1 METEOROLOGIA .....	15
A) INTRODUÇÃO .....	15
Sistemas Meteorológicos em Macroescala .....	15
Sistemas Meteorológicos em Meso e Microescala.....	20
B) BASES DE DADOS.....	21
C) CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS METEOROLÓGICOS .....	25
Temperatura do Ar .....	25
Precipitação .....	31
Insolação.....	37
Evaporação .....	40
Umidade Relativa do Ar .....	42
Pressão Atmosférica .....	48
Regime de Ventos.....	54
D) CARACTERIZAÇÃO DE CONDIÇÕES EXTREMAS .....	88
E) IDENTIFICAÇÃO DA SAZONALIDADE .....	100
F) CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	101
G) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	102
H) EQUIPE TÉCNICA.....	104



**LISTA DE QUADROS**

<b>QUADRO</b>	<b>PÁG.</b>
Quadro II.5.1.1-1 – Informações das bases de dados com medidas pontuais de parâmetros meteorológicos (datum SIRGAS 2000). .....	23
Quadro II.5.1.1-2 – Informações das bases de dados de parâmetros meteorológicos com distribuição espacial (datum SIRGAS 2000). .....	24
Quadro II.5.1.1-3 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o verão (janeiro a março), a partir de dados medidos na estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ) no período de 2003 a 2015. ....	61
Quadro II.5.1.1-4 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o outono (abril a junho), a partir de dados medidos na estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ) no período de 2003 a 2015. ....	61
Quadro II.5.1.1-5 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o inverno (julho a setembro), a partir de dados medidos na estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ) no período de 2003 a 2015. ....	62
Quadro II.5.1.1-6 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para a primavera (outubro a dezembro), a partir de dados medidos na estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ) no período de 2003 a 2015. ....	62
Quadro II.5.1.1-7 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o verão (janeiro a março), a partir de dados medidos na estação METAR de Florianópolis (SBFL) no período de 2003 a 2015. ....	65
Quadro II.5.1.1-8 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o outono (abril a junho), a partir de dados medidos na estação METAR de Florianópolis (SBFL) no período de 2003 a 2015. ....	65
Quadro II.5.1.1-9 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o inverno (julho a setembro), a partir de dados medidos na estação METAR de Florianópolis (SBFL) no período de 2003 a 2015. ....	66
Quadro II.5.1.1-10 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para a primavera (outubro a dezembro), a partir de dados medidos na estação METAR de Florianópolis (SBFL) no período de 2003 a 2015. ....	66
Quadro II.5.1.1-11 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o verão (janeiro a março), a partir de dados medidos na estação PCD/INPE de Ubatuba no período de 2007 a 2015. ....	70

<b>QUADRO</b>	<b>PÁG.</b>
Quadro II.5.1.1-12 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o outono (abril a julho), a partir de dados medidos na estação PCD/INPE de Ubatuba no período de 2007 a 2015. ....	70
Quadro II.5.1.1-13 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o inverno (julho a setembro), a partir de dados medidos na estação PCD/INPE de Ubatuba no período de 2007 a 2015. ....	71
Quadro II.5.1.1-14 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para a primavera (outubro a dezembro), a partir de dados medidos na estação PCD/INPE de Ubatuba no período de 2007 a 2015. ....	71
Quadro II.5.1.1-15 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o verão (janeiro a março), a partir de dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis no período de 2011 a 2012. ....	75
Quadro II.5.1.1-16 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o outono (abril a junho), a partir de dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis no período de 2011 a 2012. ....	75
Quadro II.5.1.1-17 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o inverno (julho a setembro), a partir de dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis no período de 2011 a 2012. ....	76
Quadro II.5.1.1-18 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para a primavera (outubro a dezembro), a partir de dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis no período de 2011 a 2012. ....	76
Quadro II.5.1.1-19 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o verão (janeiro a março), a partir de dados medidos na plataforma MLZ1 no período de 2006 a 2007. ....	78
Quadro II.5.1.1-20 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o outono (abril a julho), a partir de dados medidos na plataforma MLZ1 no período de 2006 a 2007. ....	78
Quadro II.5.1.1-21 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o inverno (julho a setembro), a partir de dados medidos na plataforma MLZ1 no período de 2006 a 2007. ....	79
Quadro II.5.1.1-22 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para a primavera (outubro a dezembro), a partir de dados medidos na plataforma MLZ1 no período de 2006 a 2007. ....	79
Quadro II.5.1.1-23 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para o verão (janeiro a março), a partir de dados da reanálise CFSR no ponto de estudo (PC) no período de 1979 a 2015. ....	83

QUADRO	PÁG.
Quadro II.5.1.1-24 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para o outono (abril a julho), a partir de dados da reanálise CFSR no ponto de estudo (PC) no período de 1979 a 2015. ....	83
Quadro II.5.1.1-25 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para o inverno (julho a setembro), a partir de dados da reanálise CFSR no ponto de estudo (PC) no período de 1979 a 2015. ....	84
Quadro II.5.1.1-26 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para a primavera (outubro a dezembro), a partir de dados da reanálise CFSR no ponto de estudo (PC) no período de 1979 a 2015.....	84
Quadro II.5.1.1-27 – Número de eventos extremos por estação do ano segundo dados da reanálise CFSR sobre o ponto de análise no período de 1979 a 2013. ....	89
Quadro II.5.1.1-28 – Número de eventos extremos por estação do ano segundo dados de vento medidos na estação METAR do Rio de Janeiro no período de 2002 a 2015..	91
Quadro II.5.1.1-29 – Número de eventos extremos por estação do ano segundo dados de vento medidos na estação METAR de Florianópolis (SBFL) no período de 2003 a 2015. ....	93
Quadro II.5.1.1-30 – Número de eventos extremos por estação do ano segundo dados de vento medidos na estação PCD/INPE de Ubatuba no período de 2007 a 2015.....	95
Quadro II.5.1.1-31 – Número de eventos extremos por estação do ano segundo dados de vento medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis nos anos de 2011 e 2012.....	97
Quadro II.5.1.1-32 – Número de eventos extremos por estação do ano segundo dados de vento medidos na plataforma MLZ1 nos anos de 2006 e 2007.....	99



**LISTA DE FIGURAS**

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
Figura II.5.1.1-1 – Exemplos de observação da ASAS em carta sinótica ao nível de superfície (acima) e através de imagem de satélite (abaixo) em situações de verão e inverno. ....	17
Figura II.5.1.1-2 – Exemplos de observação do deslocamento de um sistema frontal em carta sinótica ao nível de superfície (acima) e através de imagem de satélite (abaixo), em condições de aproximação do sistema e após sua passagem sobre a região Sudeste do Brasil.....	19
Figura II.5.1.1-3 – Exemplo da observação de um episódio de ZCAS em carta sinótica ao nível de superfície (esquerda) e através de imagem de satélite (direita).....	20
Figura II.5.1.1-4 – Localização dos parâmetros meteorológicos analisados e dos vértices delimitando a área dos projetos do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos (PPSBS).....	24
Figura II.5.1.1-5 – Climatologia de verão (janeiro a março) da temperatura do ar (°C) segundo dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS. ....	25
Figura II.5.1.1-6 – Climatologia de outono (abril a junho) da temperatura do ar (°C) segundo dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS. ....	26
Figura II.5.1.1-7 – Climatologia de inverno (julho a setembro) da temperatura do ar (°C) segundo dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS. ....	26
Figura II.5.1.1-8 – Climatologia de primavera (outubro a dezembro) da temperatura do ar (°C) segundo dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS. ....	27
Figura II.5.1.1-9 – Temperatura média, máxima e mínima mensal do ar (°C) no Rio de Janeiro, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990). ....	29
Figura II.5.1.1-10 – Temperatura média, máxima e mínima mensal do ar (°C) em Paranaguá, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990). ....	29
Figura II.5.1.1-11 – Temperatura média, máxima e mínima mensal do ar (°C) em Florianópolis, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990). ....	29

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
Figura II.5.1.1-12 – Temperatura média, máxima e mínima mensal do ar (°C) em Santos (esquerda) e em Ubatuba (direita), de acordo com as normais climatológicas do INMET no período de 1961 a 1990. ....	30
Figura II.5.1.1-13 – Temperatura média, máxima e mínima mensal do ar (°C) no ponto de estudo (PC), de acordo com dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2015. ....	30
Figura II.5.1.1-14 – Climatologia de verão (janeiro a março) da precipitação (mm) segundo dados do GPCP no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS. ....	32
Figura II.5.1.1-15 – Climatologia de outono (abril a julho) da precipitação (mm) segundo dados do GPCP no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS. ....	32
Figura II.5.1.1-16 – Climatologia de inverno (julho a setembro) da precipitação (mm) segundo dados do GPCP no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS. ....	33
Figura II.5.1.1-17 – Climatologia de primavera (outubro a dezembro) da precipitação (mm) segundo dados do GPCP no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS. ....	33
Figura II.5.1.1-18 – Precipitação média mensal (mm) no Rio de Janeiro, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990). ....	35
Figura II.5.1.1-19 – Precipitação média mensal (mm) em Paranaguá, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990). ....	35
Figura II.5.1.1-20 – Precipitação média mensal (mm) em Florianópolis, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990). ....	36
Figura II.5.1.1-21 – Precipitação média mensal (mm) em Santos (esquerda) e Ubatuba (direita) de acordo com as normais climatológicas (1961 a 1990) do INMET. ....	36
Figura II.5.1.1-22 – Precipitação média mensal (mm) no ponto de estudo (PC) a partir dos dados climatológicos do GPCP no período de 1979 a 2010. ....	37
Figura II.5.1.1-23 – Insolação (horas/mês) no Rio de Janeiro, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990). ....	38

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
Figura II.5.1.1-24 – Insolação (horas/mês) em Paranaguá, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).....	39
Figura II.5.1.1-25 – Insolação (horas/mês) em Florianópolis, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).....	39
Figura II.5.1.1-26 – Insolação (horas/mês) em Santos (esquerda) e Ubatuba (direita), de acordo com as normais climatológicas do INMET no período de 1961 a 1990. ....	39
Figura II.5.1.1-27 – Evaporação (mm/mês) no Rio de Janeiro, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).....	41
Figura II.5.1.1-28 – Evaporação (mm/mês) em Paranaguá, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).....	41
Figura II.5.1.1-29 – Evaporação (mm/mês) em Florianópolis, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).....	42
Figura II.5.1.1-30 – Evaporação (mm/mês) em Santos (esquerda) e Ubatuba (direita), de acordo com as normais climatológicas do INMET no período de 1961 a 1990. ....	42
Figura II.5.1.1-31 – Climatologia de verão (janeiro a março) da umidade relativa do ar (%) segundo dados da CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS. ....	43
Figura II.5.1.1-32 – Climatologia de outono (abril a junho) da umidade relativa do ar (%) segundo dados da CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS. ....	44
Figura II.5.1.1-33 – Climatologia de inverno (julho a setembro) da umidade relativa do ar (%) segundo dados da CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS. ....	44
Figura II.5.1.1-34 – Climatologia de primavera (outubro a dezembro) da umidade relativa do ar (%) segundo dados da CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS. ....	45
Figura II.5.1.1-35 – Umidade Relativa (%) no Rio de Janeiro, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).....	46

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
Figura II.5.1.1-36 – Umidade Relativa (%) em Paranaguá, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).....	47
Figura II.5.1.1-37 – Umidade Relativa (%) em Florianópolis, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).....	47
Figura II.5.1.1-38 – Umidade relativa (%) em Santos (esquerda) e Ubatuba (direita), de acordo com as normais climatológicas do INMET no período de 1961 a 1990.....	47
Figura II.5.1.1-39 – Umidade relativa média, máxima e mínima mensal no ponto de estudo (PC), de acordo com dados da reanálise da CFSR no período de 1979 a 2010.....	48
Figura II.5.1.1-40 – Climatologia de verão (janeiro a março) da pressão atmosférica (hPa) segundo dados da CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.....	49
Figura II.5.1.1-41 – Climatologia de outono (abril a junho) da pressão atmosférica (hPa) segundo dados da CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.....	50
Figura II.5.1.1-42 – Climatologia de inverno (julho a setembro) da pressão atmosférica (hPa) segundo dados da CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.....	50
Figura II.5.1.1-43 – Climatologia de primavera (outubro a dezembro) da pressão atmosférica (hPa) segundo dados da CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.....	51
Figura II.5.1.1-44 – Pressão atmosférica média, máxima e mínima mensal (hPa) no Rio de Janeiro, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).....	52
Figura II.5.1.1-45 – Pressão atmosférica média, máxima e mínima mensal (hPa) em Paranaguá, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).....	53
Figura II.5.1.1-46 – Pressão atmosférica média, máxima e mínima mensal (hPa) em Florianópolis, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).....	53
Figura II.5.1.1-47 – Pressão atmosférica (hPa) em Santos (esquerda) e Ubatuba (direita), de acordo com as normais climatológicas do INMET no período de 1961 a 1990... 53	53

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
Figura II.5.1.1-48 – Pressão atmosférica média, máxima e mínima mensal (hPa) no ponto de estudo (PC), de acordo com dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2010. ....	54
Figura II.5.1.1-49 – Climatologia de verão (janeiro a março) do campo de vento a 10 m, segundo dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2013. O campo de cores representa a velocidade em m/s e os vetores indicam a direção. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS. ....	55
Figura II.5.1.1-50 – Climatologia de outono (abril a junho) do campo de vento a 10 m, segundo dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2013. O campo de cores representa a velocidade em m/s e os vetores indicam a direção. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS. ....	56
Figura II.5.1.1-51 – Climatologia de inverno (julho a setembro) do campo de vento a 10 m, segundo dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2013. O campo de cores representa a velocidade em m/s e os vetores indicam a direção. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS. ....	56
Figura II.5.1.1-52 – Climatologia de primavera (outubro a dezembro) do campo de vento a 10 m, segundo dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2013. O campo de cores representa a velocidade em m/s e os vetores indicam a direção. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS. ....	57
Figura II.5.1.1-53 – Rosas direcionais sazonais do vento, a partir de dados medidos na estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ) no período de 2003 a 2015. ....	60
Figura II.5.1.1-54 – Boxplot da intensidade do vento medido na estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ) no período de 2003 a 2015. ....	63
Figura II.5.1.1-55 – Rosas direcionais sazonais do vento, a partir de dados medidos na estação METAR de Florianópolis (SBFL) no período de 2003 a 2015. ....	64
Figura II.5.1.1-56 – Boxplot da intensidade do vento medido na estação METAR de Florianópolis (SBFL) no período de 2003 a 2015. ....	67
Figura II.5.1.1-57 – Rosas direcionais sazonais do vento, a partir de dados medidos na estação PCD/INPE de Ubatuba no período de 2007 a 2015. ....	69
Figura II.5.1.1-58 – Boxplot da intensidade do vento medido na estação PCD/INPE de Ubatuba no período de 2007 a 2015. ....	72
Figura II.5.1.1-59 – Rosas direcionais sazonais do vento, de acordo com dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis no período de 2011 a 2012. ....	74
Figura II.5.1.1-60 – Boxplot da intensidade do vento medido no FPSO Cidade de Angra dos Reis no período de 2011 a 2012. ....	77

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
Figura II.5.1.1-61 – Rosas direcionais sazonais do vento, de acordo com dados medidos na plataforma MLZ1 no período de 2006 a 2007.....	77
Figura II.5.1.1-62 – Boxplot da intensidade do vento medido na plataforma MLZ1 no período de 2006 a 2007. ....	80
Figura II.5.1.1-63 – Rosas direcionais sazonais do vento, de acordo com dados da reanálise CFSR no ponto de estudo (PC) no período de 1979 a 2015. ....	82
Figura II.5.1.1-64 – Boxplot da intensidade do vento segundo dados da reanálise CFSR no ponto de estudo (PC) no período de 1979 a 2015.....	85
Figura II.5.1.1-65 – Stickplots mensais da velocidade e direção do vento no ano de modelagem (2004), meses de janeiro a junho, segundo dados da reanálise CFSR no ponto de estudo (PC). ....	86
Figura II.5.1.1-66 – Stickplots mensais da velocidade e direção do vento no ano de modelagem (2004), meses de julho a dezembro, segundo dados da reanálise CFSR no ponto de estudo (PC). ....	87
Figura II.5.1.1-67 – Rosas dos ventos para eventos extremos de vento selecionados pelo primeiro e segundo critérios, segundo dados da reanálise CFSR sobre o ponto de análise (PC) no período de 1979 a 2013.....	89
Figura II.5.1.1-68 – Variação interanual da quantidade de eventos extremos de vento (dados horários) segundo dados da reanálise CFSR sobre o ponto de análise (PC) no período de 1979 a 2013. ....	90
Figura II.5.1.1-69 – Rosas dos ventos para eventos extremos de vento selecionados pelo primeiro e segundo critérios, segundo dados medidos na estação METAR do Rio de Janeiro. ....	91
Figura II.5.1.1-70 – Variação interanual da quantidade de eventos extremos de vento (dados horários) segundo dados registrados na estação METAR do Rio de Janeiro no período de 2002 a 2015. ....	92
Figura II.5.1.1-71 – Rosas dos ventos para eventos extremos de vento selecionados pelo primeiro e segundo critérios, segundo dados medidos na estação METAR de Florianópolis.....	93
Figura II.5.1.1-72 – Variação interanual da quantidade de eventos extremos de vento (dados horários) segundo dados registrados na estação METAR de Florianópolis (SBFL).....	94
Figura II.5.1.1-73 – Rosas dos ventos para eventos extremos de vento selecionados pelo primeiro e segundo critérios, segundo dados medidos na estação PCD/INPE Ubatuba no período de 2007 a 2015.....	95

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
Figura II.5.1.1-74 – Variação interanual da quantidade de eventos extremos de vento (dados de 3 em 3 horas) segundo dados medidos na estação PCD/INPE de Ubatuba.....	96
Figura II.5.1.1-75 – Rosas dos ventos para eventos extremos selecionados pelo primeiro e segundo critérios, segundo dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis.	97
Figura II.5.1.1-76 – Variação interanual da quantidade de eventos extremos de vento (dados horários) segundo dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis. ....	98
Figura II.5.1.1-77 – Rosas dos ventos para eventos extremos selecionados pelo primeiro e segundo critérios, segundo dados medidos na plataforma MLZ1. ....	99
Figura II.5.1.1-78 – Variação interanual da quantidade de eventos extremos de vento (dados horários) segundo dados registrados na plataforma MLZ1. ....	100



### **II.5.1.1 Meteorologia**

O presente item apresenta os resultados da análise de diversos parâmetros meteorológicos obtidos a partir de levantamentos de informações pretéritas e de análise de dados disponíveis, visando à caracterização meteorológica da região da Bacia de Santos, em especial o Polo Pré-Sal da Bacia de Santos (PPSBS).

A seguir são apresentados os padrões e sazonalidade dos parâmetros meteorológicos, incluindo: temperatura do ar, precipitação, insolação, evaporação, umidade relativa, pressão atmosférica e regime de circulação dos ventos. Os conjuntos de dados utilizados para execução do diagnóstico meteorológico, bem como sua representatividade, serão discutidos a cada etapa deste trabalho.

#### **A) Introdução**

A Bacia de Santos situa-se na região adjacente à costa dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná e norte de Santa Catarina. A região, como parte do Sul-Sudeste do Brasil, encontra-se numa área de transição entre os climas quentes de latitudes baixas e mesotérmicos (do tipo temperado) de latitudes médias (SILVA DIAS & MARENGO, 1999). A sazonalidade da temperatura e precipitação é bem marcada, devido à localização em latitude afastada do Equador. A variação de temperatura do ar é caracterizada por mínimos no inverno e máximos no verão, enquanto a pressão atmosférica possui padrão inverso, com mínimos no verão e máximos no inverno. A estação chuvosa ocorre durante o verão e a seca durante o inverno (CAVALCANTI *et al.*, 2009)

#### **Sistemas Meteorológicos em Macroescala**

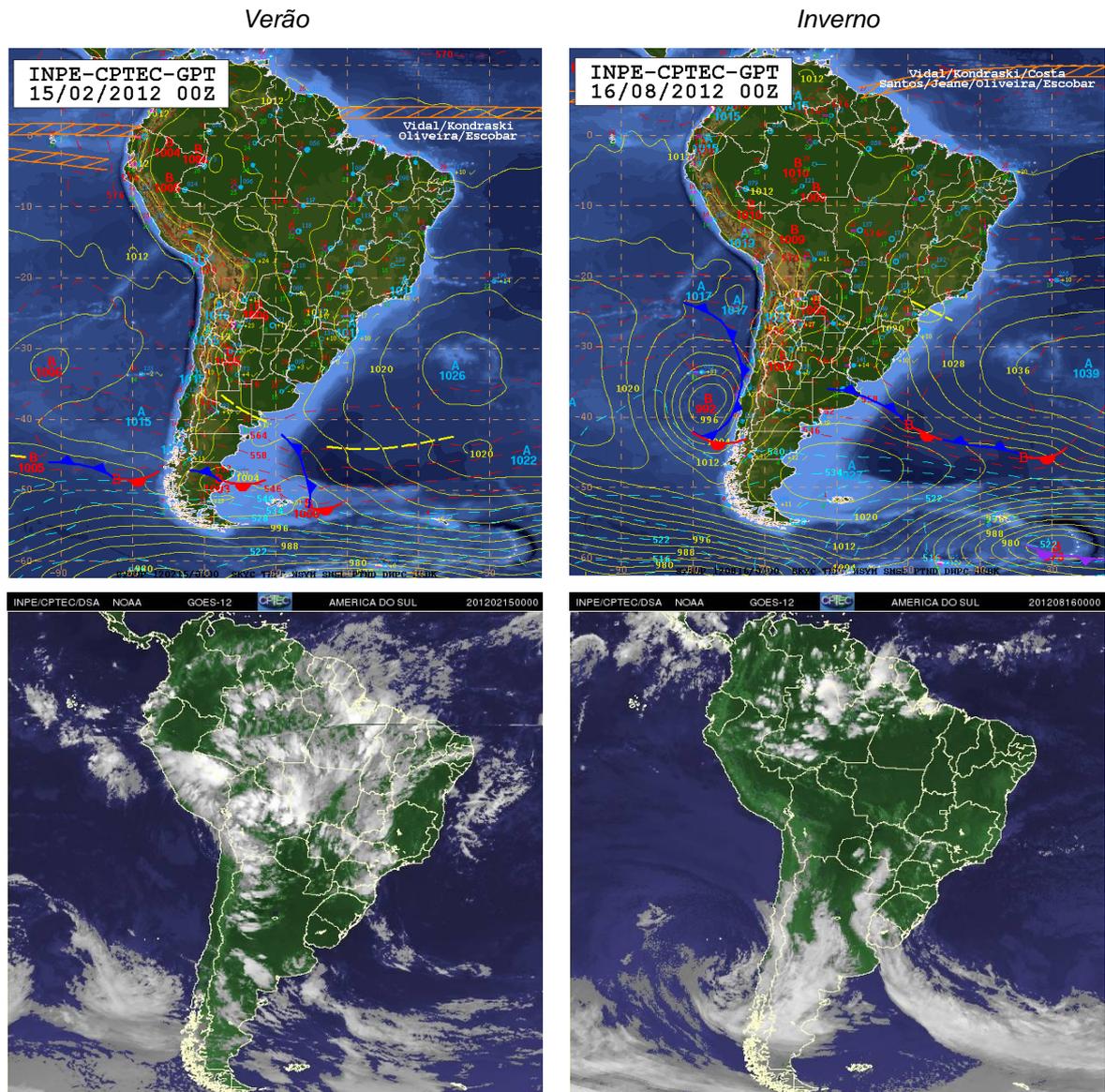
A circulação atmosférica e o regime pluviométrico na área de estudo são influenciados principalmente por sistemas meteorológicos de grande escala (ou também denominados de escala sinótica). Dentre estes se destacam a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e sistemas transientes, como sistemas frontais e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

As altas subtropicais são sistemas de alta pressão localizados em torno de 30 graus de latitude sobre os oceanos do planeta, nos hemisférios norte e sul, formados devido à circulação média meridional da atmosfera (BASTOS & FERREIRA, 2000). A ASAS se localiza sobre o oceano Atlântico, influenciando o clima na América do Sul. A circulação da ASAS é caracterizada, nos baixos níveis da atmosfera, pelo giro anti-horário do vento em torno do seu núcleo de alta pressão. Desta forma, o vento que atinge o litoral de São Paulo, por exemplo, possui direções predominantes de quadrante NE, por situar-se a Noroeste do centro deste sistema. A sazonalidade da ASAS é acoplada à da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), com um deslocamento levemente para norte no verão e para sul no inverno. Além disso durante o verão o centro da ASAS se aproxima mais do continente sulamericano.

A Figura II.5.1.1-1 apresenta exemplos da observação da ASAS nos períodos de verão e inverno, através de cartas sinóticas ao nível da superfície e de imagens de satélite. O caso de verão é exemplificado na data de 15 de fevereiro de 2012 e o de inverno na data de 16 de agosto de 2012, ambos no horário de 0 horas UTC. Tanto as cartas sinóticas quanto as imagens de satélite foram obtidas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)<sup>1</sup>. Nas cartas sinóticas o centro de alta pressão (indicado pela letra A) do sistema ASAS é identificado sobre o oceano, com um posicionamento mais a noroeste no caso de verão que no de inverno. Nas imagens de satélite fica evidenciada a falta de nebulosidade sobre a região de alta pressão, característica do sistema.

---

<sup>1</sup> Imagens obtidas através do site [www.inpe.gov.br](http://www.inpe.gov.br) (último acesso em 07/08/2013).



**Figura II.5.1.1-1** – Exemplos de observação da ASAS em carta sinótica ao nível de superfície (acima) e através de imagem de satélite (abaixo) em situações de verão e inverno.

O deslocamento de sistemas frontais, por outro lado, está associado ao escoamento ondulatório de grande escala na atmosfera, transportando massas de ar polares em direção aos trópicos. A intensificação ou dissipação desses sistemas está relacionada às características atmosféricas sobre o continente. De acordo com Satyamurty & Mattos (1989) a região Sudeste do Brasil possui características frontogenéticas, de modo que nela as frentes frias podem se formar ou se intensificar. Uma vez que nesta região o vento em baixos níveis da atmosfera tem direção predominante de NE (devido à influência da ASAS), numa

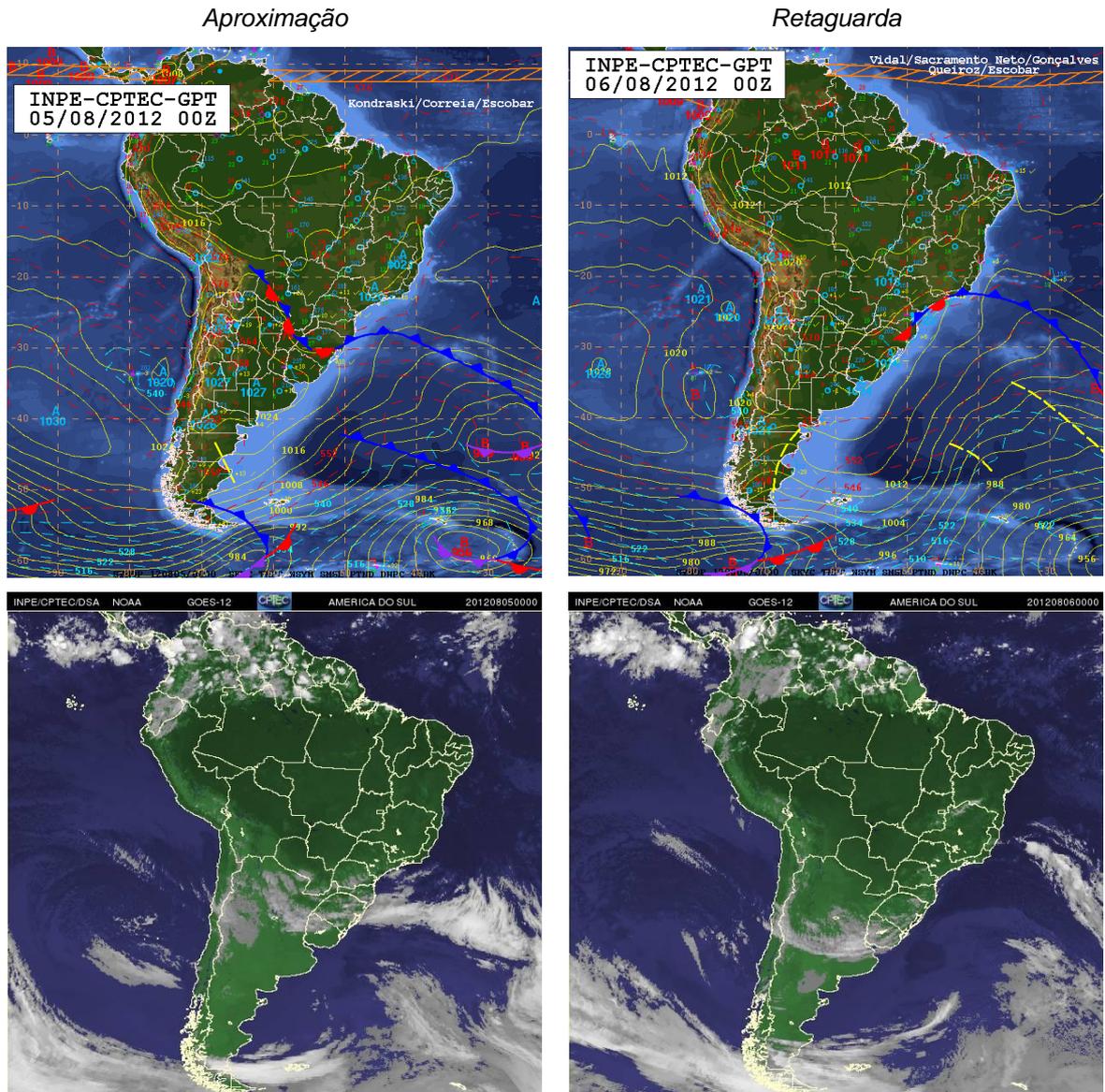
situação pré-frontal este torna-se tipicamente de NW e à medida que a frente se desloca ele gira de SW e SE (CAVALCANTI *et al.*, 2009). A sazonalidade na ocorrência de passagens de frentes frias aponta maior frequência de sistemas entre maio a setembro e menor frequência durante o verão (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

A Figura II.5.1.1-2 apresenta um exemplo da observação do deslocamento de um sistema frontal sobre a região de interesse, através de cartas sinóticas ao nível da superfície e também de imagens de satélite. As cartas e imagens foram obtidas junto ao INPE<sup>2</sup> e referem-se ao horário de 0 horas UTC. No dia 5 de agosto de 2012 observa-se o sistema frontal ainda na costa sul do Brasil e no dia seguinte constata-se sua passagem, deixando o estado do Rio de Janeiro na retaguarda do sistema. Nas cartas sinóticas a região de frente é assinalada em azul escuro, sendo possível observar nas imagens de satélite uma banda de nebulosidade sobre a região de frente.

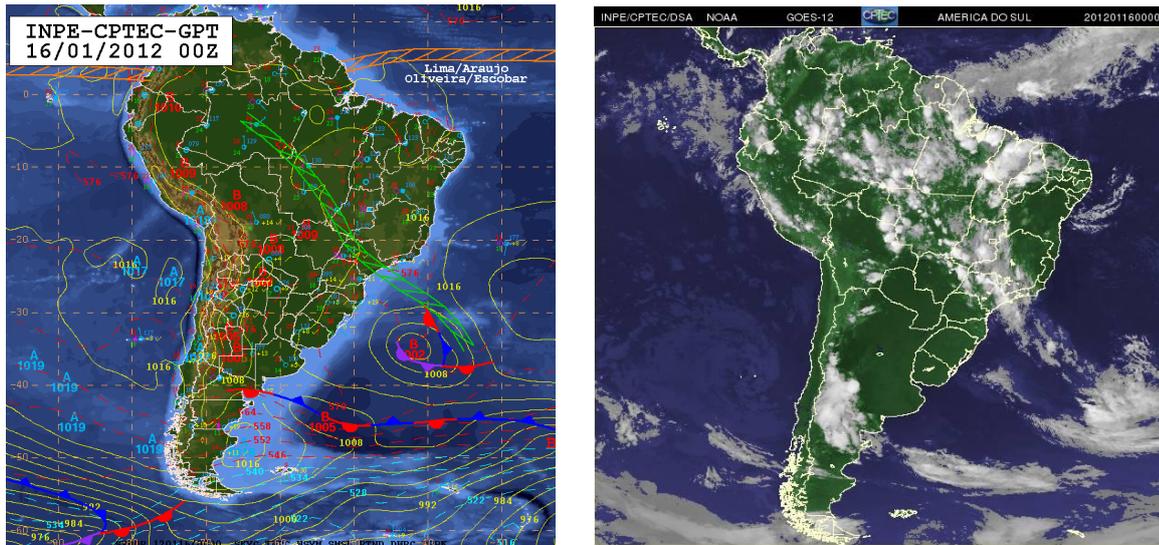
Já a ZCAS é um sistema típico do período de verão. Trata-se de um complexo convectivo que se estende num eixo de direção NW-SE desde a região Amazônica até o oceano Atlântico (ROBERTSON & MECHOSO, 2000). É característica deste tipo de sistema a persistência por vários dias com condições de nebulosidade e precipitação elevadas. Na Figura II.5.1.1-3 a observação de um episódio de ZCAS é exemplificado para a data de 16 de janeiro de 2012, através da carta sinótica ao nível da superfície e de uma imagem de satélite, ambas referentes ao horário de 0 horas UTC, obtidas junto ao INPE<sup>3</sup>. Na carta sinótica a zona de convergência fica evidenciada estendendo-se desde o norte da Amazônia até o oceano Atlântico (onde se identifica a região de baixa pressão associada ao sistema, identificado pela letra B). Na imagem de satélite é observada a extensa banda de nebulosidade sobre a zona de convergência.

<sup>2</sup> Imagens obtidas através do site [www.inpe.gov.br](http://www.inpe.gov.br) (último acesso em 07/08/2013).

<sup>3</sup> Imagens obtidas através do site [www.inpe.gov.br](http://www.inpe.gov.br) (último acesso em 07/08/2013).



**Figura II.5.1.1-2** – Exemplos de observação do deslocamento de um sistema frontal em carta sinótica ao nível de superfície (acima) e através de imagem de satélite (abaixo), em condições de aproximação do sistema e após sua passagem sobre a região Sudeste do Brasil.



**Figura II.5.1.1-3** – Exemplo da observação de um episódio de ZCAS em carta sinótica ao nível de superfície (esquerda) e através de imagem de satélite (direita).

### **Sistemas Meteorológicos em Meso e Microescala**

Do ponto de vista da mesoescala, a região de estudo está sujeita a fenômenos conhecidos, como o próprio ciclo diurno de aquecimento radiativo e as circulações de brisa geradas por este aquecimento diferenciado, que ocorre entre a superfície terrestre e a superfície do mar (ALMEIDA, 1999). Nas regiões costeiras em dias de pouca nebulosidade (quando o contraste de temperatura entre continente e oceano fica mais acentuado) a circulação dos ventos é induzida pelo gradiente de pressão entre a superfície mais quente e a mais fria, soprando do oceano em direção ao continente no período da tarde (brisa marítima) e do continente para o oceano durante a madrugada (brisa terrestre).

Outro fenômeno que ocorre nas regiões continentais e costeiras são os Complexos Convectivos de Mesoescala, denominados pela sigla CCM. Segundo Cavalcanti *et. al* (2009) a sua gênese ocorre no final da tarde e início da noite com a formação de células convectivas, podendo sofrer influência de efeitos locais como topografia e fontes de calor localizadas neste estágio; seu estágio maduro se caracteriza por convecção intensa e fortes chuvas localizadas, com a dissipação ocorrendo em seguida.

Em microescala um fenômeno menos conhecido e que tem registros incertos e pouco frequentes na região de estudo são as trombas d'água. A tromba d'água é um fenômeno meteorológico semelhante ao tornado, que se forma sobre uma superfície líquida, captura umidade e tem um curto ciclo de vida da ordem de alguns minutos, e está associada a ventos em média de 30 nós (GOLDEN, 1974). Consiste na formação de um vórtice intenso, visível sob a forma de uma nuvem colunar, com forma de funil estreito, que gira rapidamente em volta de si mesma, ligando a superfície da água à base de uma nuvem cumuliforme (nuvem de tempestade).

Embora tenha um aspecto de um tornado, os danos causados pelas trombas d'água não costumam ser grandes em virtude dos ventos associados. Do ponto de vista observacional, não há uma estatística oficial da ocorrência das trombas d'água, apenas alguns relatos e fotos da incidência destes fenômenos sobre a área de estudo.

## **B) Bases de Dados**

Para efeito de caracterização climatológica dos parâmetros meteorológicos foi utilizado um período mínimo de 30 anos de dados, conforme recomendação da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Quando relevante, e condicionado à disponibilidade de séries mais recentes dos parâmetros analisados, foram realizadas comparações em relação às séries climatológicas a fim de complementar a caracterização.

As seguintes bases de dados foram as utilizadas:

- INMET<sup>4</sup>: séries recentes das estações do Rio de Janeiro, Paranaguá e Florianópolis (temperatura do ar, precipitação, insolação, umidade relativa e pressão atmosférica);
- INMET: normais climatológicas<sup>5</sup> das estações de Santos, Ubatuba, Rio de Janeiro, Paranaguá e Florianópolis (temperatura do ar, precipitação, insolação, umidade relativa e pressão atmosférica);

---

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Meteorologia, dados fornecidos pelo BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa) a partir de <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa>. Último acesso em 14 de outubro de 2015.

- METAR<sup>6</sup>: estações em Florianópolis - SBFL e Rio de Janeiro - SBRJ (vento);
- PDC/INPE<sup>7</sup>: estação de Ubatuba (temperatura do ar, precipitação, insolação, umidade relativa e pressão atmosférica);
- PETROBRAS: FPSO Cidade de Angra dos Reis e Plataforma MLZ1 (vento);
- GPCP<sup>8</sup> (precipitação);
- CFSR<sup>9</sup> (temperatura do ar, umidade relativa, pressão atmosférica e vento a 10 m);

Note-se que as bases de dados GPCP e reanálises CFSR são disponibilizadas em campos com distribuição espacial, enquanto as demais contêm medidas pontuais. As características e períodos de amostragem das bases de dados utilizadas são apresentados no Quadro II.5.1.1-1 (bases com medições pontuais) e no Quadro II.5.1.1-2 (bases com distribuição espacial). No caso da CFSR e GPCP foram selecionados para análise os pontos de grade com maior representatividade para a área dos projetos do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos (PPSBS), sendo as suas coordenadas centrais apresentadas no Quadro II.5.1.1-2.

As bases de dados e estações foram selecionadas a fim de representar a variabilidade espacial dos parâmetros meteorológicos sobre a Bacia de Santos. A localização dos pontos de análise é apresentada no mapa da Figura II.5.1.1-4. A descrição e análise destes dados são apresentadas nos subitens seguintes.

---

<sup>5</sup> Instituto Nacional de Meteorologia, normais climatológicas para o período de 1960 a 1990, dados obtidos a partir de <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Último acesso em 14 de outubro de 2015.

<sup>6</sup> *METEorological Aerodrome Report*, dados obtidos a partir da Rede Meteorológica do Comando da Aeronáutica – REDEMET, dados obtidos a partir de <http://www.redemet.aer.mil.br>. Último acesso em 13 de outubro de 2015.

<sup>7</sup> Plataforma de Coleta de Dados, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, dados obtidos a partir de <http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/SITE/novo/site/index.php>. Último acesso em 13 de outubro de 2015.

<sup>8</sup> *Global Precipitation Climatology Project V2.2*, dados fornecidos por NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, EUA, dados obtidos a partir de <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.gpcp.html>. Último acesso em 03 de abril de 2014.

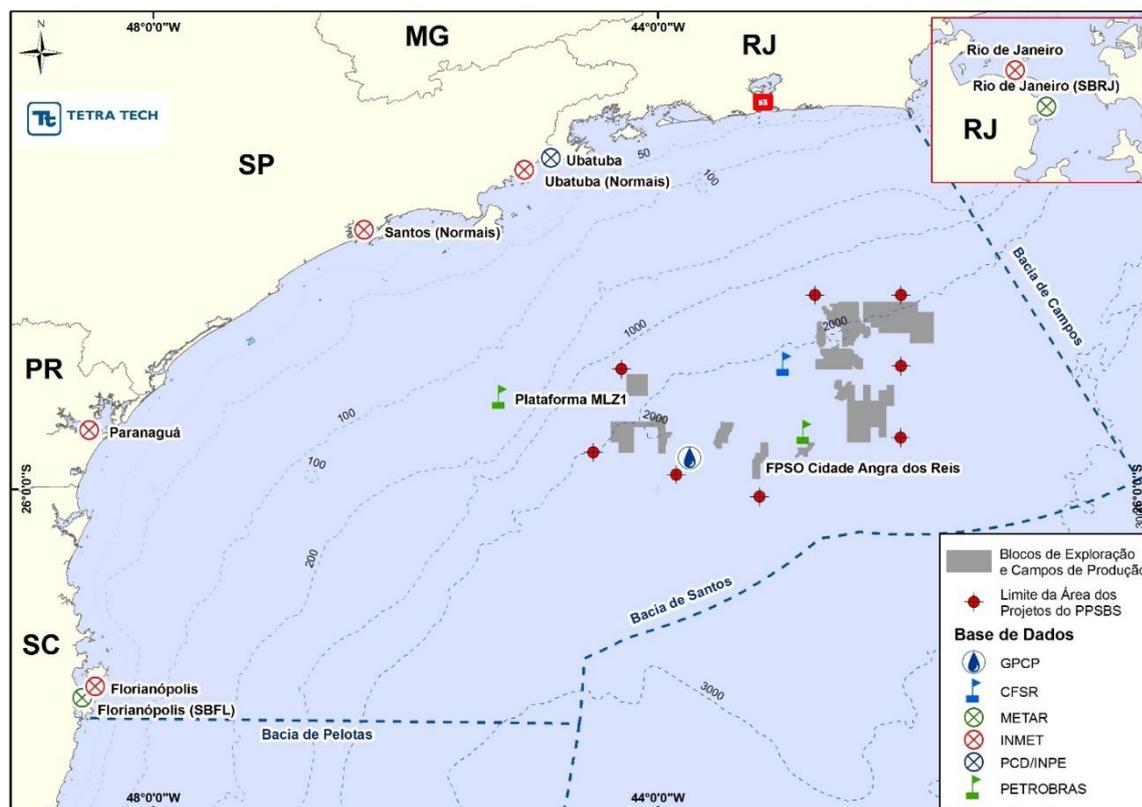
<sup>9</sup> Reanálise CFSR (*Climate Forecast System Reanalysis*), do centro norte-americano NCEP (*National Center for Environmental Prediction*), dados obtidos a partir de <http://rda.ucar.edu/datasets/ds093.1> Último acesso em 14 de outubro de 2015.

**Quadro II.5.1.1-1 – Informações das bases de dados com medidas pontuais de parâmetros meteorológicos (datum SIRGAS 2000).**

BASE DE DADOS E ESTAÇÃO	PARÂMETRO	COORDENADAS	ALTITUDE	RESOL. TEMPORAL	PERÍODO
INMET Rio de Janeiro (normais climatológicas e séries recentes)	Temperatura do ar Umidade relativa Precipitação Insolação	22,89°S e 43,18°W	4,0 m	3 vezes ao dia (séries recentes)  médias mensais (normais)	01/01/1961 a 01/09/2015 (séries recentes)  1961 a 1990 (normais)
INMET Florianópolis (normais climatológicas e séries recentes)	Temperatura do ar Umidade relativa Pressão atmosférica Precipitação Insolação	27,58°S e 48,46°W	1,8 m	3 vezes ao dia (séries recentes)  médias mensais (normais)	01/07/1961 a 01/09/2015 (séries recentes) e 1961 a 1990 (normais)
INMET Paranaguá (normais climatológicas e séries recentes)	Temperatura do ar Umidade relativa Pressão atmosférica Precipitação Insolação	25,53°S e 48,51°W	4,5 m	3 vezes ao dia (séries recentes) e médias mensais (normais)	01/01/1961 a 01/09/2015 (séries recentes) e 1961 a 1990 (normais)
INMET Santos (normais climatológicas)	Temperatura do ar Umidade relativa Pressão atmosférica Precipitação Insolação	23,93°S e 46,33°W	13,5 m	Médias mensais	1961 a 1990
INMET Ubatuba (normais climatológicas)	Temperatura do ar Umidade relativa Pressão atmosférica Precipitação Insolação	23,45°S e 45,06°W	8,0 m	Médias mensais	1961 a 1990
PCD/INPE Ubatuba	Vento	25,36°S e 44,85°W	70,0 m	3h	01/11/2007 a 01/09/2015
METAR Rio de Janeiro (SBRJ)	Vento	22,91°S e 43,16°W	3,0 m	1 h	01/11/2003 a 01/09/2015
METAR Florianópolis (SBFL)	Vento	27,67°S e 48,56°W	5,0 m	1 h	01/04/2003 a 01/09/2015
PETROBRAS FPSO Cidade de Angra dos Reis	Vento	25,55°S e 42,84°W	Não informado	1 h	01/10/2011 a 30/09/2012
PETROBRAS Plataforma MLZ1	Vento	25,27°S e 45,25°W	Não informado	1 h	01/04/2006 a 03/03/2007

**Quadro II.5.1.1-2** – Informações das bases de dados de parâmetros meteorológicos com distribuição espacial (datum SIRGAS 2000).

BASE DE DADOS	PARÂMETRO	NÍVEL VERTICAL	RESOL. TEMPORAL	RESOL. ESPACIAL	COORDENADAS DO PONTO DE ANÁLISE	PERÍODO
CFSR	Vento	10 m	1 h (análises pontuais)	0,3° x 0,3°	23,00°S e 43,00°W	1979 a 2015 (análises pontuais)
	Temperatura do ar	2 m				
	Pressão atmosférica	Superfície	Médias mensais (campos sazonais)			1979 a 2010 (campos sazonais)
	Umidade relativa	2 m				
GPCP	Precipitação	-	Médias mensais	2,5° x 2,5°	23,75°S e 43,75°W	1979 a 2010

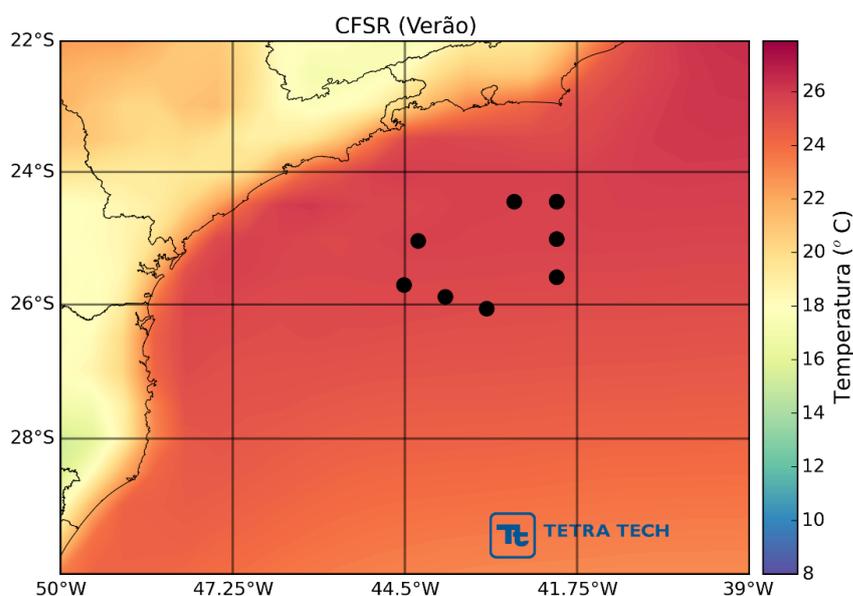


**Figura II.5.1.1-4** – Localização dos parâmetros meteorológicos analisados e dos vértices delimitando a área dos projetos do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos (PPSBS).

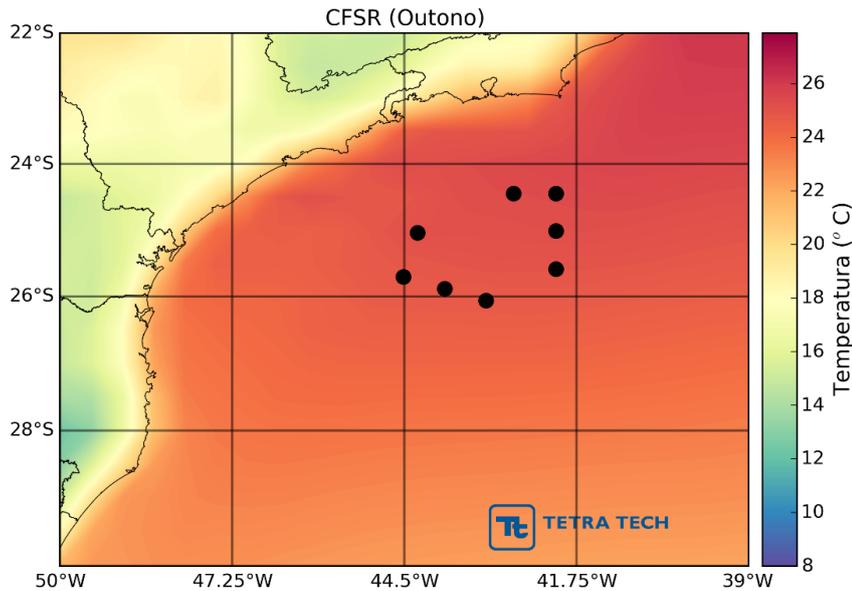
## C) Caracterização dos Parâmetros Meteorológicos

### Temperatura do Ar

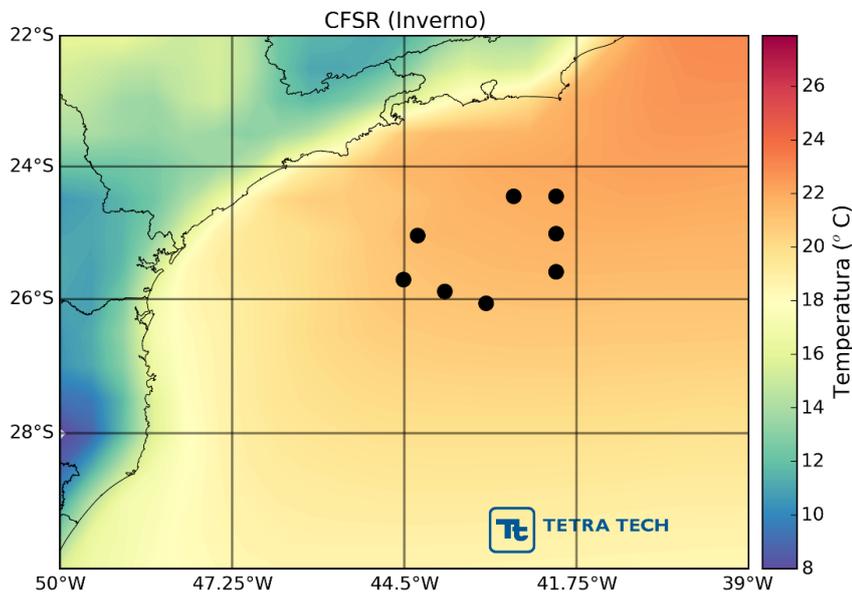
A Figura II.5.1.1-5 à Figura II.5.1.1-8 apresentam mapas das climatologias de temperatura do ar para os períodos de verão, outono, inverno e primavera, com base em dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2010. Nota-se ao longo de todas as estações que a temperatura do ar é mais elevada sobre o oceano do que na costa, o que se deve à maior capacidade da água do mar de armazenar calor do que a porção continental, consequentemente deixando a massa de ar sobre o oceano mais quente do que a sobre o continente. Em seguida são apresentadas análises pontuais para melhor exemplificar as variações espaciais e zonais de temperatura.



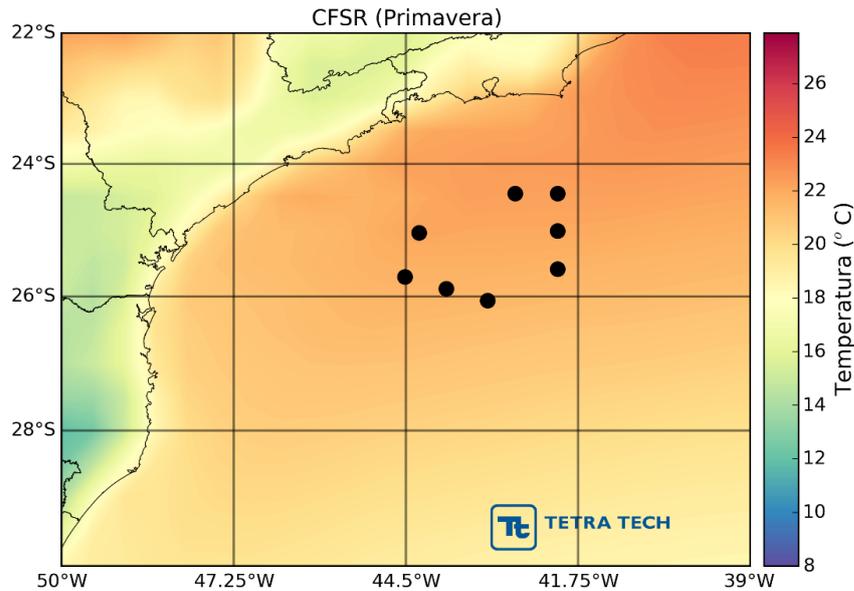
**Figura II.5.1.1-5** – Climatologia de verão (janeiro a março) da temperatura do ar (°C) segundo dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.



**Figura II.5.1.1-6** – Climatologia de outono (abril a junho) da temperatura do ar (°C) segundo dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.



**Figura II.5.1.1-7** – Climatologia de inverno (julho a setembro) da temperatura do ar (°C) segundo dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.



**Figura II.5.1.1-8** – Climatologia de primavera (outubro a dezembro) da temperatura do ar (°C) segundo dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.

A Figura II.5.1.1-9 apresenta a climatologia da temperatura do ar média, máxima e mínima mensal segundo dados medidos na estação do INMET no Rio de Janeiro no período de 1961 a 2015 (série recente, à esquerda) e a respectiva normal climatológica fornecida pelo INMET, referente ao período de 1961 a 1990 (à direita). Na série recente, observa-se que janeiro, fevereiro e março são os meses mais quentes (médias acima de 26°C), enquanto junho, julho e agosto são os meses mais frios (médias em torno de 23°C). Este padrão segue a sazonalidade da incidência de radiação solar no decorrer do ano. Observa-se também uma amplitude pronunciada na diferença entre as máximas e mínimas temperaturas mensais, de cerca de 5°C, podendo atingir até 8°C em novembro. Comparando-se a série recente com a normal climatológica nota-se que a normal climatológica se apresenta de 1°C a 2°C mais fria do que a série recente, sendo a variação sazonal semelhante entre as séries.

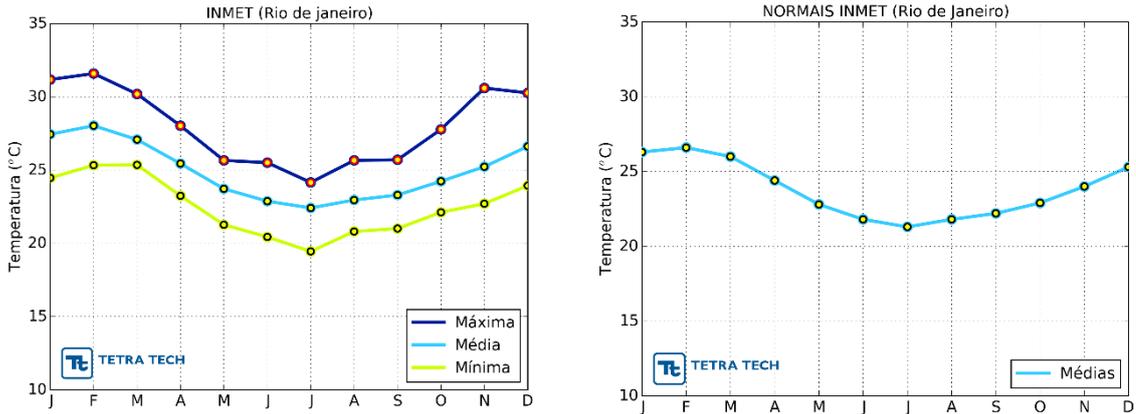
A Figura II.5.1.1-10 apresenta, analogamente, a climatologia da temperatura média, máxima e mínima mensal do ar segundo dados medidos na estação INMET de Paranaguá, no período de 1961 a 2015 (série recente, à esquerda) e

respectiva normal climatológica (à direta). O padrão de sazonalidade observado é o mesmo que para o Rio de Janeiro, porém as temperaturas são significativamente menores uma vez que essa estação se encontra mais ao sul. Fevereiro é o mês mais quente (temperatura média acima de 25°C) e julho o mais frio (temperatura mínima em torno de 16°C). As diferenças entre máximas e mínimas mensais mostra-se da ordem de 3°C nos meses de verão e 5°C nos meses de inverno. A série recente se mostra muito similar a normal climatológica.

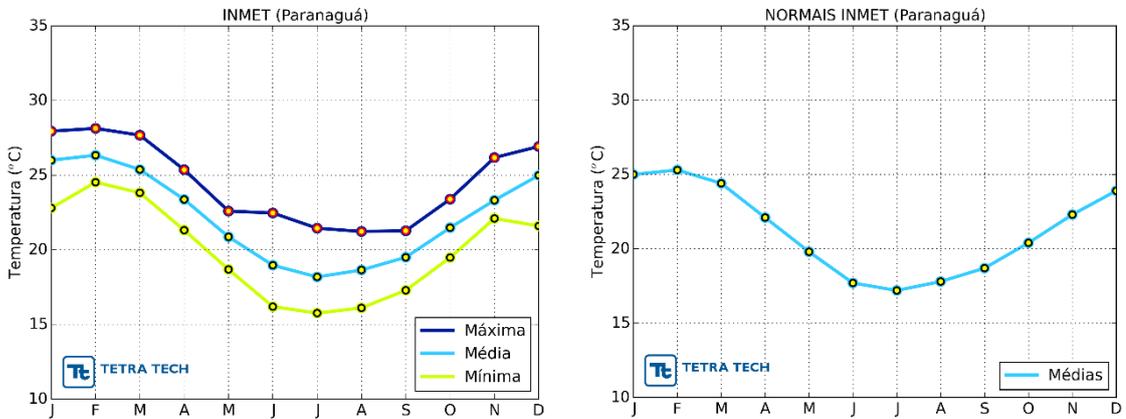
A Figura II.5.1.1-11 apresenta a climatologia da temperatura média, máxima e mínima mensal do ar segundo dados medidos na estação INMET de Florianópolis, no período de 1961 a 2015 (série recente, à esquerda) e a respectiva normal climatológica fornecida pelo INMET no período de 1960 a 1990 (normal, à direita). O padrão de sazonalidade observado é análogo ao de Paranaguá, sendo as temperaturas também significativamente menores em relação ao Rio de Janeiro. Assim como nas estações anteriores, fevereiro é o mês mais quente (temperatura média acima de 25°C) e julho o mais frio (temperatura mínima próxima a 15°C). A amplitude (variação entre as mínimas e as máximas) é semelhante à estação de Paranaguá. A série recente para Florianópolis também se mostra muito similar à série normal.

Para caracterização do litoral paulista, a Figura II.5.1.1-12 apresenta as temperaturas médias de acordo com as normais climatológicas do INMET no período de 1961 a 1990 para Santos (esquerda) e Ubatuba (direita). Ambas as estações apresentam um comportamento bastante similar, com máximas acima dos 25°C em fevereiro e mínimas abaixo dos 20°C em julho. Na média, Ubatuba é cerca de 2 graus mais fria do que Santos nos meses de inverno.

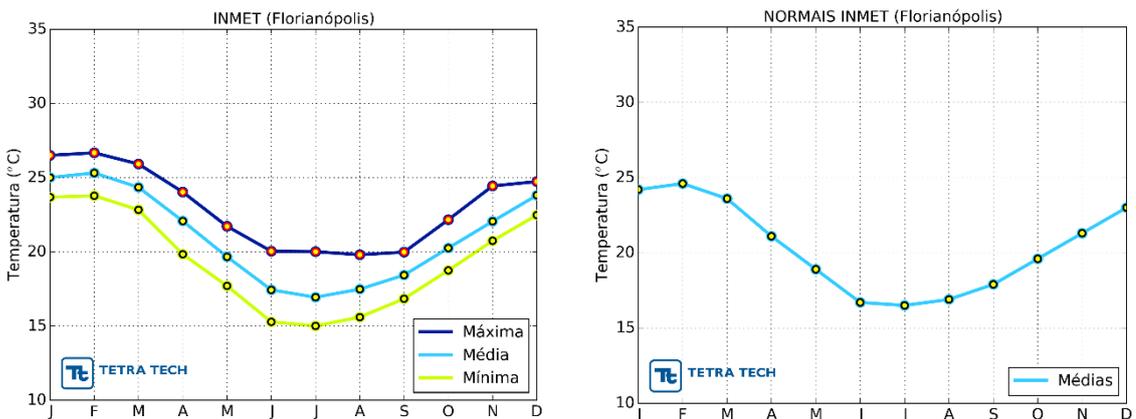
Finalmente, de modo a caracterizar a porção oceânica da área de estudo, a Figura II.5.1.1-13 apresenta as médias climatológicas mensais para o ponto de análise (PC) segundo os dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2015. A sazonalidade é coerente aos demais conjuntos de dados analisados (provenientes de estações de medição costeiras), com mês mais quente sendo fevereiro (médias de 25°C) e os mais frios sendo junho, julho e agosto, com mínimas de 18°C. Como mencionado anteriormente, o oceano tem uma maior capacidade de absorver e conservar calor, dessa maneira a amplitude térmica no ponto de estudo oceânico é menor do que nas demais estações analisadas.



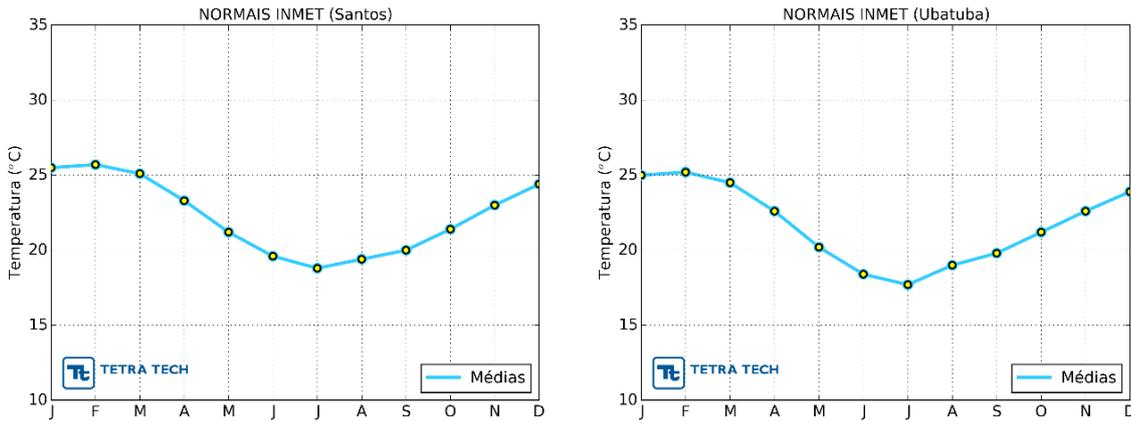
**Figura II.5.1.1-9** – Temperatura média, máxima e mínima mensal do ar (°C) no Rio de Janeiro, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).



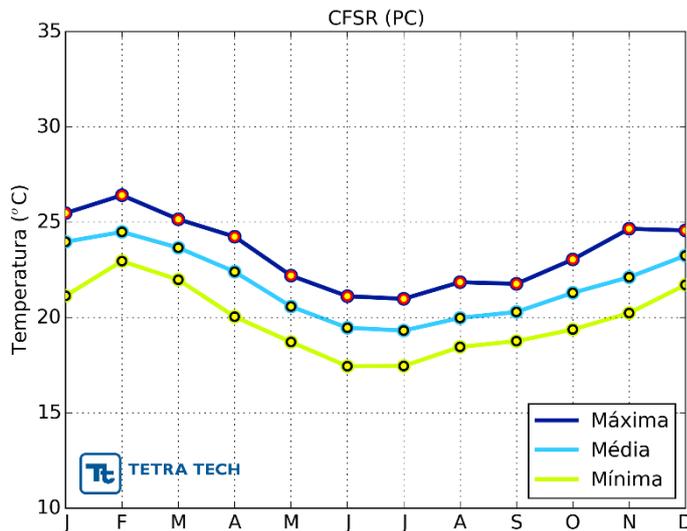
**Figura II.5.1.1-10** – Temperatura média, máxima e mínima mensal do ar (°C) em Paranaguá, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).



**Figura II.5.1.1-11** – Temperatura média, máxima e mínima mensal do ar (°C) em Florianópolis, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).



**Figura II.5.1.1-12** – Temperatura média, máxima e mínima mensal do ar (°C) em Santos (esquerda) e em Ubatuba (direita), de acordo com as normais climatológicas do INMET no período de 1961 a 1990.

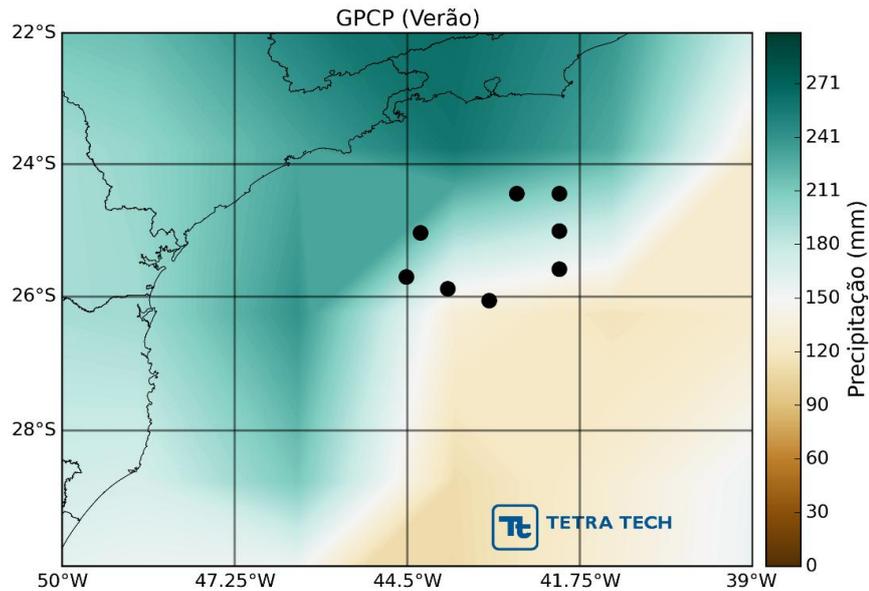


**Figura II.5.1.1-13** – Temperatura média, máxima e mínima mensal do ar (°C) no ponto de estudo (PC), de acordo com dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2015.

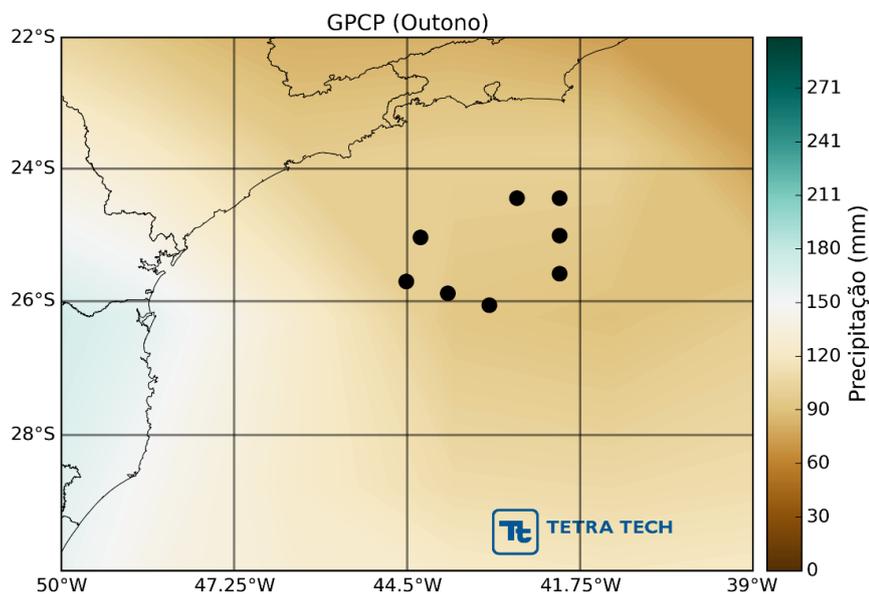
## **Precipitação**

O regime anual da precipitação é altamente sazonal na região S-SE do Brasil, caracterizado de maneira geral pelo verão chuvoso e inverno seco. Esta variabilidade é influenciada, segundo Alves *et al.* (2002), pela atuação de sistemas frontais, pela ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) e por complexos convectivos de mesoescala, além de oscilações atmosféricas na escala de 30-60 dias e dos fenômenos El Niño e La Niña.

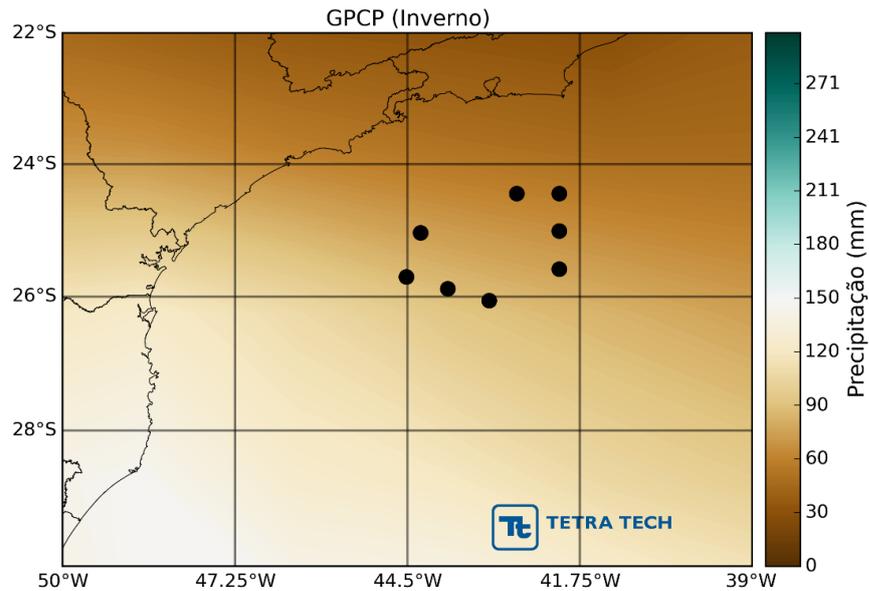
Da Figura II.5.1.1-14 à Figura II.5.1.1-17 são apresentados mapas das climatologias de precipitação para os períodos de verão (janeiro a março), outono (maio a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro), baseadas em dados do GPCP ao longo do período de 1979 a 2010. No período de verão (Figura II.5.1.1-14) pode-se observar os maiores volumes de precipitação na região dos projetos do PPSBS (Polo Pré-Sal da Bacia de Santos). Estes volumes podem ser associados à atuação da ZCAS, que forma um corredor de umidade desde a Amazônia até o oceano Atlântico e permanece como um sistema semi-estacionário por vários dias nesta área, ocasionando nebulosidade e precipitação. Já nos períodos de outono, inverno e primavera (Figura II.5.1.1-15 à Figura II.5.1.1-17), observa-se a diminuição dos volumes de precipitação sobre toda a região Sudeste do Brasil. O período de inverno (Figura II.5.1.1-16) apresenta os menores volumes de precipitação acumulados.



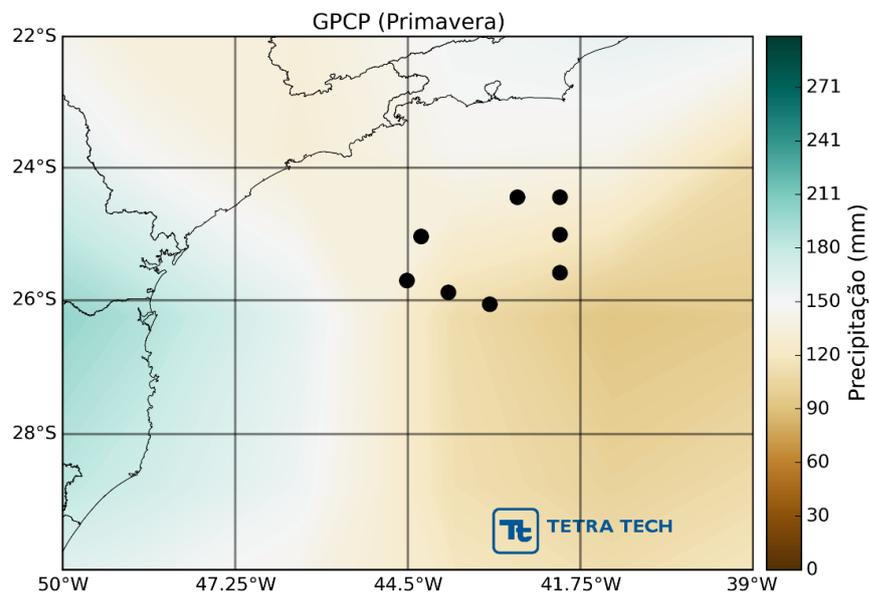
**Figura II.5.1.1-14** – Climatologia de verão (janeiro a março) da precipitação (mm) segundo dados do GPCP no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.



**Figura II.5.1.1-15** – Climatologia de outono (abril a julho) da precipitação (mm) segundo dados do GPCP no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.



**Figura II.5.1.1-16** – Climatologia de inverno (julho a setembro) da precipitação (mm) segundo dados do GPCP no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.



**Figura II.5.1.1-17** – Climatologia de primavera (outubro a dezembro) da precipitação (mm) segundo dados do GPCP no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.

A Figura II.5.1.1-18 apresenta a precipitação média mensal de acordo com dados medidos na estação do INMET no Rio de Janeiro, onde à esquerda tem-se a série recente (1961 a 2015) e à direita é apresentada a normal climatológica fornecida pelo INMET (1961 a 1990). Nessa estação, o período mais chuvoso se estende de outubro a março (períodos de primavera e verão). Os máximos de precipitação ocorrem em dezembro e janeiro, com volumes médios em torno de 135 mm/mês. Já os meses mais secos se estendem de junho a agosto (fim do outono e início do inverno), com médias mensais de precipitação de aproximadamente 40 mm/mês. De maneira geral a série recente mostra o mesmo padrão que a normal.

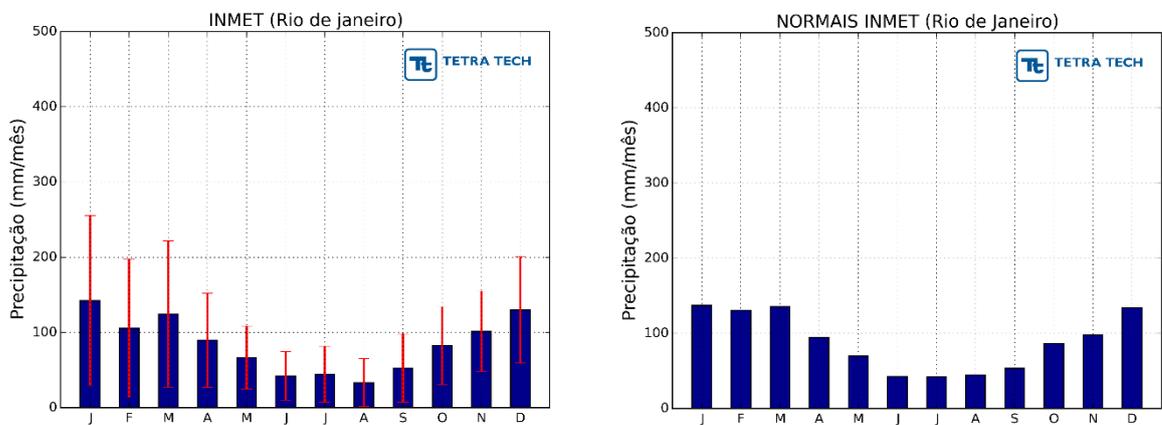
De maneira análoga, a Figura II.5.1.1-19 apresenta os valores de precipitação média mensal calculados para a série recente e a normal climatológica fornecida pelo INMET para a estação de Paranaguá. Nessa estação os meses mais chuvosos se estendem de janeiro a março, sendo o máximo acumulado mensal de precipitação em janeiro, com volume médio de 290 mm/mês. Já o período mais seco se estende de junho a agosto, com médias mensais de precipitação de aproximadamente 90 mm/mês, sendo agosto o mês mais seco com volume acumulado de 75 mm/mês. Comparando-se a série recente com a normal climatológica, os padrões apresentam-se coerentes.

Assim como para o Rio de Janeiro e Paranaguá, a Figura II.5.1.1-20 mostra a série média mensal de precipitação para dados da estação INMET de Florianópolis (série recente à esquerda e normal climatológica à direita). Os meses mais chuvosos são janeiro a março, com os máximos em janeiro e fevereiro, atingindo volumes médios em torno de 180 mm/mês. Os meses menos chuvosos são de junho a agosto, com médias mensais de precipitação de aproximadamente 90 mm/mês.

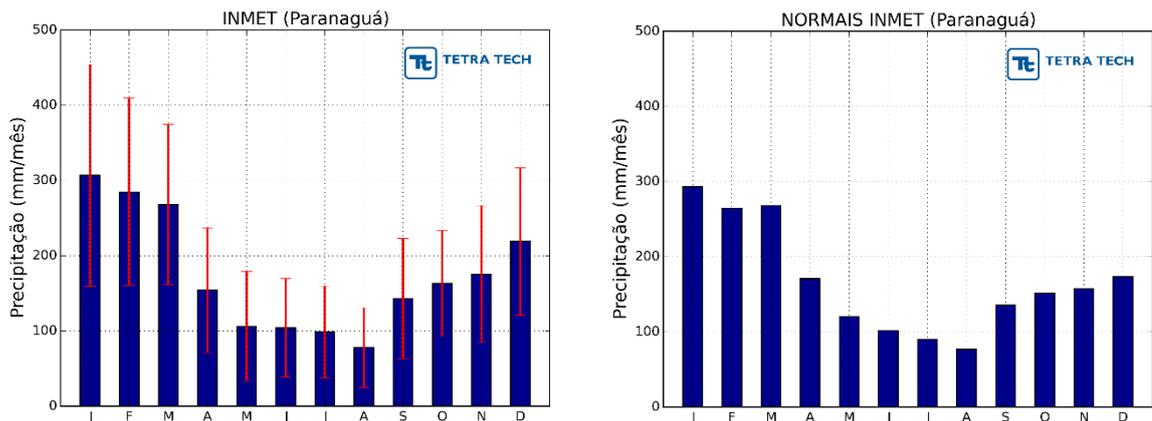
De modo a caracterizar o litoral de São Paulo a Figura II.5.1.1-21 apresenta as médias mensais de precipitação de acordo com as normais climatológicas do INMET para Santos (esquerda) e Ubatuba (direita). Ambas as estações apresentam os meses mais chuvosos entre dezembro e março, com médias de 230 mm/mês em Santos e 330 mm/mês em Ubatuba. O período mais seco em ambas as estações ocorre de junho a agosto, com médias de 100 mm/mês,

sendo agosto o mês com menores volumes (média de 80 mm/mês em ambas as estações).

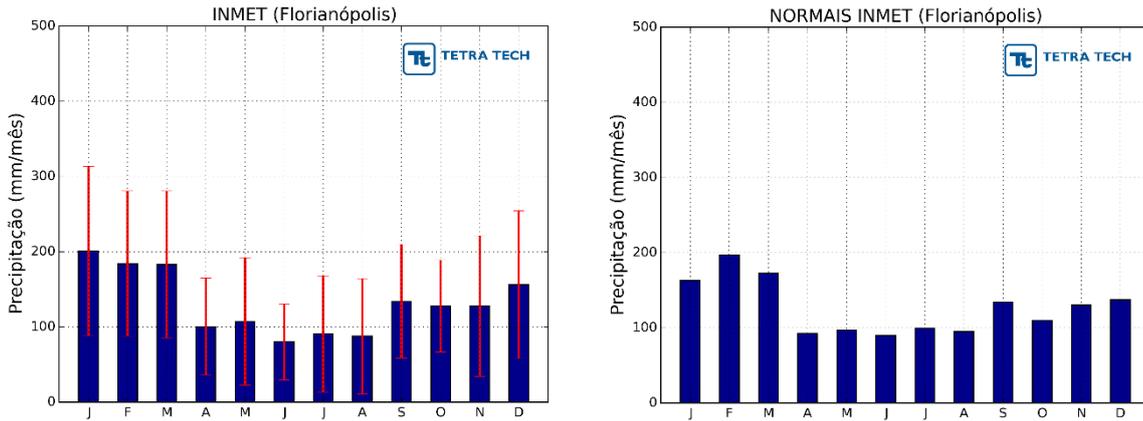
Finalmente, para caracterizar a região marinha a Figura II.5.1.1-22 apresenta a precipitação média mensal segundo dados do GPCP no período de 1979 a 2010, sobre o ponto de grade representativo do ponto de análise PC. O padrão de sazonalidade é análogo ao observado nas estações de medição costeiras, com os meses de inverno, julho a setembro, sendo mais secos (médias em torno de 60 mm/mês) e os meses de verão, janeiro a março, mais chuvosos (médias em torno de 200 mm/mês).



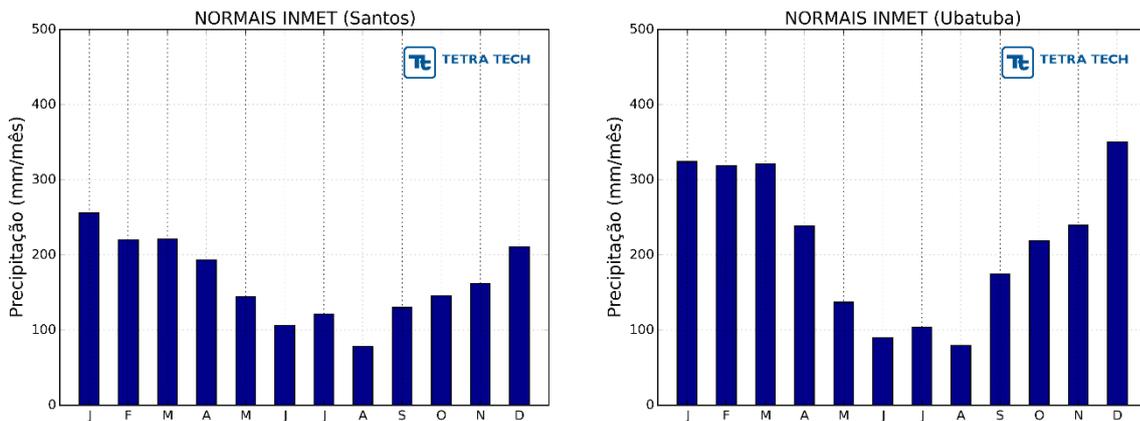
**Figura II.5.1.1-18** – Precipitação média mensal (mm) no Rio de Janeiro, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).



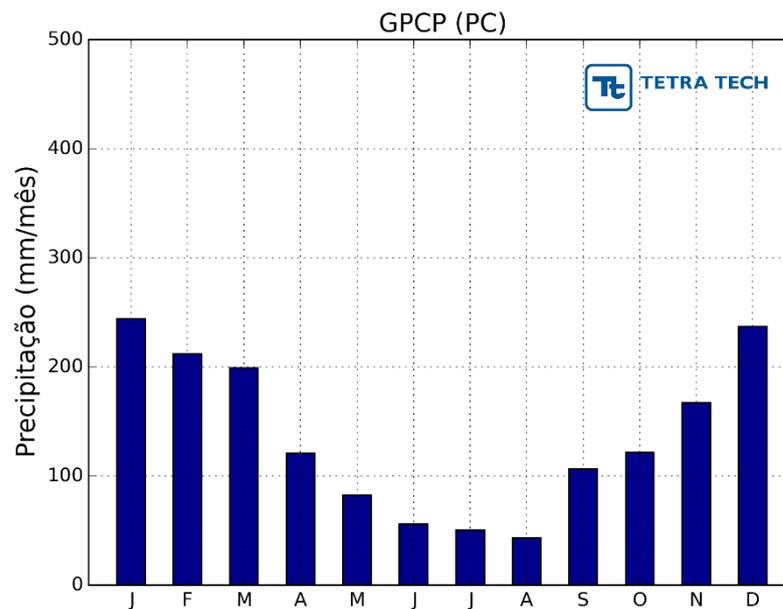
**Figura II.5.1.1-19** – Precipitação média mensal (mm) em Paranaguá, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).



**Figura II.5.1.1-20** – Precipitação média mensal (mm) em Florianópolis, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).



**Figura II.5.1.1-21** – Precipitação média mensal (mm) em Santos (esquerda) e Ubatuba (direita) de acordo com as normais climatológicas (1961 a 1990) do INMET.



**Figura II.5.1.1-22** – Precipitação média mensal (mm) no ponto de estudo (PC) a partir dos dados climatológicos do GPCP no período de 1979 a 2010.

### **Insolação**

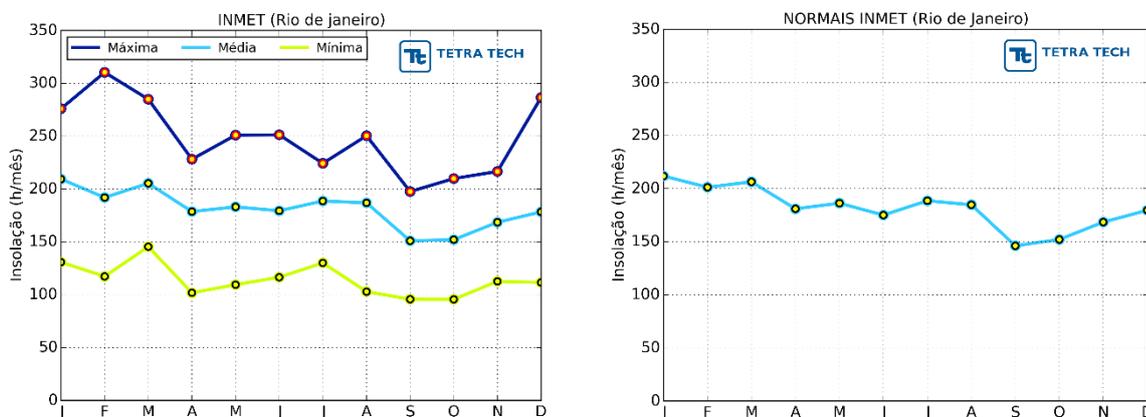
O parâmetro insolação refere-se ao número de horas de brilho solar, de forma a quantificar o tempo de incidência direta de radiação solar. Maiores valores de insolação, portanto, associam-se a condições de ausência de nebulosidade e precipitação. Note-se ainda que durante a noite a insolação é nula, devido à ausência de radiação solar incidente.

A Figura II.5.1.1-23 apresenta a climatologia da insolação, dada em média de horas de sol por mês, com valores médios, máximos e mínimos mensais, de acordo com dados medidos na estação do INMET do Rio de Janeiro no período de 1961 a 2015 (esquerda) e a respectiva normal climatológica fornecida pelo INMET no período de 1961 a 1990 (direita). Observa-se os máximos valores de insolação entre janeiro e março, em torno de 200 h/mês, e os mínimos em setembro e outubro, em torno de 150 h/mês. Quando comparada à normal climatológica, a série recente apresenta valores muito próximos.

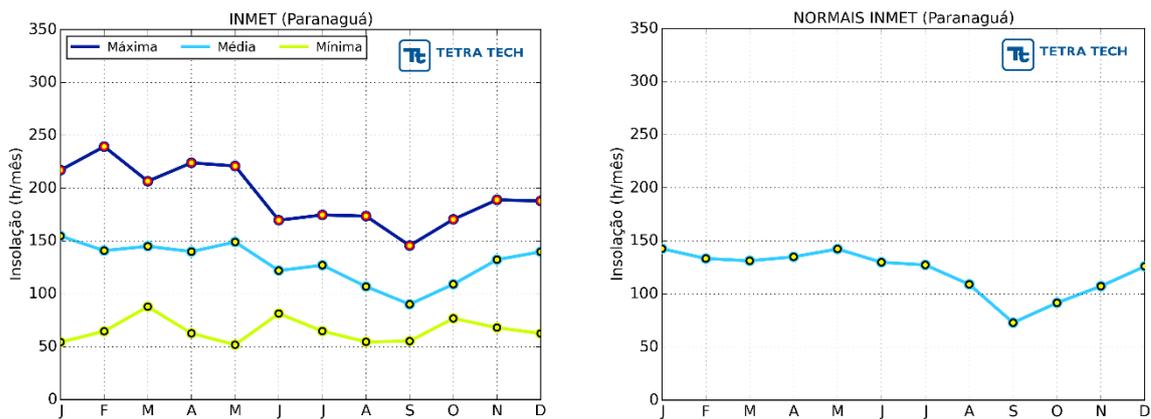
Analogamente, a Figura II.5.1.1-24 apresenta a mesma análise para a estação INMET de Paranaguá. À esquerda é mostrada a série recente (1961 a 2015) enquanto à direita é apresentada a normal climatológica do INMET. Observa-se que o valor mínimo de insolação ocorrem em setembro (100 h/mês) e os máximos ocorrem entre janeiro e maio (cerca de 150 h/mês). Na comparação com a normal climatológica, observa-se que o máximo de insolação é bem representado pela série recente, porém, os mínimos são menores na normal climatológica (atingindo 80 h/mês em setembro).

A Figura II.5.1.1-25 apresenta a análise da insolação média para a estação INMET de Florianópolis, onde à esquerda é apresentada a série recente (1961 a 2015) e à direita é mostrada a normal climatológica fornecida pelo INMET (1961 a 1990). Observa-se que os meses de março a maio apresentam os maiores valores de insolação (aproximadamente 180 h/mês), com máximo em março, já o mínimo de insolação acontece em setembro (aproximadamente 140 h/mês). Comparando-se a série recente com a normal climatológica, nota-se que as séries apresentam um comportamento similar.

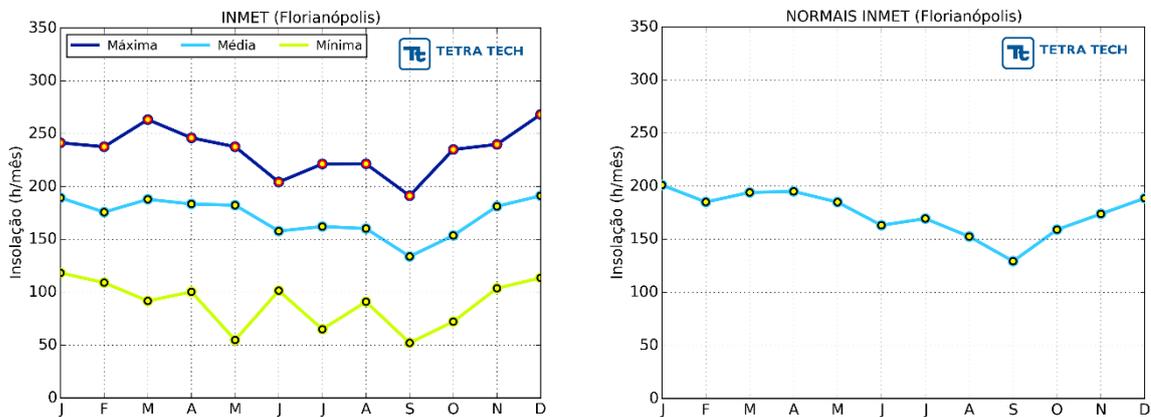
Finalmente, de modo a caracterizar a região costeira do estado de São Paulo, a Figura II.5.1.1-26 apresenta as normais climatológicas da radiação solar mensal para as cidades de Santos (esquerda) e Ubatuba (direita). Ambas as estações apresentam um comportamento similar, com médias de 150 h/mês de insolação, porém o mínimo de radiação ocorre em setembro em Santos (90 h/mês) e em outubro em Ubatuba (100 h/mês).



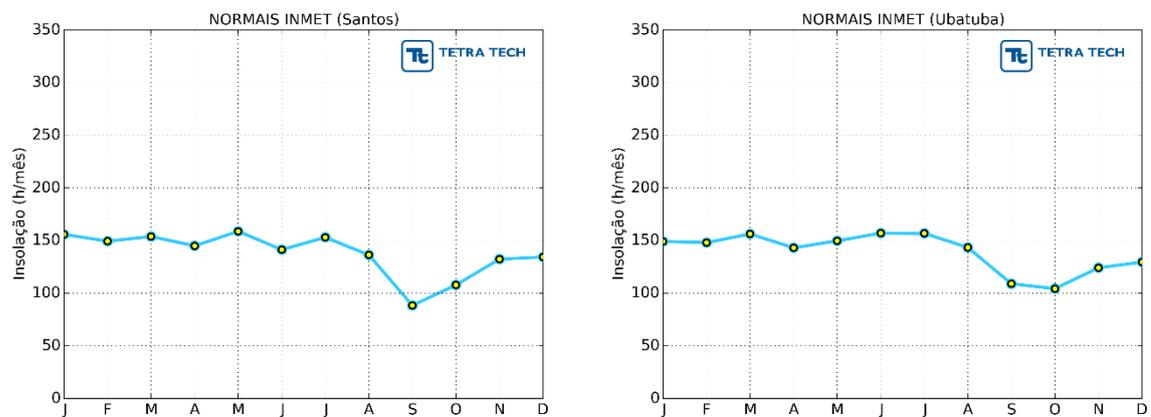
**Figura II.5.1.1-23 – Insolação (horas/mês) no Rio de Janeiro, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).**



**Figura II.5.1.1-24** – Insolação (horas/mês) em Paranaguá, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).



**Figura II.5.1.1-25** – Insolação (horas/mês) em Florianópolis, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).



**Figura II.5.1.1-26** – Insolação (horas/mês) em Santos (esquerda) e Ubatuba (direita), de acordo com as normais climatológicas do INMET no período de 1961 a 1990.

## **Evaporação**

A evaporação ao nível da superfície é influenciada, principalmente, por três parâmetros: a disponibilidade de água (sendo, portanto, mais abundante sobre os oceanos do que sobre regiões continentais e sendo também diretamente influenciado pela precipitação no local), a incidência de radiação solar (fonte de energia necessária para gerar a evaporação) e intensidade dos ventos (condições de calmaria de ventos favorecem a evaporação). A relação entre estes fatores, conforme descrito, ocorre de forma complexa. Os dados de evaporação utilizados nesta análise são provenientes de estações do INMET, obtidos através da técnica do evaporímetro de Piché (SILVA-VAREJÃO, 2001).

A Figura II.5.1.1-27, Figura II.5.1.1-28 e Figura II.5.1.1-29 apresentam as climatologias da evaporação mensal (mm/mês) de acordo com dados medidos, respectivamente, nas estações INMET do Rio de Janeiro, Paranaguá e Florianópolis. Para cada uma das estações são apresentados os valores mínimos, médios e máximos mensais referentes às séries de dados no período de 1961 a 2015, e também as normais fornecidas pelo INMET para o período de 1961 a 1990. Na Figura II.5.1.1-30 são apresentadas as normais climatológicas de evaporação para as estações INMET de Santos e Ubatuba.

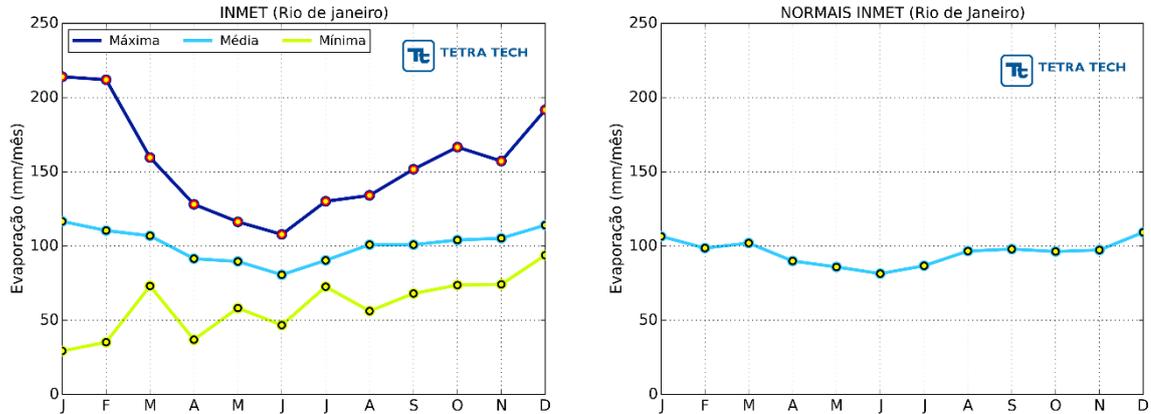
No Rio de Janeiro (Figura II.5.1.1-27) o período de menor evaporação mensal ocorre entre abril e julho, com valores médios em torno de 80 a 90 mm/mês, enquanto o de maior evaporação ocorre entre dezembro e março, com valores médios mensais acima de 100 mm/mês.

Em Paranaguá (Figura II.5.1.1-28) os meses de junho, julho e agosto apresentam a menor evaporação média mensal, em torno de 50 mm/mês, e os meses de outubro a março apresentam a maior evaporação, atingindo o máximo de 86 mm/mês em dezembro.

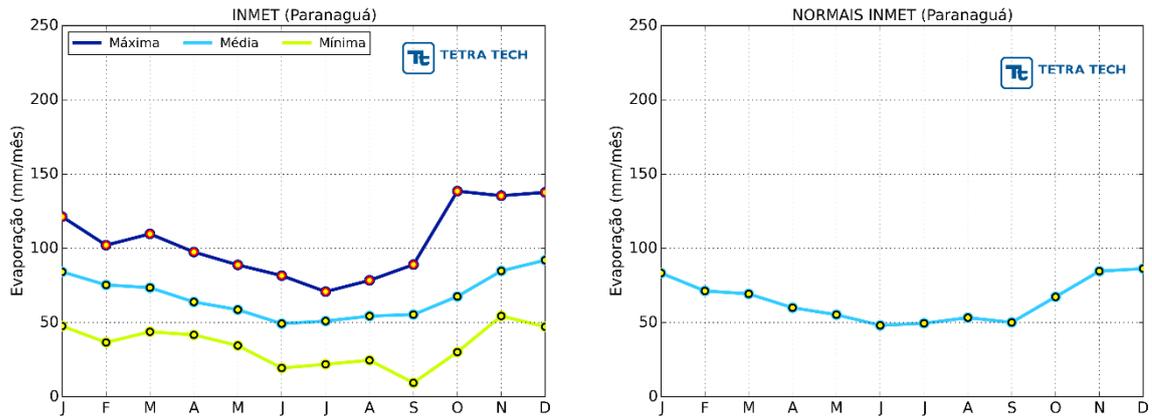
Já em Florianópolis (Figura II.5.1.1-29) os valores médios mensais da evaporação variam entre 70 mm/mês e 115 mm/mês, sendo os menores valores referentes aos meses de maio e julho e os maiores de outubro a março.

Em Santos e Ubatuba (Figura II.5.1.1-30) os valores médios mensais de evaporação, segundo as normais do INMET, não apresentaram variação sazonal

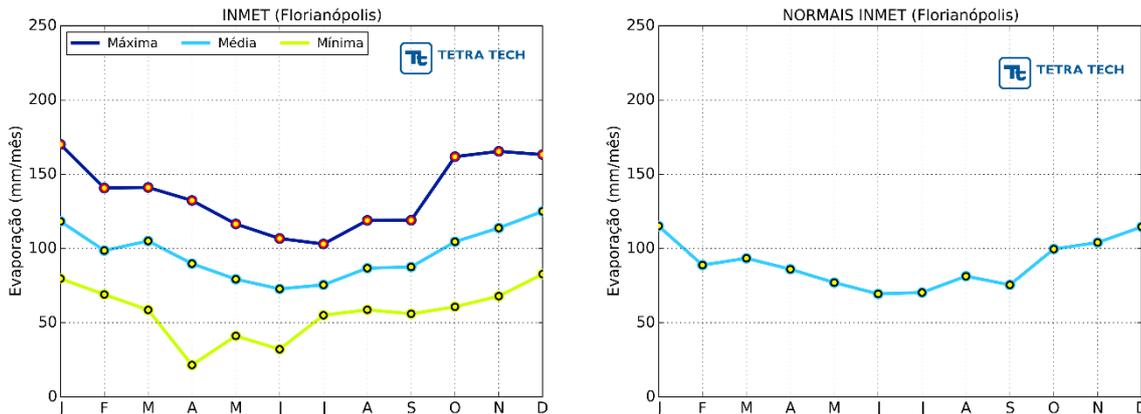
acentuada, sendo que em Santos os valores variam entre 74 e 97 mm/mês e em Ubatuba entre 30 e 43 mm/mês.



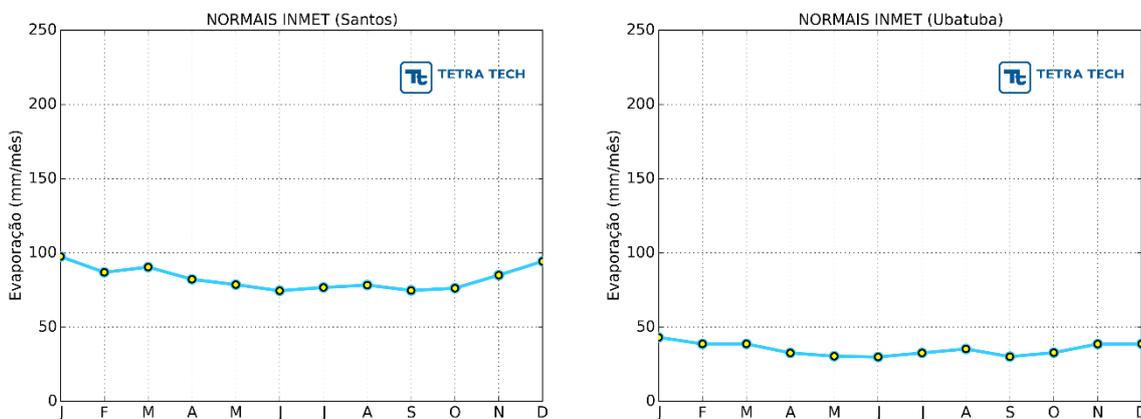
**Figura II.5.1.1-27** – Evaporação (mm/mês) no Rio de Janeiro, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).



**Figura II.5.1.1-28** – Evaporação (mm/mês) em Paranaguá, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).



**Figura II.5.1.1-29** – Evaporação (mm/mês) em Florianópolis, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).

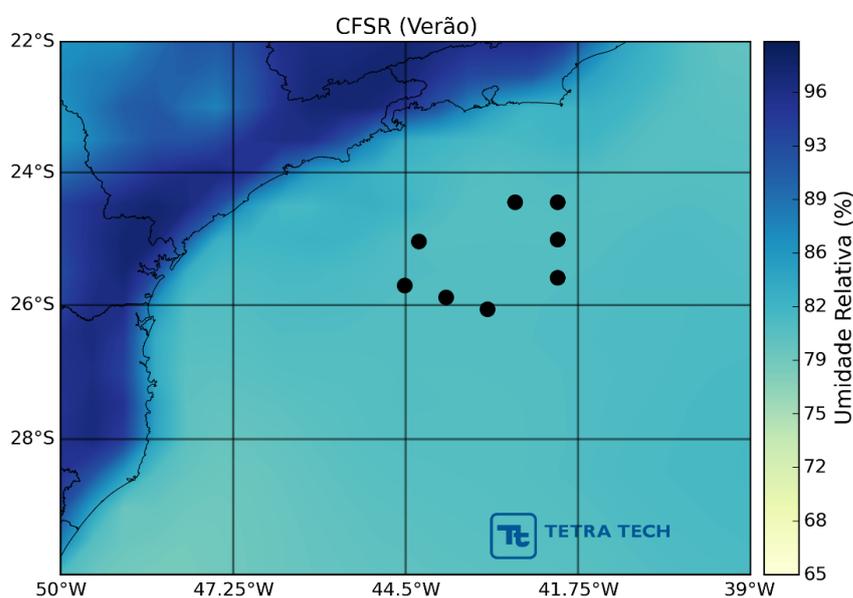


**Figura II.5.1.1-30** – Evaporação (mm/mês) em Santos (esquerda) e Ubatuba (direita), de acordo com as normais climatológicas do INMET no período de 1961 a 1990.

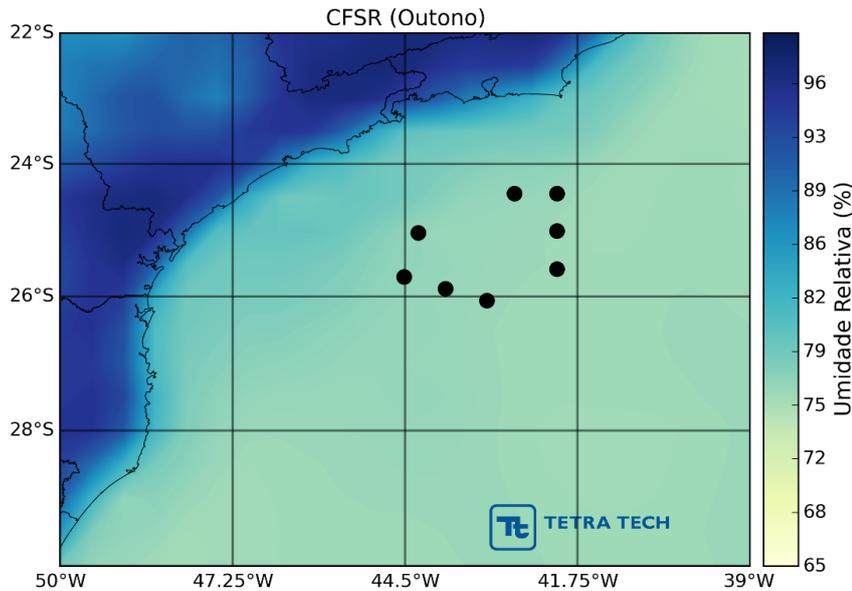
### Umidade Relativa do Ar

É importante notar que o parâmetro umidade relativa do ar não se refere à quantidade absoluta de vapor de água presente na atmosfera (em massa ou volume), mas sim à relação entre a quantidade de vapor e a capacidade da atmosfera de reter este vapor (por isso sua unidade é dada em porcentagem). Assim, a umidade relativa indica o quão próxima a atmosfera está do seu estado de saturação, de forma que sob a condição de precipitação a umidade relativa possui valor de 100%. Dadas condições de temperatura semelhantes, onde a capacidade de retenção de vapor pela atmosfera não sofra alterações, o fator de evaporação de água pela superfície influenciará o valor da umidade relativa do ar.

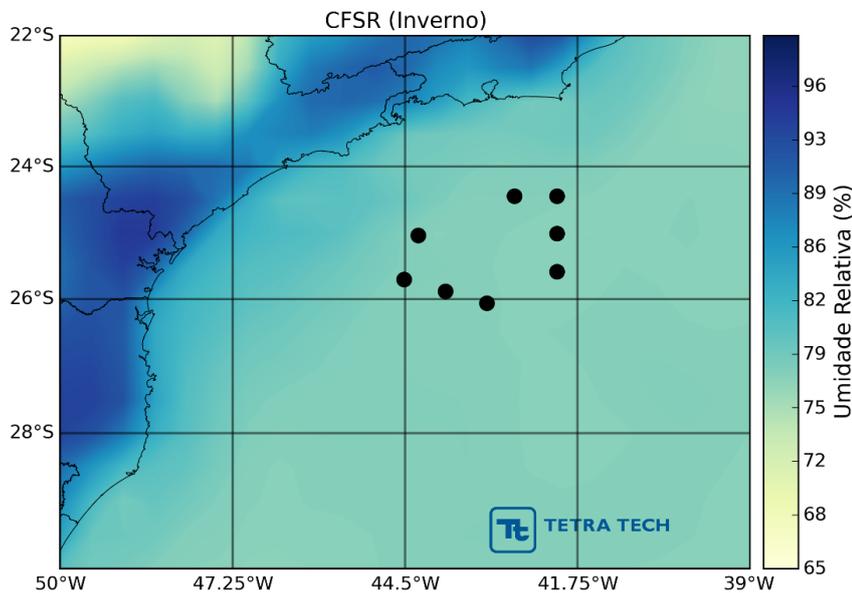
A Figura II.5.1.1-31 à Figura II.5.1.1-34 apresentam a distribuição espacial da umidade relativa para a região de estudo de acordo com a climatologia da reanálise CFSR. De maneira geral, o continente apresenta uma umidade relativa maior do que o oceano, sendo as regiões costeiras consideravelmente mais úmidas do que o interior e que a porção oceânica. O verão (Figura II.5.1.1-31) e o outono (Figura II.5.1.1-32) apresentam maiores valores de umidade relativa que o inverno (Figura II.5.1.1-33) e a primavera (Figura II.5.1.1-34). A porção oceânica apresenta pequena variabilidade dos valores de umidade relativa ao longo do ano.



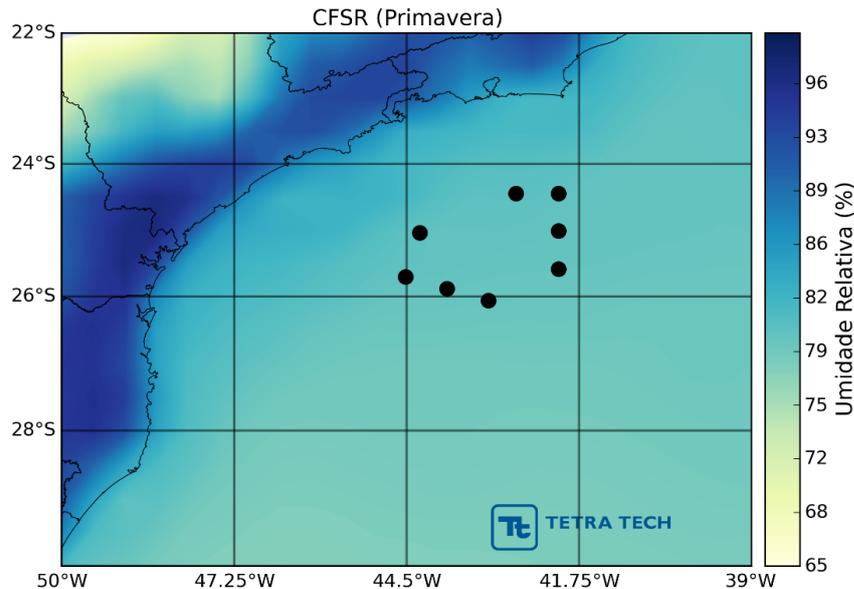
**Figura II.5.1.1-31** – Climatologia de verão (janeiro a março) da umidade relativa do ar (%) segundo dados da CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.



**Figura II.5.1.1-32** – Climatologia de outono (abril a junho) da umidade relativa do ar (%) segundo dados da CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.



**Figura II.5.1.1-33** – Climatologia de inverno (julho a setembro) da umidade relativa do ar (%) segundo dados da CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.



**Figura II.5.1.1-34** – Climatologia de primavera (outubro a dezembro) da umidade relativa do ar (%) segundo dados da CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.

A Figura II.5.1.1-35 apresenta à esquerda os valores máximos, médios e mínimos mensais de umidade relativa para a estação do INMET do Rio de Janeiro de 1961 a 2015 (série recente) enquanto à direita é apresentada a normal climatológica fornecida pelo INMET no período de 1961 a 1990. Os valores médios de umidade variam em torno dos 75% durante todo o ano, com os menores valores no mês de fevereiro e os maiores abril, maio e junho. A amplitude de variação na série média é pequena (menor de 5%), porém observado a diferença entre os valores máximos e mínimos mensais chega a passar dos 20%.

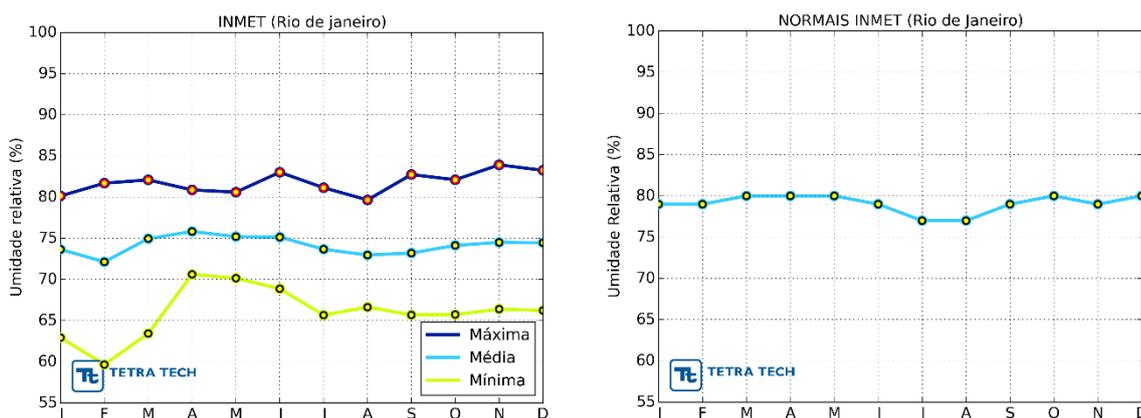
De maneira análoga, a Figura II.5.1.1-36 apresenta a série recente de umidade relativa para Paranaguá à esquerda (1961 a 2015) e a respectiva normal climatológica à direita (1961 a 1990). Observa-se que os valores médios de umidade relativa ficam entre 80% e 85% com um aumento progressivo entre janeiro a agosto seguida por uma queda nos últimos meses do ano. Observando-se os valores mínimos e máximos, ocorre uma variação dos mínimos mensais em torno de 75% e dos máximos de 95% a 100%. Comparando-se a série recente

com a normal climatológica, observa-se que, de janeiro a julho as séries são aproximadamente concordantes.

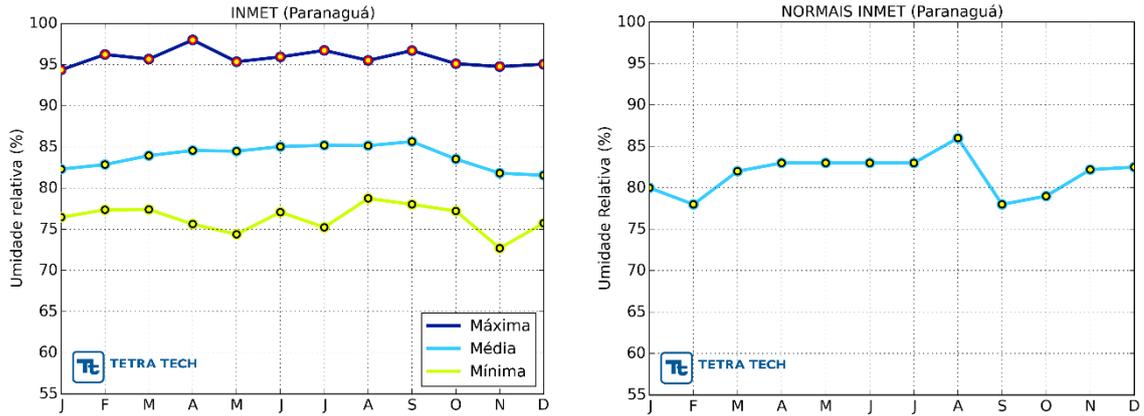
Assim como anteriormente, a Figura II.5.1.1-37 apresenta a análise para a umidade relativa para a estação do INMET de Florianópolis, onde à esquerda se tem a série recente (1961 a 2015) e a direita a normal climatológica fornecida pelo INMET (1961 a 1990). Observa-se uma umidade relativa média bastante constante durante todo o ano, com valores de aproximadamente 80%, sendo o novembro o mês com menores valores.

De modo a caracterizar o litoral paulista quanto à umidade relativa são utilizadas as normais climatológicas fornecidas pelo INMET no período de 1961 a 1990 para as cidades de Santos (Figura II.5.1.1-38, esquerda) e Ubatuba (Figura II.5.1.1-38, direita). Comparativamente, Santos apresenta uma umidade relativa menos constante e cerca de 5% menor do que Ubatuba. Em Santos o mês com menor umidade relativa é agosto (75%) e os meses com maior são março e abril (83%); já em Ubatuba os máximos ocorrem em abril e maio (88%) e o mínimo em fevereiro (85%).

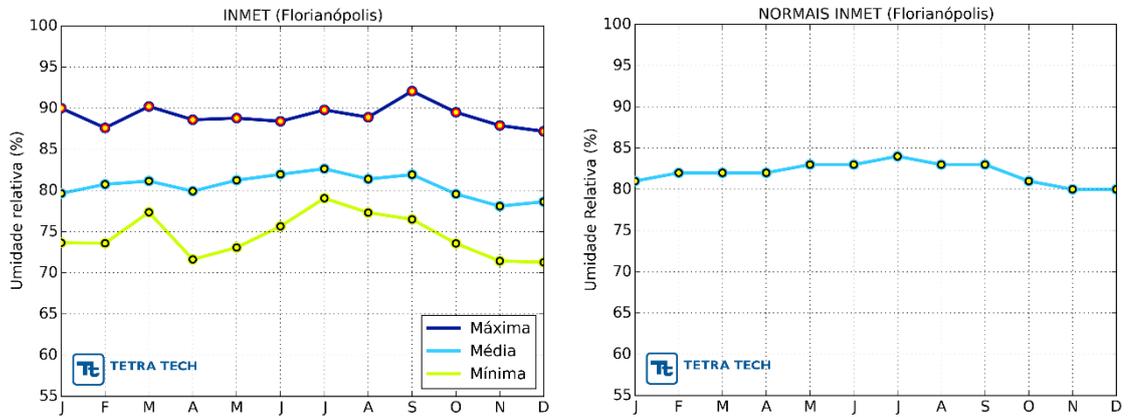
Finalmente, a Figura II.5.1.1-39 apresenta os valores médios, mínimos e máximos da umidade relativa para o ponto de estudo (PC). A umidade relativa fica em torno dos 80% em média, com máximos de 86% em março e mínimos médios de 79% em agosto.



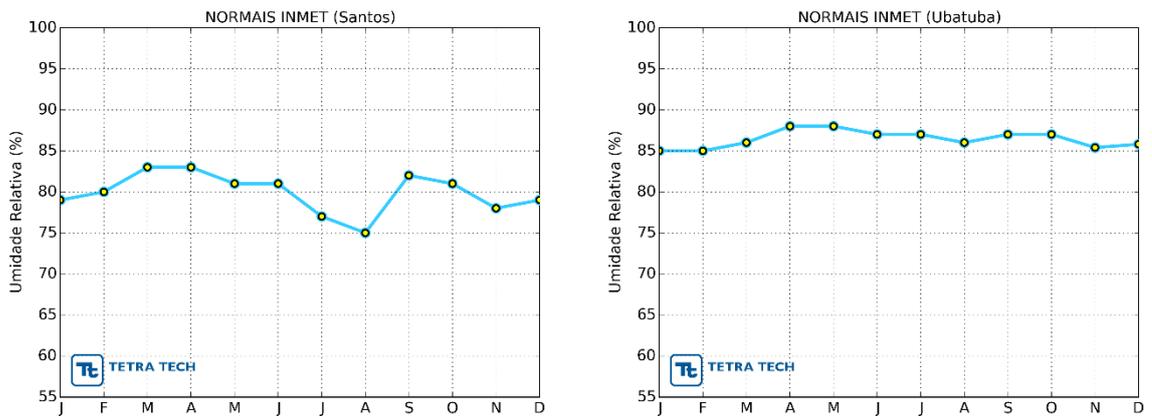
**Figura II.5.1.1-35** – Umidade Relativa (%) no Rio de Janeiro, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).



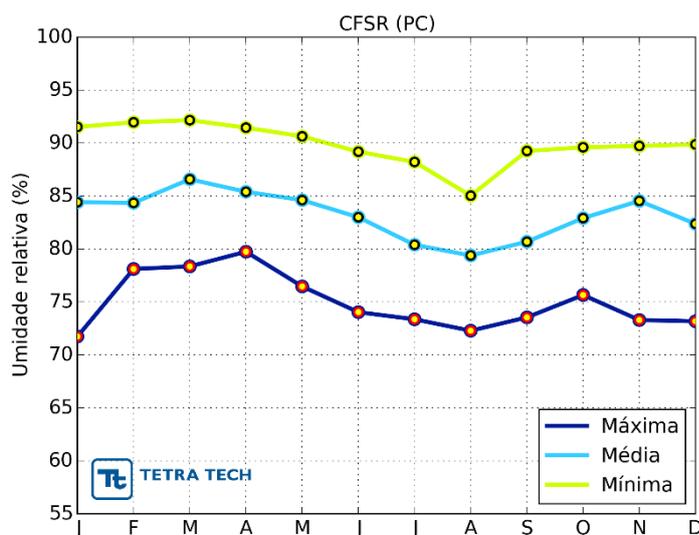
**Figura II.5.1.1-36** – Umidade Relativa (%) em Paranaguá, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).



**Figura II.5.1.1-37** – Umidade Relativa (%) em Florianópolis, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).



**Figura II.5.1.1-38** – Umidade relativa (%) em Santos (esquerda) e Ubatuba (direita), de acordo com as normais climatológicas do INMET no período de 1961 a 1990.



**Figura II.5.1.1-39** – Umidade relativa média, máxima e mínima mensal no ponto de estudo (PC), de acordo com dados da reanálise da CFSR no período de 1979 a 2010.

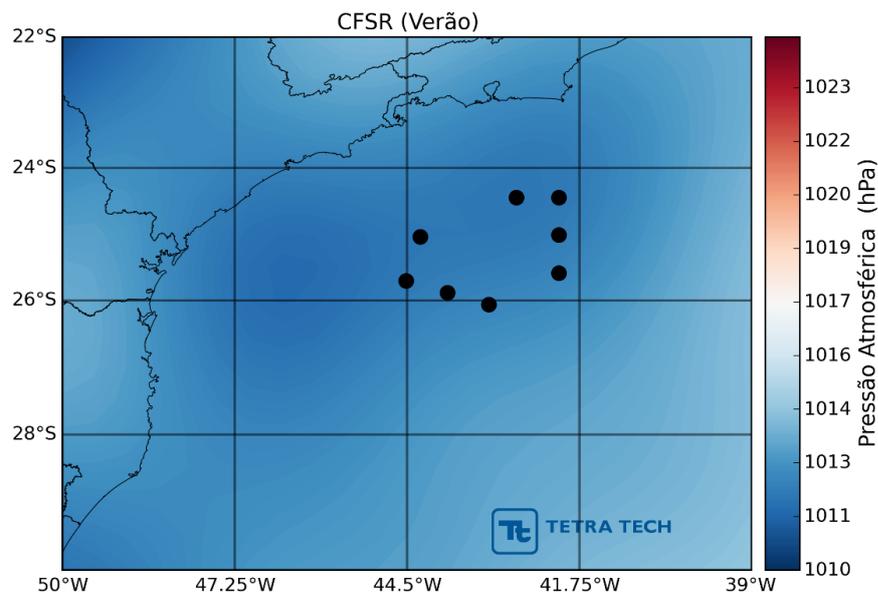
### Pressão Atmosférica

A pressão atmosférica reflete as características da coluna atmosférica e associa-se a determinados padrões de circulação dos ventos e temperatura do ar ao nível da superfície. Regiões da superfície com alta pressão atmosférica estão associadas a uma coluna de ar mais densa e relacionam-se, em geral, a circulação de subsidência (onde há movimentos de ar descendentes e, portanto, pouca nebulosidade) e a temperaturas mais baixas. Inversamente, regiões da superfície com baixa pressão atmosférica estão associadas a condições de circulação com convecção (onde ocorre movimento de ar ascendente, que favorece a formação de nuvens quando da presença de umidade) e a temperaturas mais elevadas (VIANELLO & ALVES, 1991).

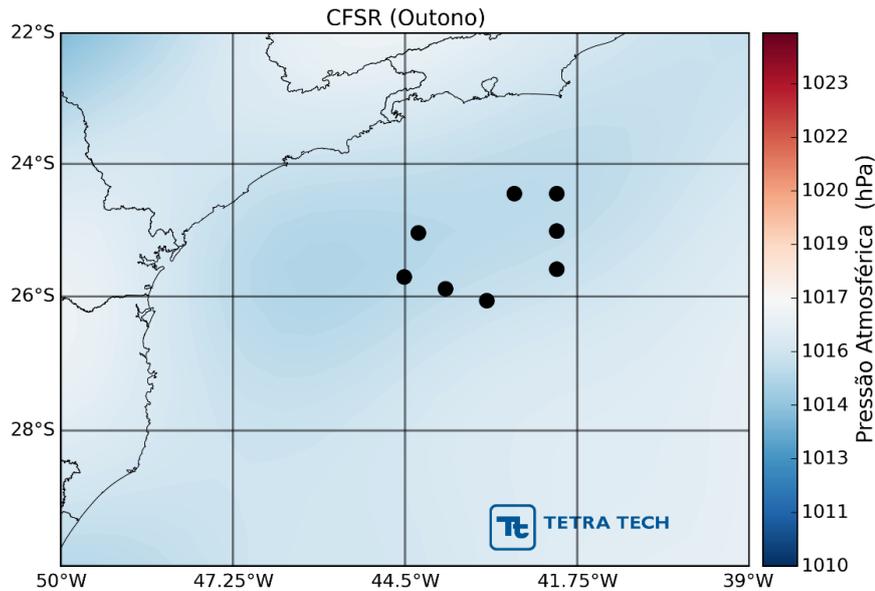
Uma importante característica da região SE do Brasil é a influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), um sistema semipermanente de alta pressão atmosférica localizado sobre o Oceano Atlântico, induzido pela circulação meridional global (célula de Hadley). A ASAS intensifica-se com certa

regularidade e avança em direção ao continente de leste para oeste, começando no final do verão do Hemisfério Sul, atingindo sua máxima intensidade em julho e declinando até janeiro (Cavalcanti *et al.*, 2009).

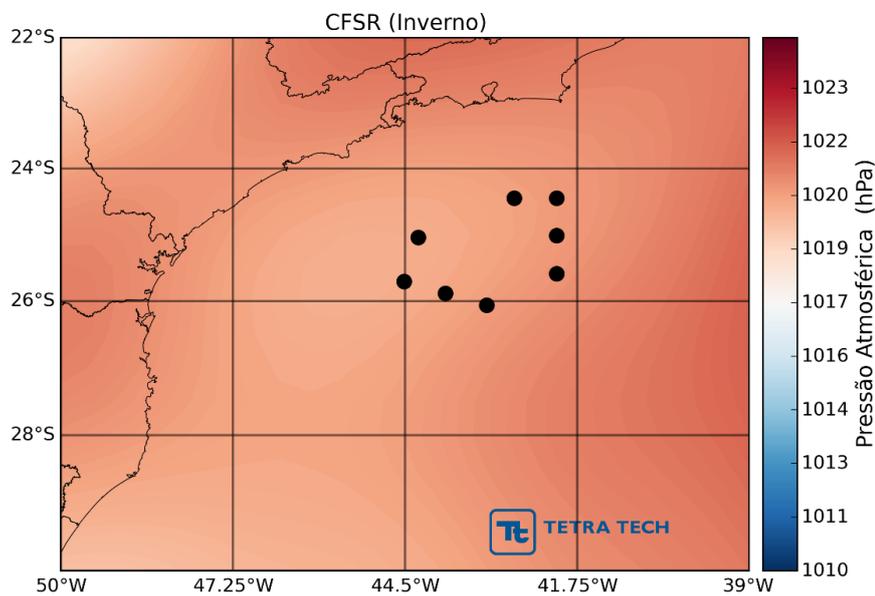
Da Figura II.5.1.1-40 à Figura II.5.1.1-43 são apresentadas as climatologias sazonais da pressão atmosférica reduzida ao nível do mar para as diferentes estações do ano. Existem poucas variações espaciais, porém, pode-se destacar as diferenças de pressão entre o continente e o oceano. A variação sazonal, contudo, é bastante pronunciada. No verão (Figura II.5.1.1-40) ocorrem as mais baixas pressões, com valor médio sazonal em torno de 1011 a 1014 hPa na área dos projetos do PPSBS, enquanto o inverno (Figura II.5.1.1-42) apresenta as mais altas pressões, média sazonal aproximadamente entre 1019 e 1022 hPa nesta área. O outono (Figura II.5.1.1-41) e a primavera (Figura II.5.1.1-43) apresentam valores intermediários.



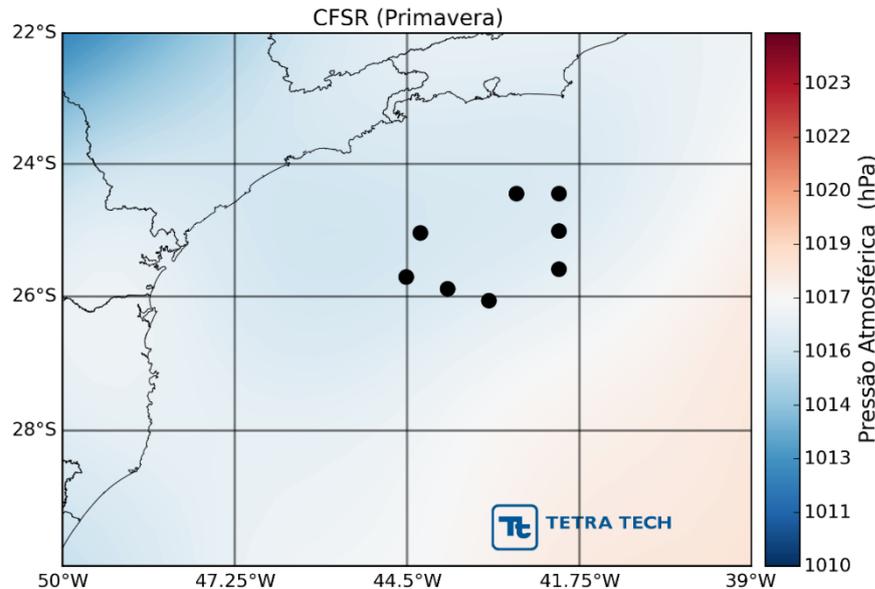
**Figura II.5.1.1-40** – Climatologia de verão (janeiro a março) da pressão atmosférica (hPa) segundo dados da CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.



**Figura II.5.1.1-41** – Climatologia de outono (abril a junho) da pressão atmosférica (hPa) segundo dados da CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.



**Figura II.5.1.1-42** – Climatologia de inverno (julho a setembro) da pressão atmosférica (hPa) segundo dados da CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.



**Figura II.5.1.1-43** – Climatologia de primavera (outubro a dezembro) da pressão atmosférica (hPa) segundo dados da CFSR no período de 1979 a 2010. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.

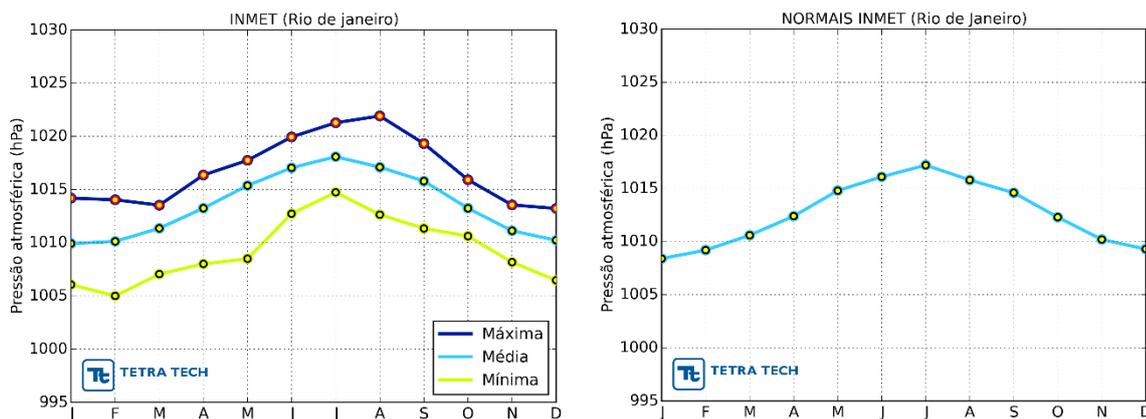
Na Figura II.5.1.1-44 são apresentadas as médias, máximas e mínimas mensais da pressão atmosférica na estação do INMET do Rio de Janeiro no período de 1961 a 2015 (esquerda) e a respectiva normal climatológica fornecida pelo INMET no período de 1961 a 1990 (direita). Os meses de inverno apresentam as mais altas pressões, com máximo em julho (1018 hPa). No verão, a pressão atmosférica é mais baixa, com o menor valor ocorrendo em janeiro (1010 hPa). Ao se comparar a série recente com a normal climatológica, observa-se o mesmo padrão sazonal em ambas as séries.

De maneira análoga, a Figura II.5.1.1-45 apresenta a pressão média, máxima e mínima mensal para a estação do INMET de Paranaguá no período de 1961 a 2015 (série recente, à esquerda) e a respectiva normal climatológica no período de 1960 a 1991 (à direita). Assim como para o Rio de Janeiro, a variação sazonal da pressão é bastante marcada entre inverno e verão, com as pressões mais altas ocorrendo em julho (1019 hPa) e as mais baixas ocorrendo em janeiro e fevereiro (1010 hPa). Na comparação entre a série recente e a normal climatológica, observa-se um comportamento bastante similar.

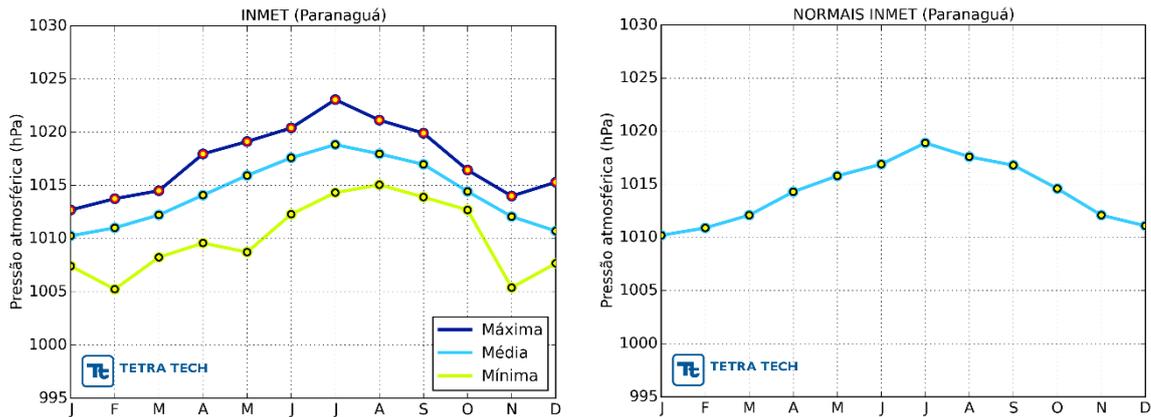
A Figura II.5.1.1-46 apresenta as médias mensais da pressão na estação do INMET de Florianópolis de 1961 a 2015 (série recente, à esquerda) e normal climatológica fornecida pelo INMET no período de 1961 a 1990 (à direita). Assim como nas análises anteriores a pressão atmosférica apresenta uma variação bastante característica entre verão e inverno, com as pressões mais altas ocorrendo no inverno, sendo os maiores valores também em julho (1019 hPa), e os menores em janeiro e fevereiro (1010 hPa). A normal climatológica e a série recente apresentam o mesmo comportamento sazonal.

Para a região do litoral paulista são apresentadas as normais climatológicas do INMET das estações de Santos (Figura II.5.1.1-47, à esquerda) e Ubatuba (Figura II.5.1.1-47, à direita). Ambas as estações apresentam um comportamento bastante similar ao longo do ano, com as pressões mais elevadas ocorrendo em julho (1019 hPa) e as menores em janeiro e dezembro (1010 hPa).

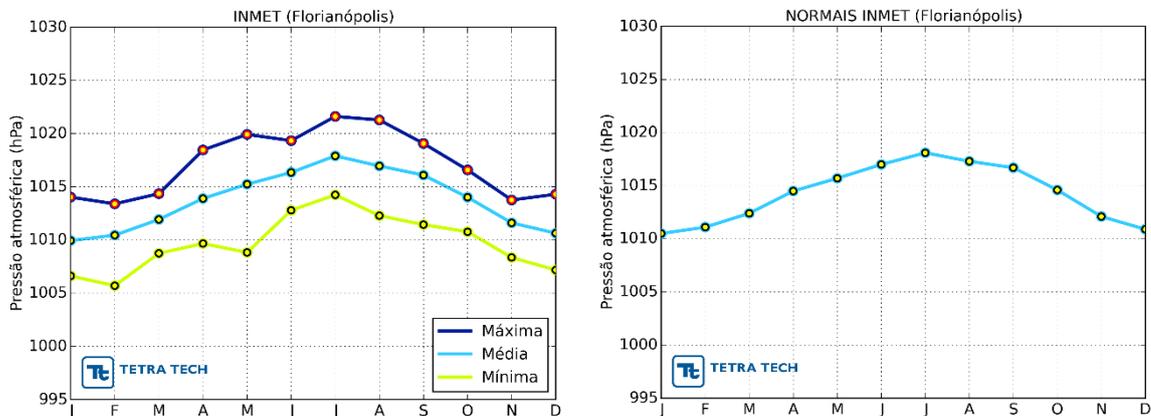
Finalmente, a Figura II.5.1.1-48 apresenta a variação mensal média, máxima e mínima da pressão atmosférica reduzida ao nível do mar no ponto de estudo (PC) com base nos dados da CFSR, no período de 1979 a 2010. Observa-se que, em relação aos pontos de análise costeiros, as pressões são ligeiramente mais elevadas em toda a série e a variação sazonal é semelhante, com máximo de 1021 hPa em julho e mínimo de 1013 hPa em dezembro e janeiro.



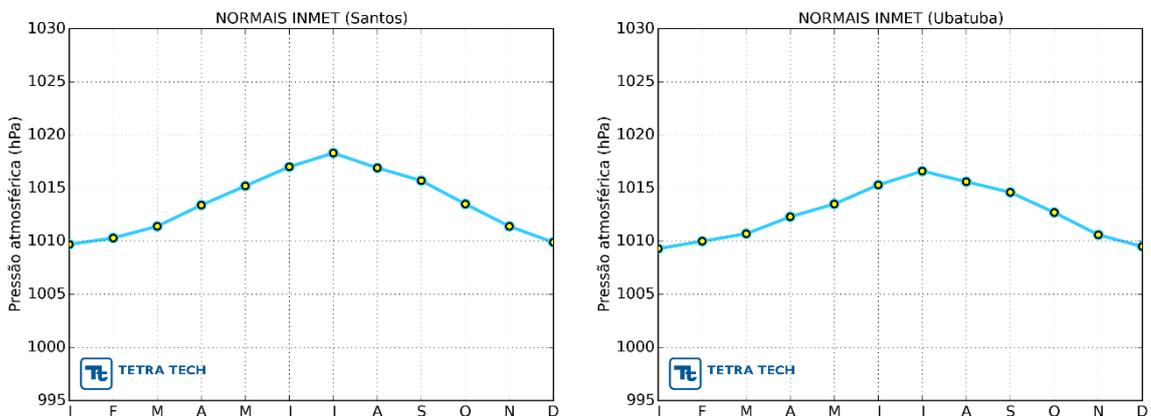
**Figura II.5.1.1-44** – Pressão atmosférica média, máxima e mínima mensal (hPa) no Rio de Janeiro, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).



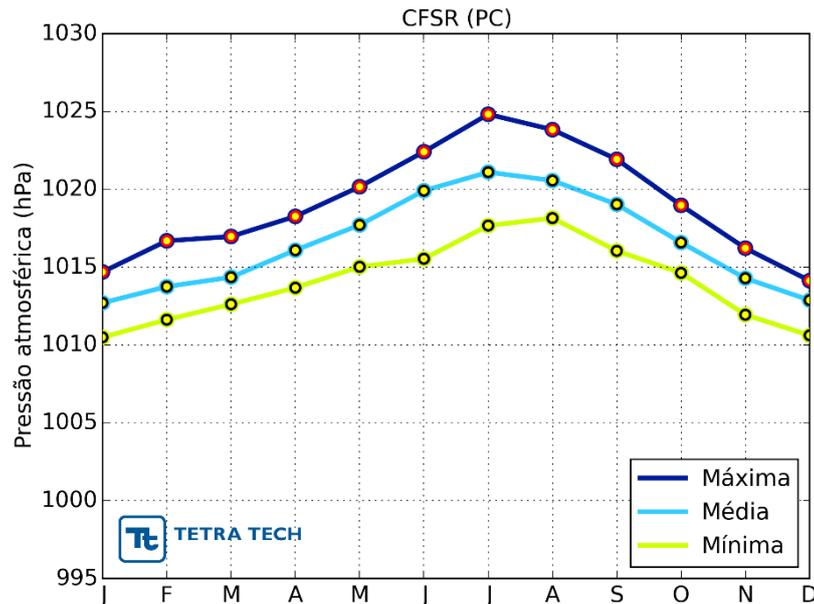
**Figura II.5.1.1-45** – Pressão atmosférica média, máxima e mínima mensal (hPa) em Paranaguá, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).



**Figura II.5.1.1-46** – Pressão atmosférica média, máxima e mínima mensal (hPa) em Florianópolis, de acordo com dados do INMET. À esquerda série recente (1961 a 2015) e à direita normal climatológica (1961 a 1990).



**Figura II.5.1.1-47** – Pressão atmosférica (hPa) em Santos (esquerda) e Ubatuba (direita), de acordo com as normais climatológicas do INMET no período de 1961 a 1990.



**Figura II.5.1.1-48** – Pressão atmosférica média, máxima e mínima mensal (hPa) no ponto de estudo (PC), de acordo com dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2010.

### Regime de Ventos

Os principais sistemas de grande escala que interferem na circulação local são a ASAS (Alta Subtropical do Atlântico Sul), e sistemas transientes, como frentes frias e a ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul). Periodicamente, a situação induzida pela ASAS, caracterizada por ventos vindos de nordeste, com intensidade de fraca a moderada e de céu sem nebulosidade, é perturbada pelo deslocamento de sistemas frontais.

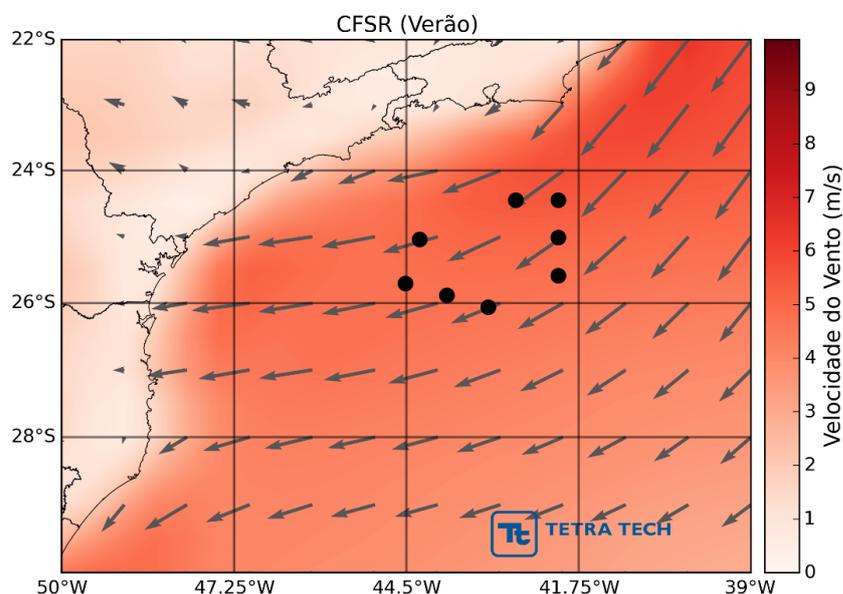
Os sistemas frontais atuam durante o ano todo sobre todo o Atlântico Sul, apresentando-se com maior frequência nas latitudes mais altas, e com menor frequência nas latitudes mais baixas (Andrade, 2005). As perturbações geradas pelos sistemas frontais são essenciais para a determinação das variabilidades intra-anuais na superfície oceânica.

O deslocamento desses sistemas está associado ao escoamento ondulatório de grande escala. A intensificação, ou dissipação dos mesmos está relacionada com as características atmosféricas sobre o continente. Algumas regiões do

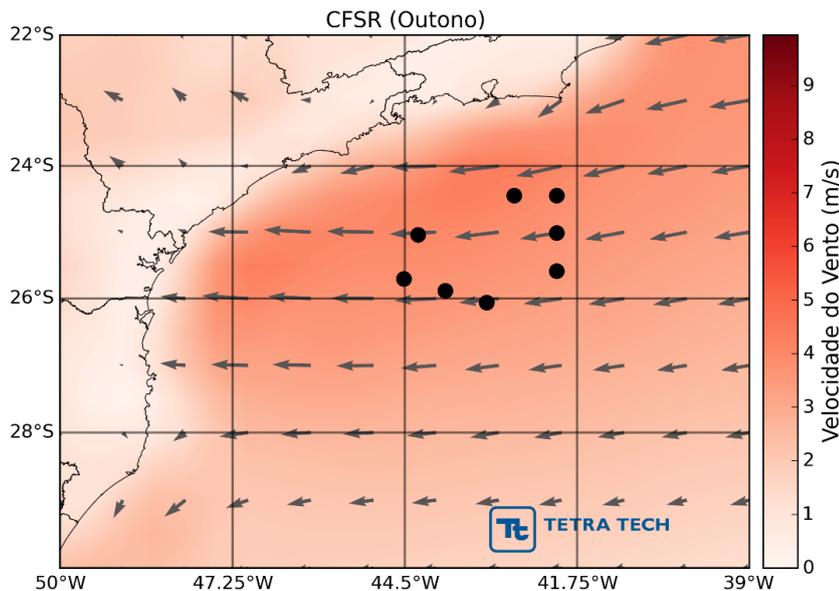
Brasil, tais como as Regiões Sul e Sudeste são regiões frontogenéticas, *i.e.* as frentes podem se formar ou se intensificar nessas regiões (Satyamurty & Mattos, 1989).

Da Figura II.5.1.1-49 à Figura II.5.1.1-52 é apresentado o comportamento sazonal da circulação atmosférica ao longo da costa S-SE brasileira, obtida através da média dos dados da reanálise CFSR de 1979 a 2015, para os períodos de verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro), respectivamente. Nessa análise foram utilizados dados de vento à altura de 10 m.

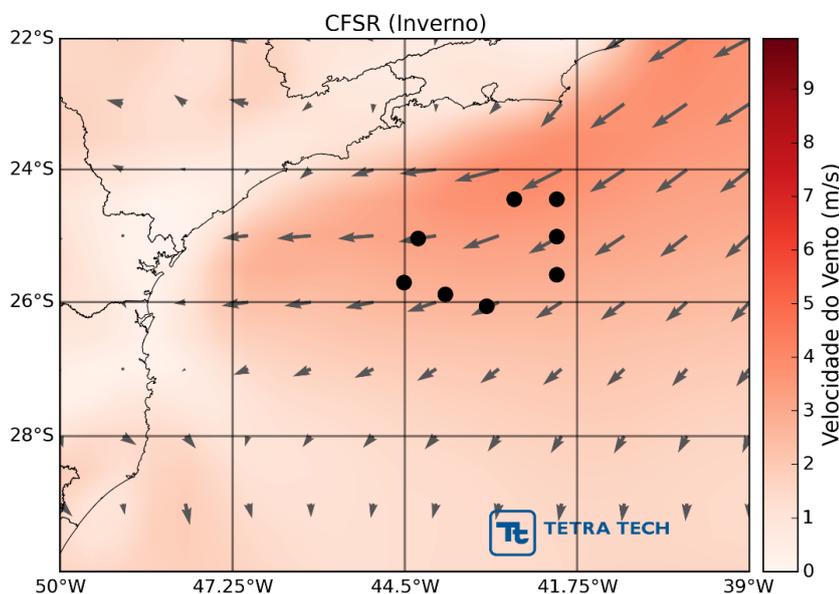
Conforme descrito anteriormente, no sistema acoplado da circulação atmosférica em grande escala a ASAS sofre um deslocamento meridional associado à ZCIT, além de também aproximar-se e afastar-se da costa da América do Sul. Esta sazonalidade da ASAS pode ser observada da Figura II.5.1.1-49 à Figura II.5.1.1-52 através de sua influência sobre o padrão de ventos que atingem a costa da região SE do Brasil, com uma componente de NE/NNE mais pronunciada durante o verão e de E/ENE durante o inverno.



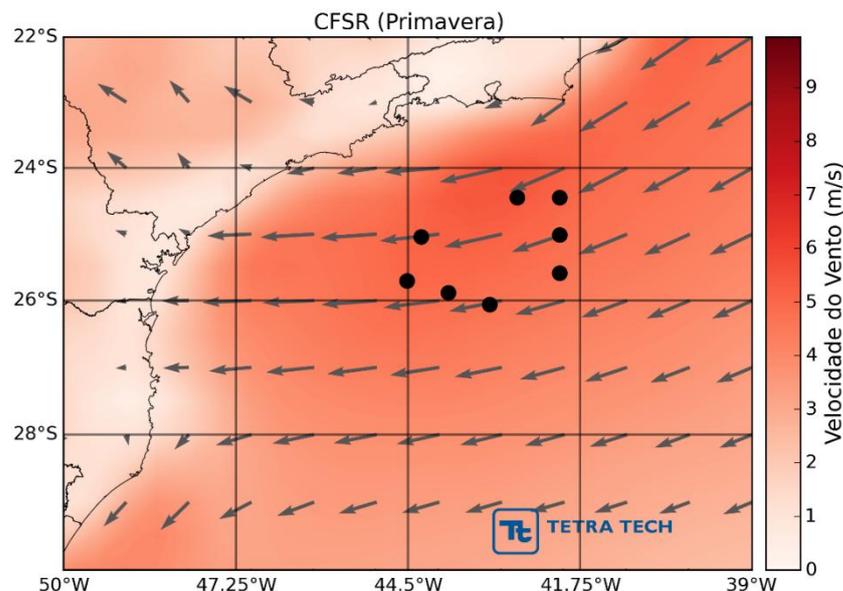
**Figura II.5.1.1-49** – Climatologia de verão (janeiro a março) do campo de vento a 10 m, segundo dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2013. O campo de cores representa a velocidade em m/s e os vetores indicam a direção. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.



**Figura II.5.1.1-50** – Climatologia de outono (abril a junho) do campo de vento a 10 m, segundo dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2013. O campo de cores representa a velocidade em m/s e os vetores indicam a direção. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.



**Figura II.5.1.1-51** – Climatologia de inverno (julho a setembro) do campo de vento a 10 m, segundo dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2013. O campo de cores representa a velocidade em m/s e os vetores indicam a direção. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.



**Figura II.5.1.1-52** – Climatologia de primavera (outubro a dezembro) do campo de vento a 10 m, segundo dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2013. O campo de cores representa a velocidade em m/s e os vetores indicam a direção. Assinalados os vértices delimitando a área dos projetos do PPSBS.

A seguir, são apresentadas análises estatísticas do vento em estações de medição costeiras e em pontos oceânicos ao largo da Bacia de Santos, a fim de caracterizar o regime de ventos dentro da área de estudo. Nestas análises foram utilizadas as seguintes bases de dados:

- Estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ) no período de 01/04/2002 a 01/09/2015;
- Estação METAR de Florianópolis (SBFL) no período de 01/11/2003 a 01/09/2015;
- Dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis no período de 01/10/2011 a 30/09/2012;
- Dados medidos na Plataforma MLZ1 no período de 01/04/2006 a 03/03/2007;
- PCD/INPE de Ubatuba no período de 01/11/2007 a 01/09/2015;
- Reanálise CFSR (1979 a 2013) no ponto de análise (PC) no período de 1979 a 2015.

As informações acerca das bases de dados encontram-se no Quadro II.5.1.1-1 e Quadro II.5.1.1-2 e a localização geográfica dos pontos de análise é mostrada na Figura II.5.1.1-4. É importante notar que o ponto de análise dos dados da reanálise CFSR são representativos de uma grade com resolução meridional e zonal de aproximadamente 30 km sobre o oceano. Os dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis e na Plataforma MLZ1, por sua vez, localizam-se também sobre o oceano, sendo representativos da circulação sobre a região oceânica. Já os dados medidos nas estações METAR, assim como os da PCD/INPE, localizam-se sobre a costa e são representativos da circulação costeira nas suas respectivas localizações. Cada uma das bases de dados apresenta características distintas, conforme descrito, que interferem na interpretação dos dados de vento, porém cada uma delas se faz necessária por fornecer informações complementares acerca da circulação região dos projetos do Polo Pré-Sal e da Bacia de Santos como um todo.

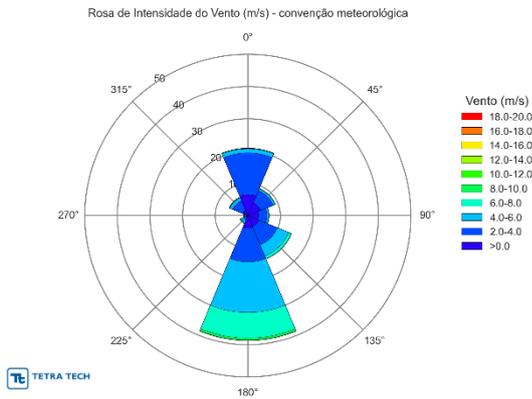
A Figura II.5.1.1-53 apresenta as rosas direcionais sazonais do vento para os períodos de verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro), dos dados medidos na estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ), localizada no Aeroporto Santos Dumont. O padrão de ventos da estação é caracterizado por um regime de ventos com incidência predominante de norte e inversões para sul. Este padrão, no entanto, é observado somente nesta estação, descrevendo a circulação dos ventos na região da entrada da Baía de Guanabara, onde a estação é localizada. Este regime de ventos observado é dominado pela influência da topografia local.

Do Quadro II.5.1.1-3 ao Quadro II.5.1.1-6 são apresentados os diagramas sazonais de ocorrência conjunta para os ventos medidos na estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ). Durante o verão (Quadro II.5.1.1-3), os ventos incidentes são predominantemente de S (38,7%) e N (20,9%), com velocidades médias de 4,4 m/s e 2,4 m/s e máximas de 11,8 m/s e 15,4 m/s, respectivamente nestas direções. A máxima intensidade no verão atinge 16,0 m/s de direção NE. No outono (Quadro II.5.1.1-4) o padrão de ventos mantém o padrão de direções predominantes de S (28,7%) e N (25,6%), com velocidades médias de 4,0 m/s e 2,4 m/s e máximas de 14,4 m/s (máximo da estação) e 9,3 m/s, respectivamente.

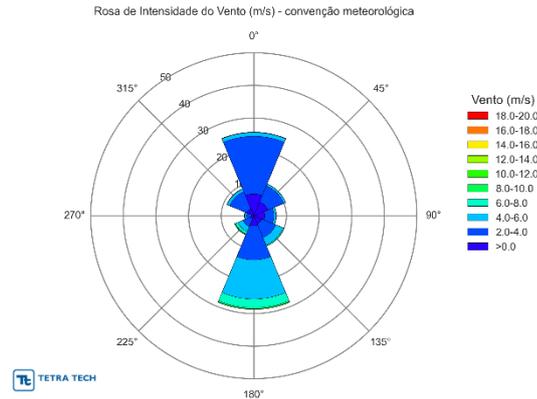
O inverno (Quadro II.5.1.1-5) apresenta como condições predominantes na estação SBRJ ventos de S (30,5%) e N (21,8%), com velocidades médias de 4,2 m/s e 2,5 m/s e atingindo máximas de 16,5 m/s (máximo da estação) e 10,8 m/s, respectivamente. A primavera (Quadro II.5.1.1-6), por sua vez, apresenta um padrão distinto das demais estações, com ventos soprando predominantemente de S (41,2%) e SE (17,7%) com velocidades médias de 4,5 m/s e 3,5 m/s e atingido máximas de 17,5 m/s (máximo da estação) e 11,3 m/s, respectivamente.

De maneira a complementar as análises, a Figura II.5.1.1-54 apresenta *boxplots* mensais para os dados de vento medidos na estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ). Nos *boxplots* são representados os seguintes valores mensais da intensidade do vento: primeiro quartil, terceiro quartil e mediana (limite inferior, limite superior e barra central das caixas); média  $\pm$  2,7 desvios-padrão (barras verticais, compreendendo 99,3% dos dados); e os denominados *outliers* (em vermelho). Em média, os ventos apresentam intensidades menores do que 5 m/s, com desvios atingindo até 10 m/s. Os meses de inverno apresentam mais *outliers* do que o resto do ano, o que está relacionado à incidência de rajadas intensas decorrentes da passagem de frentes frias na região. A primavera e o verão são os períodos do ano em que ocorrem as maiores intensidades de vento, o que está relacionado ao deslocamento sazonal da ASAS.

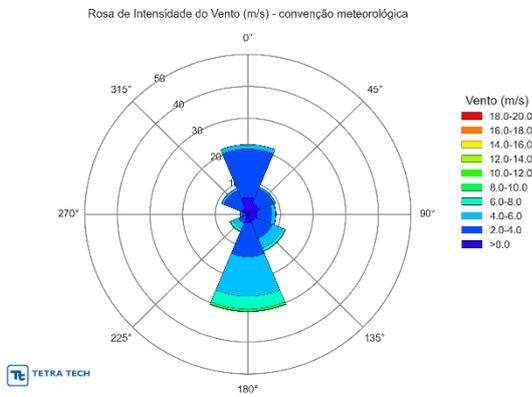
(a) Verão



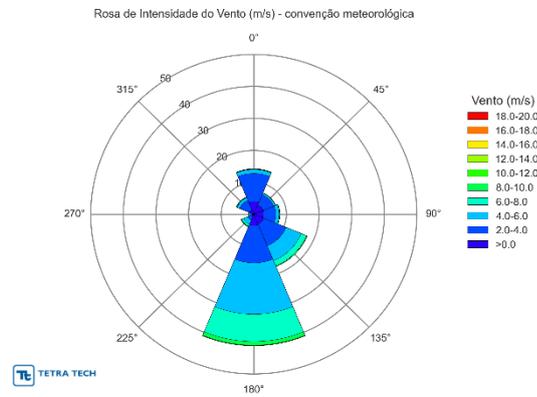
(b) Outono



(c) Inverno



(d) Primavera



**Figura II.5.1.1-53** – Rosas direcionais sazonais do vento, a partir de dados medidos na estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ) no período de 2003 a 2015.

**Quadro II.5.1.1-3** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o verão (janeiro a março), a partir de dados medidos na estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ) no período de 2003 a 2015.

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	6,49	4,21	3,31	3,63	3,86	0,65	0,41	1,70	<b>24,3</b>
2,0-4,0	12,97	4,20	2,58	6,15	10,49	0,86	0,60	3,33	<b>41,2</b>
4,0-6,0	1,24	0,59	0,51	3,77	15,65	0,67	0,24	0,93	<b>23,6</b>
6,0-8,0	0,16	0,09	0,11	0,90	7,96	0,36	0,07	0,16	9,8
8,0-10,0	0,04	0,00	0,01	0,06	0,67	0,07	0,03	0,06	0,9
10,0-12,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,03	0,01	0,02	0,1
12,0-14,0	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,0
14,0-16,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,0
(%)	<b>20,9</b>	9,1	6,5	14,5	<b>38,7</b>	2,6	1,4	6,2	
Média	2,4	2,2	2,1	3,2	4,4	3,7	3,1	2,8	
Máximo	15,4	<b>16,0</b>	12,3	10,3	11,8	12,9	14,4	15,4	

**Quadro II.5.1.1-4** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o outono (abril a junho), a partir de dados medidos na estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ) no período de 2003 a 2015.

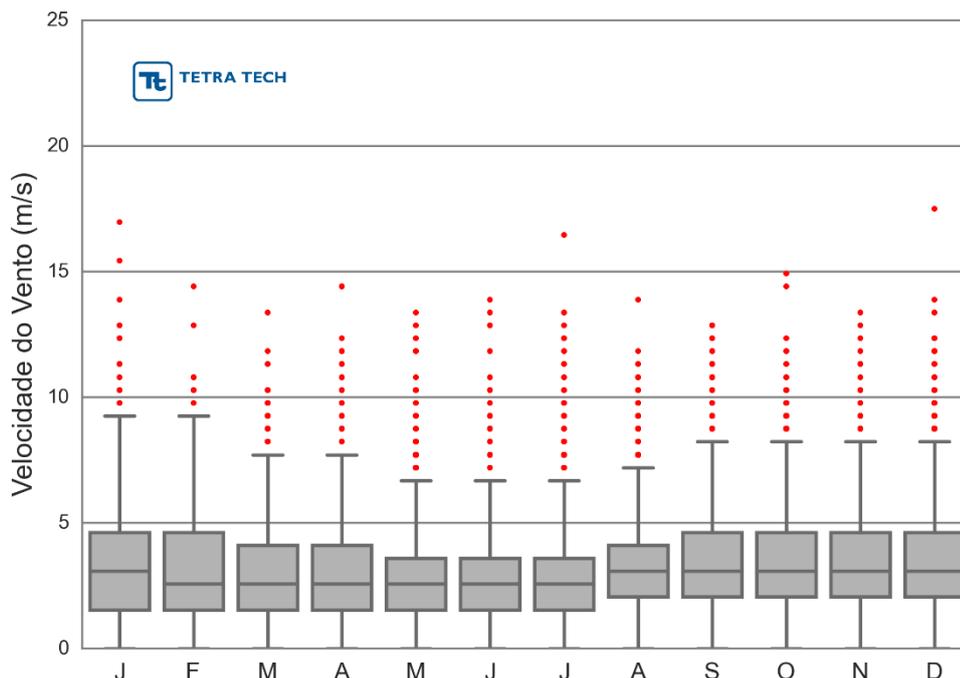
Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	6,72	4,61	3,33	2,60	3,07	1,16	0,89	2,33	<b>24,7</b>
2,0-4,0	17,67	5,34	2,82	4,66	10,47	2,40	1,39	5,69	<b>50,4</b>
4,0-6,0	1,16	0,59	0,65	2,48	11,97	1,72	0,46	0,85	19,9
6,0-8,0	0,07	0,03	0,08	0,28	2,75	0,79	0,11	0,06	4,2
8,0-10,0	0,02	0,00	0,00	0,02	0,36	0,18	0,02	0,02	0,6
10,0-12,0	0,00	0,01	0,00	0,00	0,05	0,07	0,00	0,00	0,1
12,0-14,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,021	0,004	0,000	0,0
14,0-16,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,0
(%)	<b>25,6</b>	10,6	6,9	10,0	<b>28,7</b>	6,3	2,9	9,0	
Média	2,4	2,1	2,2	3,0	4,0	3,8	2,7	2,5	
Máximo	9,3	11,8	7,7	11,3	<b>14,4</b>	13,4	12,3	8,2	

**Quadro II.5.1.1-5** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o inverno (julho a setembro), a partir de dados medidos na estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ) no período de 2003 a 2015.

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	5,28	3,63	2,94	2,40	2,72	0,88	0,85	2,01	20,7
2,0-4,0	15,17	5,02	4,38	5,75	10,57	2,16	1,09	6,01	<b>50,1</b>
4,0-6,0	1,35	0,52	1,16	3,38	12,38	1,88	0,36	0,68	<b>21,7</b>
6,0-8,0	0,03	0,05	0,21	0,91	4,00	0,80	0,09	0,06	6,2
8,0-10,0	0,00	0,00	0,00	0,08	0,68	0,20	0,02	0,01	1,0
10,0-12,0	0,00	0,00	0,00	0,02	0,13	0,06	0,01	0,00	0,2
12,0-14,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,1
14,0-16,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0
16,0-18,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,0
(%)	<b>21,8</b>	9,2	8,7	12,5	<b>30,5</b>	6,0	2,4	8,8	
Média	2,5	2,2	2,5	3,4	4,2	4,0	2,7	2,6	
Máximo	10,8	7,7	9,3	11,3	<b>16,5</b>	13,4	10,3	12,9	

**Quadro II.5.1.1-6** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para a primavera (outubro a dezembro), a partir de dados medidos na estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ) no período de 2003 a 2015.

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	3,92	3,07	2,94	3,30	3,51	0,59	0,42	1,46	19,2
2,0-4,0	8,82	3,51	3,74	7,39	11,70	1,41	0,70	3,23	<b>40,5</b>
4,0-6,0	1,22	0,56	1,04	5,08	16,07	1,38	0,32	0,86	<b>26,5</b>
6,0-8,0	0,16	0,06	0,24	1,73	8,54	0,62	0,09	0,18	11,6
8,0-10,0	0,06	0,02	0,03	0,20	1,16	0,17	0,04	0,09	1,8
10,0-12,0	0,02	0,01	0,00	0,02	0,15	0,09	0,01	0,00	0,3
12,0-14,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,0
14,0-16,0	0,004	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,0
16,0-18,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,0
(%)	14,2	7,2	8,0	<b>17,7</b>	<b>41,2</b>	4,3	1,6	5,8	
Média	2,5	2,3	2,5	3,5	4,5	4,2	3,2	2,9	
Máximo	14,9	10,3	13,4	11,3	<b>17,5</b>	13,9	12,3	12,9	



**Figura II.5.1.1-54** – Boxplot da intensidade do vento medido na estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ) no período de 2003 a 2015.

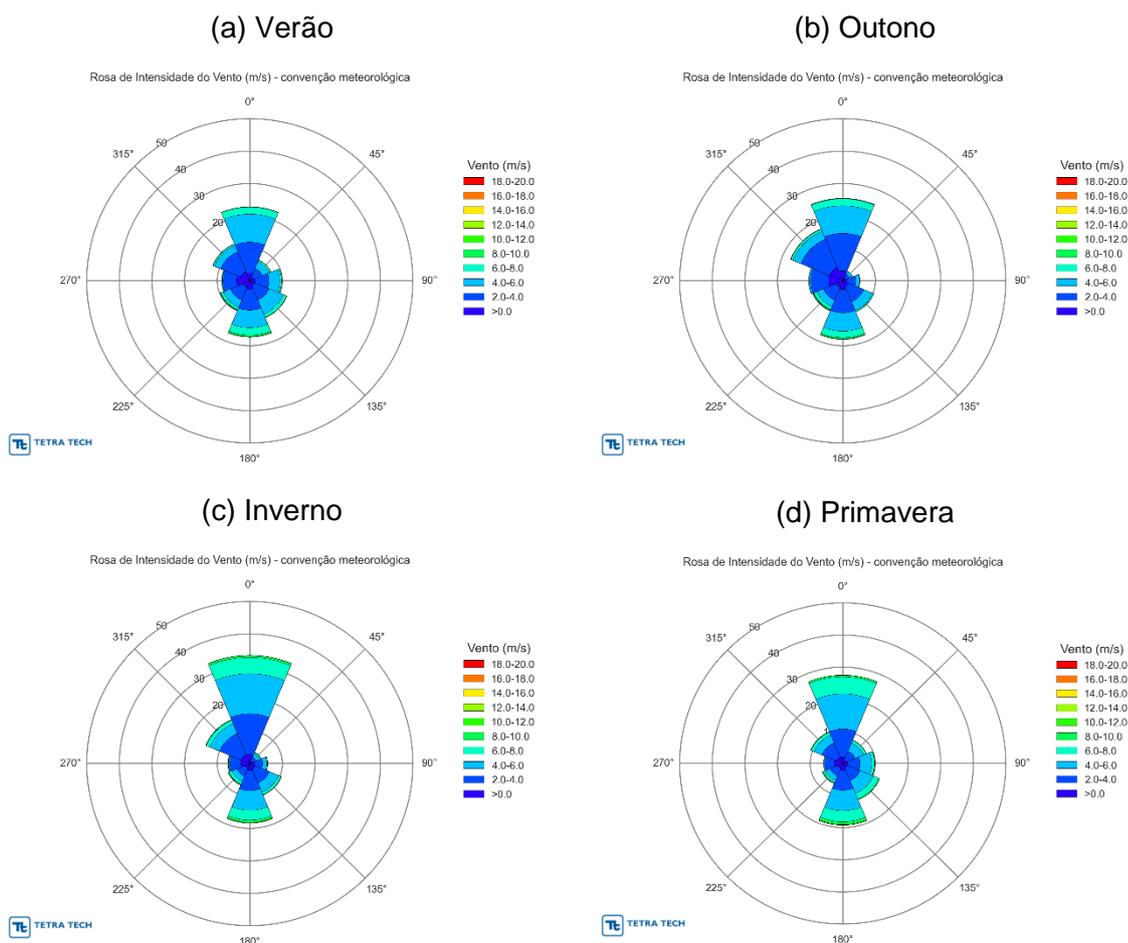
A Figura II.5.1.1-55 apresenta as rosas direcionais do vento para as quatro estações do ano com base nos dados de vento medidos na estação METAR de Florianópolis (SBFL). Os ventos predominantes são de quadrante norte, com inversões para quadrante sul. No outono e no inverno também ocorrem ventos NW bastante frequentes.

Do Quadro II.5.1.1-7 ao Quadro II.5.1.1-10 constam os diagramas de ocorrência conjunta que descrevem os dados da estação METAR de Florianópolis. Durante o verão (Quadro II.5.1.1-7), os ventos predominantes são de N (22,8%) seguidos por ventos de S (17,3%) com velocidades médias de 3,8 m/s e 4,0 m/s e máximos de 12,9 m/s e 14,4 m/s em cada uma destas direções predominantes, respectivamente, sendo 18,5 m/s de direção W a maior intensidade nesta estação. No outono (Quadro II.5.1.1-8), os ventos têm direção predominante de N (25,4%), seguido por ventos S (18,0%), com velocidades médias respectivamente de 3,6 m/s e 3,8 m/s e com máximas atingindo 10,8 m/s e 15,9 m/s (máximo da estação).

O inverno (Quadro II.5.1.1-9) também apresenta ventos predominantes soprando do quadrante N (33,4%) seguidos por ventos de S (18,3%) na estação

SBFL. As velocidades médias são de 4,2 m/s e 4,3 m/s, atingindo máximas de 11,3 m/s e 13,4 m/s nas respectivas direções predominantes. Os ventos mais intensos são de SW, atingindo 14,4 m/s. Finalmente, durante a primavera (Quadro II.5.1.1-10), o padrão de ventos dominantes é de N (27,5%) e S (19,2%). As velocidades médias são de 4,4 m/s e as máximas de 10,9 m/s e 11,5 m/s (máximo da estação), respectivamente.

A Figura II.5.1.1-56 apresenta os boxplots para a intensidade de ventos na estação METAR de Florianópolis (SBFL), com a mesma padronização descrita anteriormente. De modo geral as intensidades médias não são maiores do que 5 m/s. O mês de maio é o que apresenta número de outliers. A primavera é a estação do ano com maior número de registros acima dos 10 m/s, o que se justifica pela maior frequência de passagem de frentes frias pela região.



**Figura II.5.1.1-55** – Rosas direcionais sazonais do vento, a partir de dados medidos na estação METAR de Florianópolis (SBFL) no período de 2003 a 2015.

**Quadro II.5.1.1-7** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o verão (janeiro a março), a partir de dados medidos na estação METAR de Florianópolis (SBFL) no período de 2003 a 2015.

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	2,38	1,08	1,67	1,61	2,57	2,16	3,95	3,11	18,5
2,0-4,0	9,55	3,08	4,22	4,74	6,48	4,26	4,26	6,58	<b>43,2</b>
4,0-6,0	8,66	2,22	3,33	4,79	5,37	2,39	0,29	2,08	<b>29,1</b>
6,0-8,0	2,15	0,55	0,53	1,03	2,32	0,82	0,07	0,49	7,9
8,0-10,0	0,08	0,04	0,01	0,12	0,48	0,21	0,03	0,05	1,0
10,0-12,0	0,01	0,00	0,00	0,00	0,10	0,04	0,02	0,01	0,2
12,0-14,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02	0,1
14,0-16,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
16,0-18,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0
18,0-20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,0
(%)	<b>22,8</b>	7,0	9,8	12,3	<b>17,3</b>	9,9	8,6	12,3	
Média	3,8	3,5	3,4	3,8	4,0	3,4	2,1	2,9	
Máximo	12,9	9,8	10,8	10,3	14,4	12,9	<b>18,5</b>	13,9	

**Quadro II.5.1.1-8** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o outono (abril a junho), a partir de dados medidos na estação METAR de Florianópolis (SBFL) no período de 2003 a 2015.

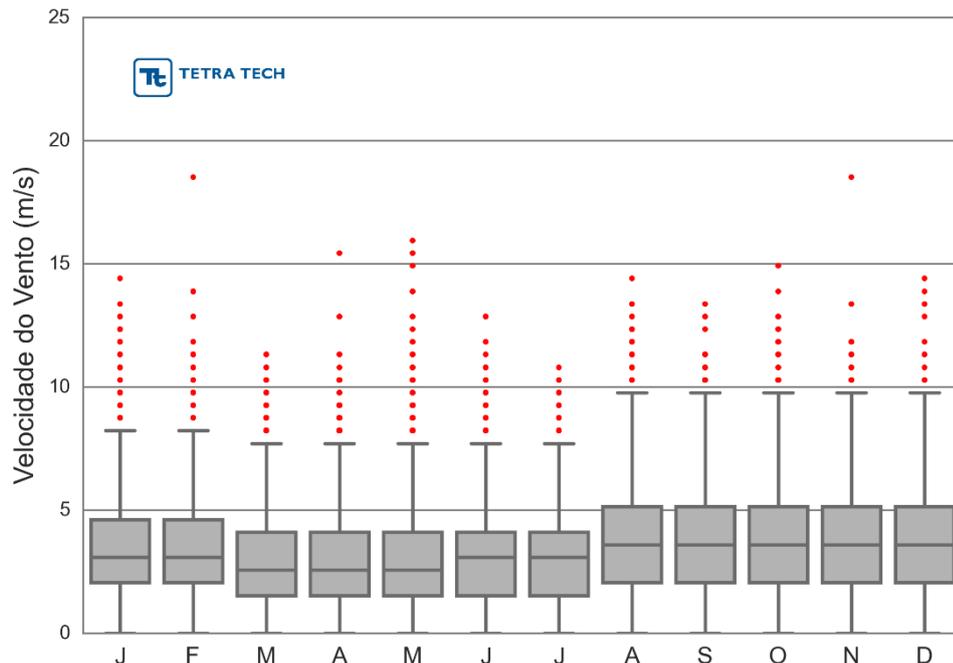
Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	3,08	0,93	1,32	1,86	2,63	2,14	4,34	4,42	20,7
2,0-4,0	11,59	1,38	2,70	5,12	7,22	4,27	5,48	9,47	<b>47,2</b>
4,0-6,0	8,48	0,82	1,14	2,98	5,67	2,16	0,48	2,67	<b>24,4</b>
6,0-8,0	2,14	0,16	0,09	0,35	1,96	0,99	0,10	0,67	6,5
8,0-10,0	0,12	0,01	0,02	0,01	0,41	0,26	0,01	0,08	0,9
10,0-12,0	0,03	0,00	0,00	0,00	0,06	0,07	0,00	0,03	0,2
12,0-14,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,1
14,0-16,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,000	0,000	0,000	0,017
(%)	<b>25,4</b>	3,3	5,3	10,3	<b>18,0</b>	9,9	10,4	17,4	
Média	3,6	3,0	2,9	3,2	3,8	3,5	2,1	2,9	
Máximo	10,8	11,3	10,8	8,7	<b>15,9</b>	12,9	12,9	12,9	

**Quadro II.5.1.1-9** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o inverno (julho a setembro), a partir de dados medidos na estação METAR de Florianópolis (SBFL) no período de 2003 a 2015.

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	2,75	0,82	1,44	1,83	2,13	1,68	2,80	2,84	16,3
2,0-4,0	12,61	1,36	2,47	4,64	6,22	2,53	3,28	7,18	<b>40,3</b>
4,0-6,0	12,36	1,07	1,35	3,09	6,01	1,69	0,39	3,26	<b>29,2</b>
6,0-8,0	4,98	0,46	0,23	0,86	3,10	0,99	0,13	1,18	11,9
8,0-10,0	0,61	0,06	0,01	0,08	0,71	0,20	0,08	0,14	1,9
10,0-12,0	0,06	0,00	0,00	0,01	0,13	0,08	0,04	0,01	0,3
12,0-14,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,1
14,0-16,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,0
(%)	<b>33,4</b>	3,8	5,5	10,5	<b>18,3</b>	7,2	6,7	14,6	
Média	4,2	3,6	3,0	3,5	4,3	3,7	2,3	3,3	
Máximo	11,3	10,8	9,3	10,3	13,4	<b>14,4</b>	12,9	13,4	

**Quadro II.5.1.1-10** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para a primavera (outubro a dezembro), a partir de dados medidos na estação METAR de Florianópolis (SBFL) no período de 2003 a 2015.

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	2,03	1,05	1,58	1,45	2,11	1,59	2,66	2,04	14,5
2,0-4,0	8,68	3,06	3,71	4,33	6,24	2,61	2,79	4,86	<b>36,3</b>
4,0-6,0	10,94	2,77	3,54	4,36	6,35	1,59	0,30	2,66	<b>32,5</b>
6,0-8,0	5,34	0,90	0,91	1,88	3,44	0,70	0,06	1,00	14,2
8,0-10,0	0,49	0,06	0,04	0,24	0,82	0,27	0,04	0,10	2,1
10,0-12,0	0,02	0,00	0,00	0,01	0,24	0,04	0,01	0,02	0,3
(%)	<b>27,5</b>	7,8	9,8	12,3	<b>19,2</b>	6,8	5,9	10,7	
Média	4,4	3,8	3,6	4,1	4,4	3,6	2,1	3,4	
Máximo	10,9	9,3	10,3	10,3	<b>11,5</b>	10,9	10,4	10,8	



**Figura II.5.1.1-56** – Boxplot da intensidade do vento medido na estação METAR de Florianópolis (SBFL) no período de 2003 a 2015.

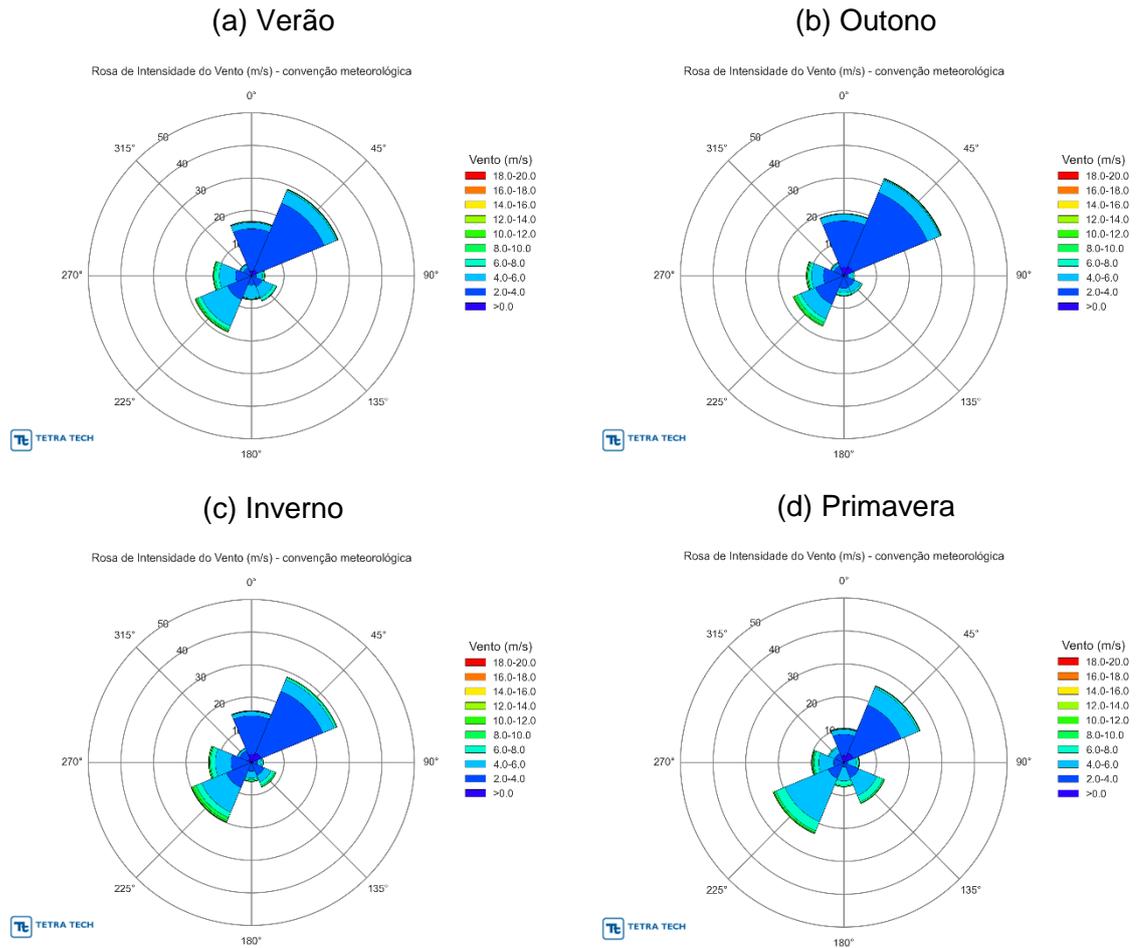
Para a caracterização do litoral paulista quanto ao regime de ventos, foram utilizados os dados da estação PCD/INPE de Ubatuba. A Figura II.5.1.1-57 apresenta as rosas dos ventos para o verão, outono, inverno e primavera com base em dados medidos entre 01/11/2007 e 01/09/2015. O regime de ventos é dominado por ventos de quadrante NE, influenciados pela circulação da ASAS, e por ventos de quadrante SW, decorrentes da passagem de frentes frias pela região. Ao contrário dos regimes de ventos nas estações METAR apresentados anteriormente, as condições de vento em Ubatuba são mais próximas as características da região do Pré-Sal.

O Quadro II.5.1.1-11 ao Quadro II.5.1.1-14 apresentam os diagramas de ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos para os períodos de verão, outono, inverno e primavera a partir dos dados medidos na PCD/INPE de Ubatuba.

Durante o verão (Quadro II.5.1.1-11) os ventos mais frequentes são de NE (28,8%) seguidos por ventos de SW (18,8%), com velocidades médias de 3,2 m/s e 4,4 m/s e máximas de 15,6 m/s e 17,2 m/s nestas direções, sendo que a máxima intensidade nesta estação atinge 18,0 m/s de direção S. No outono (Quadro II.5.1.1-12) os ventos mais frequentes são de NE e (32,4%) e N (19,1%), porém os ventos de S são também bastante frequentes (16,8%). As velocidades médias nas direções de NE e N (as mais frequentes) são de 3,1 m/s e 2,9 m/s e as máximas atingem 17,0 m/s e 16,0 m/s. As máximas velocidades ocorrem, porém, na direção SW (18,4 m/s).

No inverno (Quadro II.5.1.1-13) a predominância dos ventos é de NE (28,4%) e SW (19,9%) na PDC/INPE de Ubatuba. As velocidades médias são de 3,1 m/s e 4,7 m/s, atingindo nestas direções máximos de 11,7 m/s e 17,0 m/s. A máxima intensidade no inverno atinge 17,4 m/s de direção SE. A primavera (Quadro II.5.1.1-14) apresenta um padrão análogo ao inverno com a predominância de direções NE e SW, porém com uma distribuição de 25,3% e 23,4%, respectivamente. As velocidades médias são de 3,3 m/s e 4,9 m/s e a máxima de 17,0 m/s nestas direções. A máxima intensidade ocorre de direção SE (20,0 m/s).

Finalmente, a Figura II.5.1.1-58 apresenta os *boxplots* para os dados de ventos medidos na estação de Ubatuba da PCD/INPE. Observa-se que o número de *outliers* é mais elevado que nas estações METAR. Os ventos têm intensidade média inferior a 5 m/s, porém os valores extremos podem chegar a 20 m/s durante a primavera.



**Figura II.5.1.1-57 – Rosas direcionais sazonais do vento, a partir de dados medidos na estação PCD/INPE de Ubatuba no período de 2007 a 2015.**

**Quadro II.5.1.1-11** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o verão (janeiro a março), a partir de dados medidos na estação PCD/INPE de Ubatuba no período de 2007 a 2015.

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
<b>0,0-2,0</b>	1,37	1,92	0,17	0,12	0,05	0,35	0,26	0,19	4,4
<b>2,0-4,0</b>	13,08	22,21	1,30	3,48	2,86	7,57	4,61	2,53	<b>57,6</b>
<b>4,0-6,0</b>	1,89	4,04	1,89	3,62	3,95	8,75	4,94	0,88	<b>30,0</b>
<b>6,0-8,0</b>	0,21	0,38	0,50	1,06	0,24	1,21	1,28	0,21	5,1
<b>8,0-10,0</b>	0,05	0,09	0,24	0,12	0,12	0,43	0,45	0,07	1,6
<b>10,0-12,0</b>	0,07	0,05	0,00	0,02	0,07	0,31	0,14	0,05	0,7
<b>12,0-14,0</b>	0,02	0,05	0,02	0,00	0,02	0,09	0,02	0,02	0,3
<b>14,0-16,0</b>	0,05	0,07	0,00	0,00	0,05	0,02	0,02	0,00	0,2
<b>16,0-18,0</b>	0,024	0,000	0,024	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,095
<b>(%)</b>	16,8	<b>28,8</b>	4,1	8,4	7,4	<b>18,8</b>	<b>11,7</b>	3,9	
Média	3,1	3,2	4,7	4,5	4,5	4,4	4,5	3,8	
Máximo	17,6	15,6	16,5	10,2	<b>18,0</b>	17,2	14,6	12,0	

**Quadro II.5.1.1-12** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o outono (abril a julho), a partir de dados medidos na estação PCD/INPE de Ubatuba no período de 2007 a 2015.

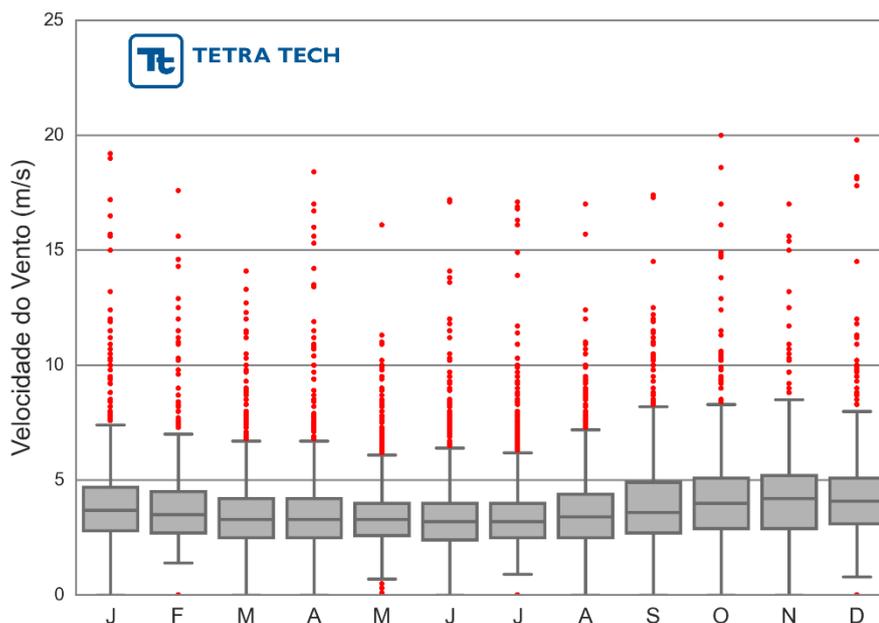
Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
<b>0,0-2,0</b>	2,57	3,03	0,29	0,12	0,19	0,32	0,58	0,73	7,8
<b>2,0-4,0</b>	14,27	24,61	0,95	3,37	3,62	9,10	5,70	2,57	<b>64,2</b>
<b>4,0-6,0</b>	2,04	4,15	1,50	2,01	1,43	4,83	3,62	0,83	<b>20,4</b>
<b>6,0-8,0</b>	0,12	0,27	0,44	0,58	0,80	1,31	0,90	0,27	4,7
<b>8,0-10,0</b>	0,10	0,15	0,07	0,05	0,15	0,78	0,36	0,05	1,7
<b>10,0-12,0</b>	0,00	0,02	0,00	0,02	0,07	0,36	0,19	0,02	0,7
<b>12,0-14,0</b>	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07	0,02	0,2
<b>14,0-16,0</b>	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,1
<b>16,0-18,0</b>	0,02	0,05	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00	0,1
<b>18,0-20,0</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,1
<b>(%)</b>	<b>19,1</b>	<b>32,4</b>	3,3	6,2	6,3	<b>16,8</b>	11,5	4,5	
Média	2,9	3,1	4,4	4,1	4,2	4,3	4,2	3,3	
Máximo	16,0	17,0	9,0	11,3	17,1	<b>18,4</b>	17,2	13,4	

**Quadro II.5.1.1-13** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o inverno (julho a setembro), a partir de dados medidos na estação PCD/INPE de Ubatuba no período de 2007 a 2015.

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	2,56	3,17	0,35	0,21	0,09	0,21	0,54	1,18	8,3
2,0-4,0	11,78	20,47	1,42	4,02	2,65	8,09	5,70	2,72	<b>56,9</b>
4,0-6,0	1,28	3,86	1,40	2,27	2,11	8,19	4,85	0,76	<b>24,7</b>
6,0-8,0	0,14	0,66	0,38	1,18	0,57	1,82	1,40	0,12	6,3
8,0-10,0	0,02	0,24	0,07	0,43	0,35	1,02	0,35	0,02	2,5
10,0-12,0	0,05	0,05	0,00	0,07	0,07	0,43	0,24	0,00	0,9
12,0-14,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,07	0,00	0,2
14,0-16,0	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,1
16,0-18,0	0,07	0,00	0,00	0,02	0,02	0,07	0,00	0,00	0,2
(%)	15,9	<b>28,4</b>	3,6	8,2	5,9	<b>19,9</b>	13,2	4,8	
Média	2,9	3,1	4,1	4,5	4,6	4,7	4,4	3,0	
Máximo	17,3	11,7	8,8	<b>17,4</b>	17,1	17,0	13,9	8,8	

**Quadro II.5.1.1-14** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para a primavera (outubro a dezembro), a partir de dados medidos na estação PCD/INPE de Ubatuba no período de 2007 a 2015.

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	2,14	3,17	0,18	0,06	0,06	0,21	0,32	0,29	6,4
2,0-4,0	6,51	15,78	1,11	4,90	1,26	4,99	2,85	2,70	<b>40,1</b>
4,0-6,0	1,44	5,60	2,58	5,93	4,28	14,26	4,55	1,85	<b>40,5</b>
6,0-8,0	0,18	0,50	0,67	2,05	1,41	3,02	1,38	0,35	9,6
8,0-10,0	0,06	0,12	0,12	0,44	0,29	0,56	0,44	0,00	2,0
10,0-12,0	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09	0,26	0,12	0,00	0,7
12,0-14,0	0,03	0,00	0,03	0,03	0,00	0,03	0,06	0,00	0,2
14,0-16,0	0,06	0,03	0,03	0,00	0,00	0,09	0,03	0,00	0,2
16,0-18,0	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,1
18,0-20,0	0,03	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,03	0,03	0,1
(%)	10,5	<b>25,3</b>	4,8	13,5	7,4	<b>23,4</b>	9,8	5,2	
Média	3,1	3,3	5,0	4,8	5,2	4,9	4,9	3,9	
Máximo	18,6	17,0	18,2	<b>20,0</b>	11,3	17,0	19,8	18,1	



**Figura II.5.1.1-58** – Boxplot da intensidade do vento medido na estação PCD/INPE de Ubatuba no período de 2007 a 2015.

A Figura II.5.1.1-59 e a Figura II.5.1.1-61 apresentam as rosas dos ventos para os dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis (CAR) e na plataforma MLZ1, respectivamente. Ambos os pontos de análise apresentam condições de ventos representativas da porção oceânica da área de estudo. Em ambos os pontos, os ventos predominantes são de quadrantes NE e E, evidenciando a condição típica decorrente da circulação da ASAS no regime de ventos da região, principalmente nos períodos de verão e inverno. Durante os meses de outono e primavera as componentes de E e SE tornam-se mais pronunciadas. Na Plataforma MLZ1 nota-se ainda a incidência de ventos de direção S no outono e no inverno.

O Quadro II.5.1.1-15 ao Quadro II.5.1.1-19 apresentam os diagramas de ocorrência conjunta dos ventos para as estações do FPSO Cidade de Angra dos Reis e da plataforma MLZ1 no período de verão. Em ambas as estações, os ventos mais frequentes são de NE (45,7% e 46,1%, respectivamente), seguidos por ventos de E (21,7% e 19,9%, respectivamente). No CAR as velocidades médias na direção NE são de 10,2 m/s e as máximas atingem 16,6 m/s (máximo da estação); na direção E, as velocidades médias são de 7,3 m/s e as máximas atingem 16,5 m/s. Para a plataforma MLZ1, na direção NE as velocidades médias

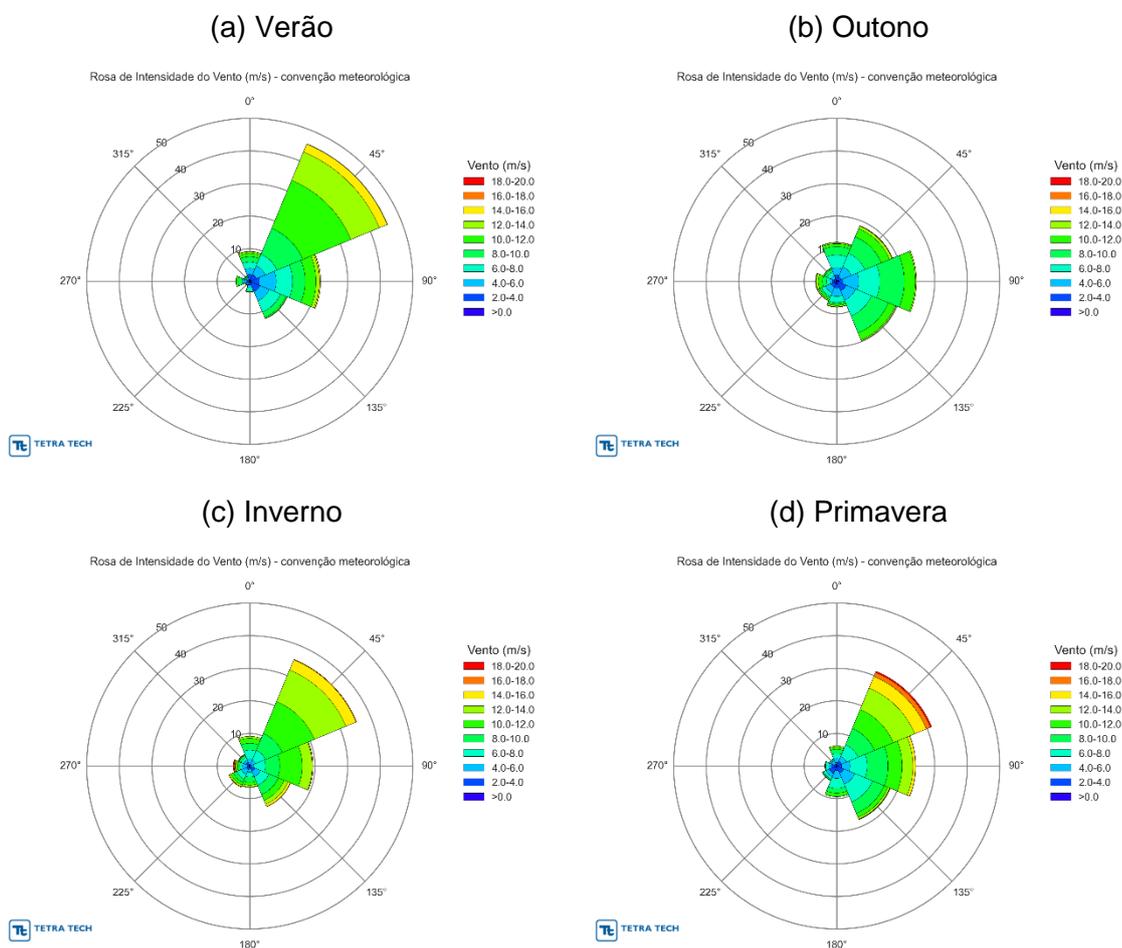
são de 7,4 m/s e as máximas chegam a 14,7 m/s (máximo da estação); já na direção E as velocidades médias são de 5,5 m/s e as máximas atingem 11,9 m/s.

Para o período de outono, os diagramas de ocorrência conjunta das intensidades e direções de vento para o FPSO Cidade de Angra dos Reis e MLZ1 são apresentados no Quadro II.5.1.1-16 e Quadro II.5.1.1-20, respectivamente. Na estação do FPSO Cidade de Angra dos Reis, os ventos mais frequentes são de E (24,4%) seguidos por ventos de SE (18,8%), com velocidades médias de 7,5 m/s e 7,2 m/s e máximas de 12,7 m/s e 13,2 m/s nestas respectivas direções. Já na estação da plataforma MLZ1 as direções predominantes são de NE (22,1%) e E (18,8%), as velocidades médias do vento são de 8,2 m/s e 6,3 m/s atingindo máximas de 14,0 m/s e 12,9 m/s nestas direções. A máxima intensidade chega a 21,5 m/s de direção W no FPSO CAR e a 15,8 m/s de direção SW na Plataforma MLZ1.

Durante o inverno no FPSO CAR (Quadro II.5.1.1-17) as direções de ventos predominantes são NE (35,4%) e E (19,4%), com velocidades médias de 11,0 m/s e 9,7 m/s e máximas de 16,5 m/s e 16,2 m/s em cada uma destas direções, enquanto a máxima velocidade ocorre de direção W (20,0 m/s). Na Plataforma MLZ1 (Quadro II.5.1.1-21) as direções predominantes são NE (39,5%) e E (13,2%), sendo que nestas direções as velocidades médias e máximas registradas são, respectivamente, 8,4 m/s e 6,5 m/s e 17,9 m/s (máximo da estação) e 14,8 m/s.

Finalmente, para a primavera, os diagramas de ocorrência conjunta de ventos são apresentados no Quadro II.5.1.1-18 para o FPSO CAR e no Quadro II.5.1.1-22 para a plataforma MLZ1. No FPSO CAR as direções mais frequentes são NE e E com porcentagens respectivamente de 31,5% e 24,2%. Já na plataforma MLZ1 as direções mais frequentes são as mesmas, porém com porcentagens distintas, sendo 33,3% de E e 25,1% de NE. As velocidades médias e máximas de ventos no FPSO Cidade de Angra dos Reis para cada uma das direções mais frequentes são, 10,7 m/s (NE) e 8,8 m/s (E), com máximas de 19,8 m/s (NE, máximo da estação) e 16,4 m/s (E). Na plataforma MLZ1, as velocidades médias e máximas em cada uma das direções mais frequentes são, respectivamente, 7,8 m/s (E) e 7,9 m/s (NE) e 15,1 m/s (E) e 15,8 m/s (NE, máximo da estação).

Complementarmente, a Figura II.5.1.1-60 e a Figura II.5.1.1-62 aprestam *boxplots* para intensidade dos ventos registrados no FPSO Cidade de Angra dos Reis e na plataforma MLZ1, respectivamente. Comparativamente, os ventos são mais fortes durante quase todo o ano no FPSO CAR, com médias de cerca de 10 m/s, e desvios chegando a mais de 20 m/s, enquanto na plataforma MLZ1 as velocidades médias são da ordem de 5 m/s e os desvios não chegam a 20 m/s. De modo geral em ambas as séries, a primavera é a estação com as maiores intensidades de ventos. Devido ao fato de as séries serem relativamente curtas, ocorrem poucos *outliers*.



**Figura II.5.1.1-59** – Rosas direcionais sazonais do vento, de acordo com dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis no período de 2011 a 2012.

**Quadro II.5.1.1-15** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o verão (janeiro a março), a partir de dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis no período de 2011 a 2012.

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	0,50	0,18	0,41	0,69	0,32	0,37	0,27	0,32	3,1
2,0-4,0	1,60	2,02	2,57	2,70	0,78	0,32	0,87	0,46	11,3
4,0-6,0	1,83	2,93	5,13	3,07	0,96	0,46	0,69	0,37	15,4
6,0-8,0	2,02	3,85	4,99	3,71	0,78	0,14	0,55	0,14	16,2
8,0-10,0	1,60	8,61	3,85	1,79	0,41	0,18	1,19	0,37	18,0
10,0-12,0	1,05	15,94	3,34	0,37	0,09	0,00	0,64	0,23	21,7
12,0-14,0	0,50	9,44	1,01	0,09	0,00	0,05	0,05	0,09	11,2
14,0-16,0	0,05	2,61	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,0
16,0-18,0	0,00	0,09	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
(%)	9,2	45,7	21,7	12,4	3,3	1,5	4,3	2,0	
Média	6,7	10,2	7,3	5,8	5,3	4,5	6,7	5,9	
Máximo	14,8	16,6	16,5	12,9	10,8	13,8	13,0	13,8	

**Quadro II.5.1.1-16** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o outono (abril a junho), a partir de dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis no período de 2011 a 2012.

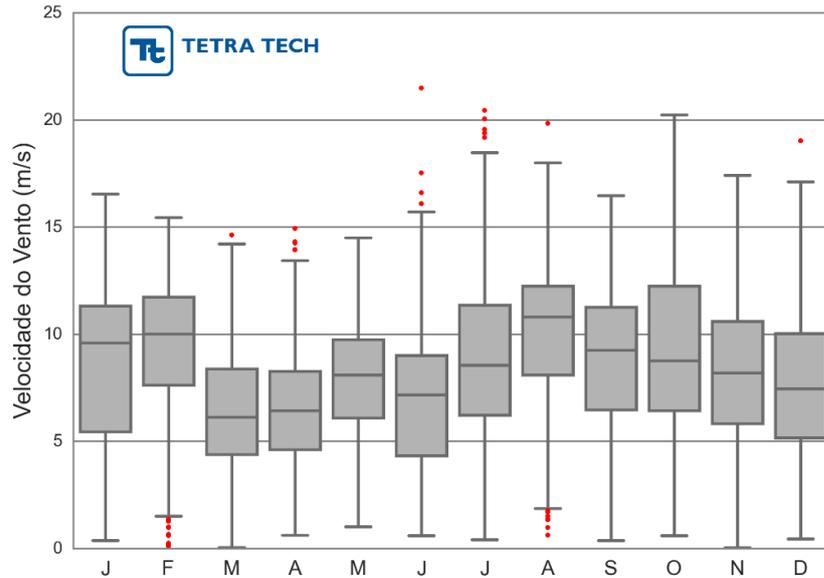
Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	0,37	0,46	0,64	0,14	0,82	0,78	0,18	0,32	3,7
2,0-4,0	1,56	1,05	1,28	2,98	1,28	1,15	1,10	0,60	11,0
4,0-6,0	2,25	3,30	4,81	3,12	2,47	1,83	0,92	1,01	19,7
6,0-8,0	3,94	4,49	6,46	5,27	1,92	1,28	0,92	1,28	25,6
8,0-10,0	2,57	5,50	7,52	5,64	0,55	0,50	1,28	0,78	24,3
10,0-12,0	0,82	2,70	3,39	2,29	0,41	0,50	1,24	0,32	11,7
12,0-14,0	0,32	0,82	0,32	0,32	0,37	0,32	0,73	0,09	3,3
14,0-16,0	0,14	0,14	0,00	0,00	0,09	0,09	0,05	0,00	0,5
16,0-18,0	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,2
16,0-18,0	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,2
18,0-20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,010
20,0-22,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,010
(%)	12,0	18,5	24,4	19,8	7,9	6,5	6,6	4,4	
Média	6,9	7,8	7,5	7,2	5,8	5,9	7,8	6,4	
Máximo	15,0	16,1	12,7	13,2	14,5	15,7	21,5	13,1	

**Quadro II.5.1.1-17** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o inverno (julho a setembro), a partir de dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis no período de 2011 a 2012.

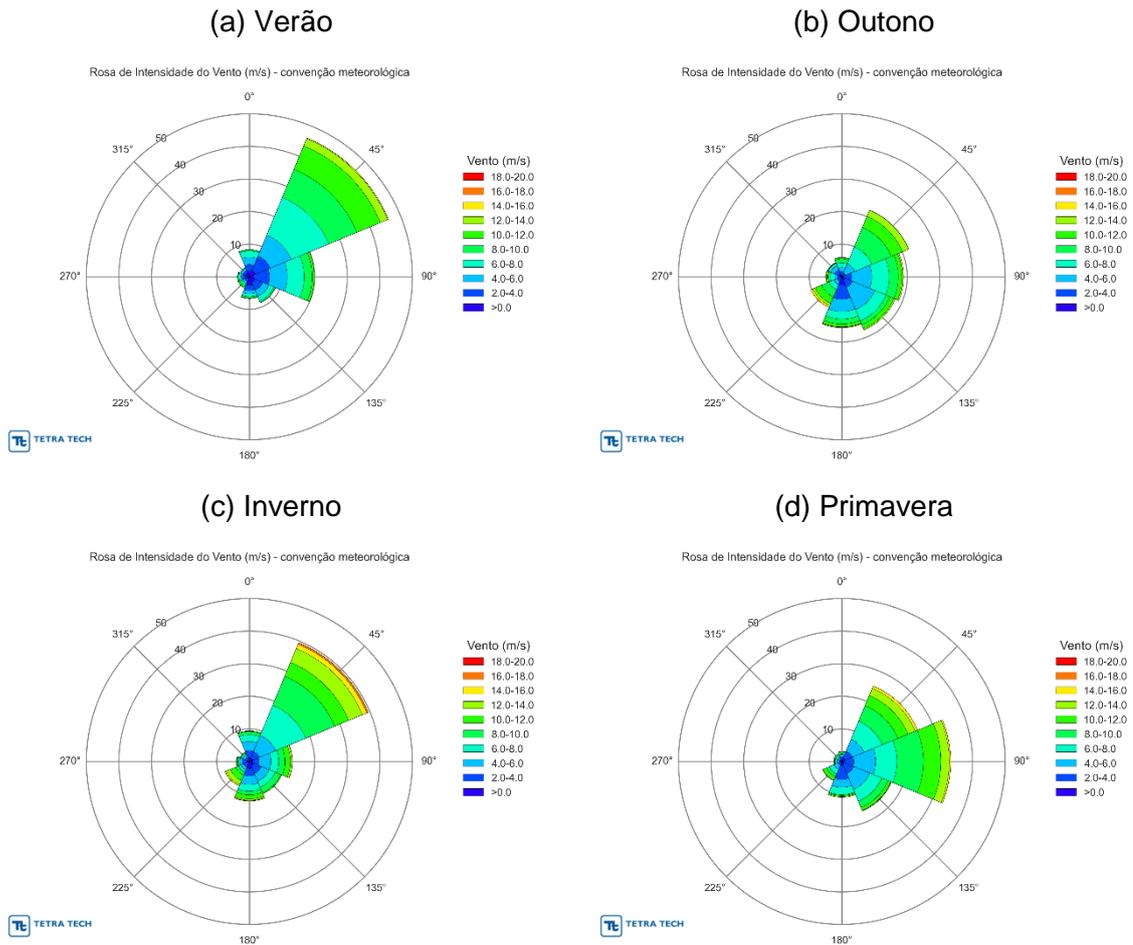
Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	0,14	0,05	0,05	0,32	0,23	0,41	0,18	0,32	1,7
2,0-4,0	0,50	0,32	0,09	1,41	0,54	0,77	0,68	0,95	5,3
4,0-6,0	1,68	1,54	1,13	1,81	1,13	1,59	1,41	0,73	11,0
6,0-8,0	2,59	3,27	3,54	2,81	1,45	1,59	0,77	0,91	16,9
8,0-10,0	2,09	5,63	4,40	3,09	1,63	1,04	0,59	0,68	<b>19,1</b>
10,0-12,0	1,54	10,62	6,90	1,95	0,86	0,86	0,41	0,05	<b>23,2</b>
12,0-14,0	0,59	10,48	2,99	1,27	0,54	0,54	0,41	0,14	17,0
14,0-16,0	0,00	3,36	0,23	0,77	0,14	0,17	0,09	0,14	4,9
16,0-18,0	0,00	0,18	0,05	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,5
18,0-20,0	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,01	0,32	0,00	0,4
(%)	9,1	<b>35,4</b>	<b>19,4</b>	13,5	6,5	7,0	5,1	3,9	
Média	7,8	11,0	9,7	8,2	7,8	7,3	8,2	5,9	
Máximo	13,5	16,5	16,2	19,8	14,9	19,5	<b>20,0</b>	15,6	

**Quadro II.5.1.1-18** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para a primavera (outubro a dezembro), a partir de dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis no período de 2011 a 2012.

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	0,24	0,29	0,19	0,29	0,38	0,57	0,29	0,14	2,4
2,0-4,0	0,86	1,28	1,33	2,05	1,00	1,90	1,43	0,52	10,4
4,0-6,0	1,24	1,62	2,57	3,66	2,38	1,05	0,76	1,14	14,4
6,0-8,0	1,57	3,85	5,28	5,90	3,09	0,81	0,90	0,43	<b>21,8</b>
8,0-10,0	1,24	5,42	6,37	3,81	1,43	0,33	0,14	0,24	<b>19,0</b>
10,0-12,0	0,57	6,28	4,33	1,28	1,05	0,10	0,14	0,00	13,7
12,0-14,0	0,48	7,14	3,28	0,62	0,05	0,05	0,00	0,00	11,6
14,0-16,0	0,00	3,85	0,81	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	4,8
16,0-18,0	0,00	1,33	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	1,4
18,0-20,0	0,00	0,43	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,5
(%)	6,2	<b>31,5</b>	<b>24,2</b>	17,8	9,4	4,8	3,7	2,5	
Média	7,0	10,7	8,8	7,1	6,6	4,6	4,8	5,0	
Máximo	14,0	<b>19,8</b>	16,4	19,0	12,1	12,0	11,5	9,9	



**Figura II.5.1.1-60** – Boxplot da intensidade do vento medido no FPSO Cidade de Angra dos Reis no período de 2011 a 2012.



**Figura II.5.1.1-61** – Rosas direcionais sazonais do vento, de acordo com dados medidos na plataforma MLZ1 no período de 2006 a 2007.

**Quadro II.5.1.1-19 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o verão (janeiro a março), a partir de dados medidos na plataforma MLZ1 no período de 2006 a 2007.**

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	1,67	2,01	1,29	1,77	2,49	0,48	1,20	1,34	12,2
2,0-4,0	2,06	4,88	4,83	2,68	1,72	1,10	0,96	0,77	<b>19,0</b>
4,0-6,0	2,30	6,98	5,50	2,06	1,05	0,72	0,43	0,62	<b>19,7</b>
6,0-8,0	1,87	12,48	5,16	1,63	0,77	0,43	0,67	0,29	<b>23,3</b>
8,0-10,0	0,38	9,33	2,44	0,43	0,48	0,57	0,29	0,00	13,9
10,0-12,0	0,05	7,80	0,67	0,00	0,10	0,43	0,05	0,00	9,1
12,0-14,0	0,00	2,39	0,00	0,05	0,05	0,00	0,05	0,05	2,6
14,0-16,0	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,2
(%)	8,3	<b>46,1</b>	<b>19,9</b>	8,6	6,6	3,7	3,6	3,1	
Média	4,4	7,4	5,5	4,1	3,7	5,5	4,1	3,2	
Máximo	11,2	<b>14,7</b>	11,9	12,3	12,2	11,4	12,2	12,1	

**Quadro II.5.1.1-20 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o outono (abril a julho), a partir de dados medidos na plataforma MLZ1 no período de 2006 a 2007.**

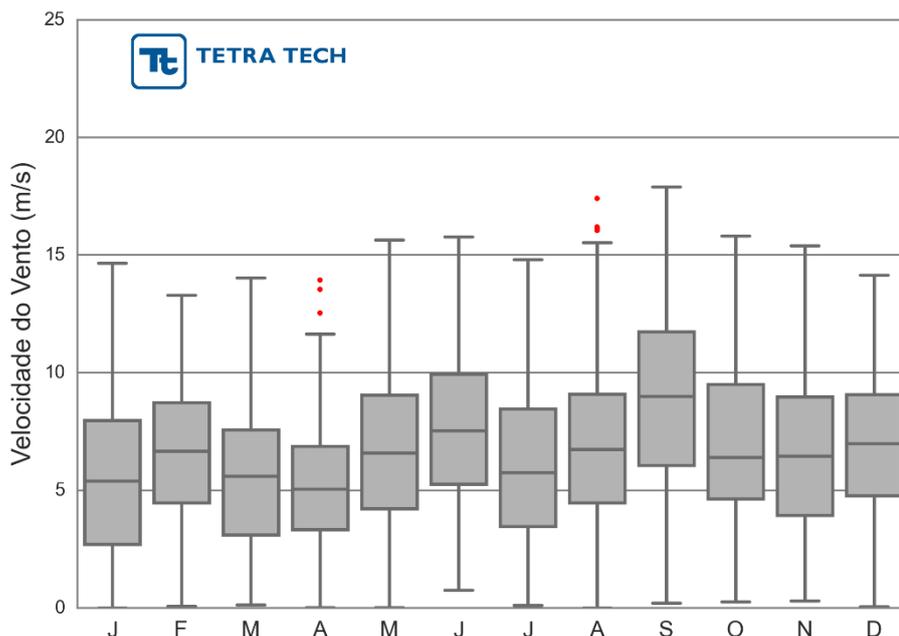
Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	0,65	0,46	0,32	1,02	2,60	0,37	0,37	0,88	6,7
2,0-4,0	1,07	0,79	2,69	2,46	4,27	1,16	0,97	1,44	14,9
4,0-6,0	1,16	3,06	6,17	7,43	3,76	1,07	0,88	1,39	<b>24,9</b>
6,0-8,0	1,39	5,62	5,29	3,71	2,32	1,67	1,35	0,74	<b>22,1</b>
8,0-10,0	1,16	6,45	2,79	1,30	1,53	2,41	0,60	0,09	16,3
10,0-12,0	0,42	3,67	1,21	1,30	0,84	2,14	0,28	0,14	10,0
12,0-14,0	0,05	2,04	0,37	0,42	0,19	0,74	0,32	0,32	4,1
14,0-16,0	0,05	0,05	0,00	0,00	0,09	0,60	0,14	0,05	1,0
(%)	5,9	<b>22,1</b>	<b>18,8</b>	17,6	15,6	10,2	4,9	4,7	
Média	6,0	8,2	6,3	5,8	4,9	8,3	6,5	4,1	
Máximo	14,5	14,0	12,9	13,9	15,1	<b>15,8</b>	15,1	14,5	

**Quadro II.5.1.1-21** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o inverno (julho a setembro), a partir de dados medidos na plataforma MLZ1 no período de 2006 a 2007.

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	1,07	1,07	0,96	1,41	2,15	0,34	0,68	0,34	8,0
2,0-4,0	2,26	2,20	1,92	2,60	2,26	1,52	1,52	1,07	15,4
4,0-6,0	2,88	5,36	3,73	2,54	2,71	0,96	0,79	0,85	<b>19,8</b>
6,0-8,0	2,03	10,05	2,43	1,98	2,03	0,73	0,40	0,45	<b>20,1</b>
8,0-10,0	0,90	9,60	1,86	1,81	1,07	1,02	0,17	0,17	16,6
10,0-12,0	0,23	4,63	1,64	0,34	1,30	1,75	0,28	0,23	10,4
12,0-14,0	0,00	4,57	0,56	0,00	0,40	1,36	0,06	0,00	6,9
14,0-16,0	0,00	1,47	0,06	0,00	0,17	0,40	0,11	0,00	2,2
16,0-18,0	0,00	0,51	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,6
(%)	9,4	<b>39,5</b>	<b>13,2</b>	10,7	12,1	8,1	4,0	3,1	
Média	5,0	<b>8,4</b>	6,5	5,3	5,7	8,2	4,7	4,7	
Máximo	11,1	<b>17,9</b>	14,8	11,7	16,2	15,2	14,6	11,3	

**Quadro II.5.1.1-22** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para a primavera (outubro a dezembro), a partir de dados medidos na plataforma MLZ1 no período de 2006 a 2007.

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	0,65	1,03	0,61	0,75	1,30	0,09	0,56	0,23	5,2
2,0-4,0	0,75	2,42	3,03	3,17	4,19	0,98	0,19	0,75	15,5
4,0-6,0	0,75	3,91	6,76	5,36	2,42	1,49	0,75	0,51	<b>21,9</b>
6,0-8,0	0,23	6,01	6,48	3,91	2,24	1,58	0,61	0,56	<b>21,6</b>
8,0-10,0	0,61	5,17	8,11	2,10	0,23	0,89	0,23	0,42	17,8
10,0-12,0	0,05	3,36	5,36	0,93	0,33	1,21	0,05	0,05	11,3
12,0-14,0	0,00	2,38	2,56	0,14	0,23	0,09	0,00	0,00	5,4
14,0-16,0	0,00	0,79	0,42	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	1,3
(%)	3,0	<b>25,1</b>	<b>33,3</b>	16,4	11,0	6,3	2,4	2,5	
Média	4,6	7,9	7,8	5,9	4,6	6,9	4,9	5,1	
Máximo	11,1	<b>15,8</b>	15,1	15,4	12,5	12,3	10,0	10,9	



**Figura II.5.1.1-62** – Boxplot da intensidade do vento medido na plataforma MLZ1 no período de 2006 a 2007.

Para a melhor caracterização da região do Pré-Sal quanto ao regime de ventos, foi analisada uma série dos dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2015 para o ponto de análise PC (Figura II.5.1.1-4). A Figura II.5.1.1-63 apresenta as rosas dos ventos para as diferentes estações do ano no ponto de análise. Durante o verão e a primavera observa-se a predominância de ventos NE e E, influenciados pela ASAS e seu deslocamento sazonal. No outono e inverno também se observa uma predominância de ventos NE e E, porém, com uma ocorrência mais significativa de ventos de quadrante SW, o que indica o aumento de passagem de frentes frias pela região durante essa época do ano.

O Quadro II.5.1.1-23 apresenta o diagrama de ocorrência conjunta que descreve o padrão de vento para o ponto de estudo PC para o verão, segundo os dados da CFSR. Os ventos mais frequentes são de NE (26,6%) seguidos por ventos de E (22,6%). As velocidades médias são de 4,3 m/s (NE) e 4,7 m/s (E), atingindo máximas de 11,0 m/s (NE) e 12,7 m/s (E) nas respectivas direções predominantes. As máximas velocidades nesta estação atingem 15,8 m/s e 15,9 m/s respectivamente das direções SW e S.

Analogamente, o Quadro II.5.1.1-24 apresenta o diagrama de ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos no ponto PC no outono. Os ventos predominantes são também de NE (20,2%) e E (18,1%), com velocidades médias de 4,2 m/s e 4,5 m/s e máximas de 9,3 m/s e 12,2 m/s, respectivamente. Os ventos de SW aumentam de frequência e atingem 13,1%, evidenciando o aumento da passagem de frentes frias. Os ventos mais intensos são de SW e W, atingindo o máximo de 18,3 m/s (W).

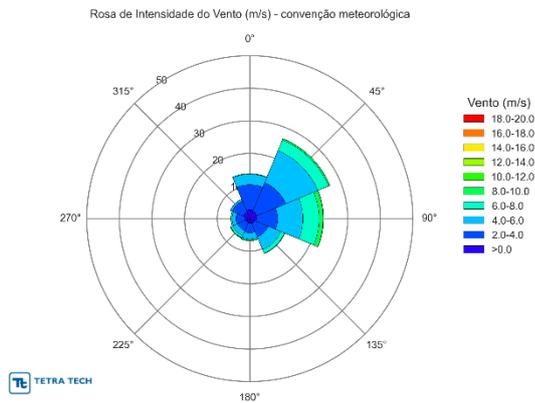
No Quadro II.5.1.1-25 é apresentada a mesma análise para o inverno. Os ventos mais frequentes são de E (23,4%) e NE (21,8%), com velocidades médias de 5,6 m/s (E) e 4,8 m/s (NE), atingindo máximas de 13,2 m/s (E) e 10,7 m/s (NE). Os ventos de SW passam a ser mais frequentes que nas estações anteriores (13,0%), sendo também os mais intensos para essa estação (15,5 m/s). A mudança da direção predominante de NE para E está relacionada com o padrão de deslocamento da ASAS.

Finalmente, o Quadro II.5.1.1-26 apresenta a análise de ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos para o ponto de estudo PC a partir dos dados da CFSR para a primavera. Assim como no inverno, os ventos mais frequentes são de E (27,1%) e NE (20,3%), com velocidades médias de 5,6 m/s e 4,5 m/s e máximas de 13,3 m/s e 11,7 m/s, respectivamente. Os ventos mais intensos registrados são de quadrante S, com 18,0 m/s.

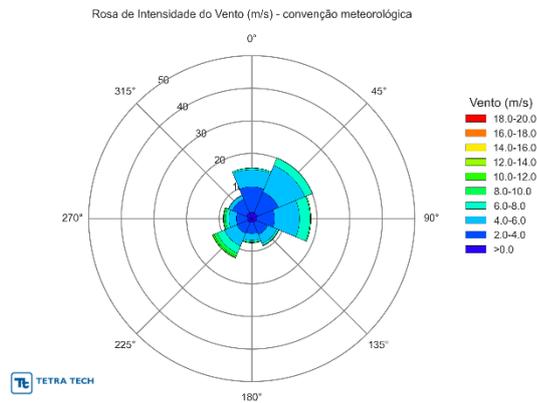
Foram produzidos ainda *boxplots* com base nos dados da CFSR (Figura II.5.1.1-64). A análise mostra que os ventos possuem em média velocidades menores do que 5 m/s, com o inverno e primavera sendo as estações do ano com maior intensidade de ventos. O número relativamente grande de outliers pode ser explicado pelo tamanho da série, que cobre 1979 a 2015.

Complementarmente a Figura II.5.1.1-65 e Figura II.5.1.1-66 apresentam *stickplots* mensais para o ano de 2004 (ano da modelagem de deriva de óleo), onde observa-se um regime de ventos predominante de NE, com inversões para S-SW durante o ano. Durante os meses de inverno os ventos em direção SW passam a ser mais presentes na série, conforme esperado.

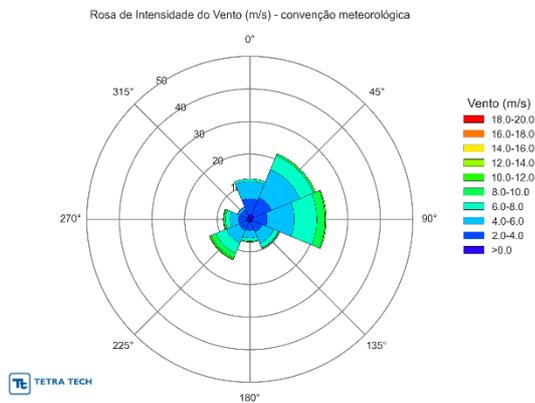
(a) Verão



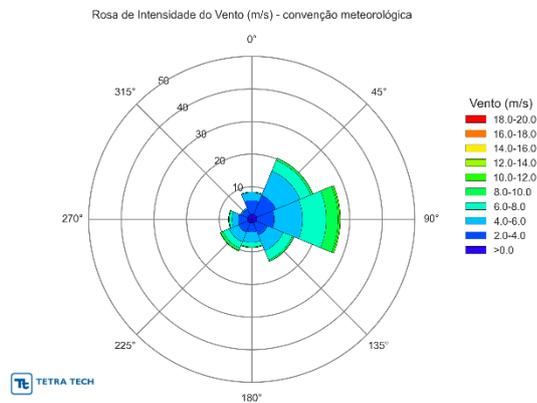
(b) Outono



(c) Inverno



(d) Primavera



**Figura II.5.1.1-63** – Rosas direcionais sazonais do vento, de acordo com dados da reanálise CFSR no ponto de estudo (PC) no período de 1979 a 2015.

**Quadro II.5.1.1-23** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para o verão (janeiro a março), a partir de dados da reanálise CFSR no ponto de estudo (PC) no período de 1979 a 2015.

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	2,69	2,34	2,00	1,57	1,36	1,36	1,46	2,01	14,8
2,0-4,0	7,71	9,56	6,52	4,51	2,97	2,66	2,77	3,84	<b>40,5</b>
4,0-6,0	3,21	10,64	7,75	4,20	1,92	1,66	1,16	0,55	<b>31,1</b>
6,0-8,0	0,16	3,59	4,93	1,20	0,40	0,63	0,35	0,03	11,3
8,0-10,0	0,01	0,42	1,32	0,10	0,08	0,13	0,04	0,00	2,1
10,0-12,0	0,00	0,01	0,06	0,01	0,02	0,03	0,03	0,00	0,2
12,0-14,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,0
14,0-16,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,004	0,000	0,000	0,0
(%)	13,8	<b>26,6</b>	<b>22,6</b>	11,6	6,8	6,5	5,8	6,4	
Média	3,1	4,3	<b>4,7</b>	3,9	3,5	3,7	3,2	2,5	
Máximo	8,6	11,0	12,7	10,7	<b>15,9</b>	<b>15,8</b>	11,9	10,5	

**Quadro II.5.1.1-24** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para o outono (abril a julho), a partir de dados da reanálise CFSR no ponto de estudo (PC) no período de 1979 a 2015.

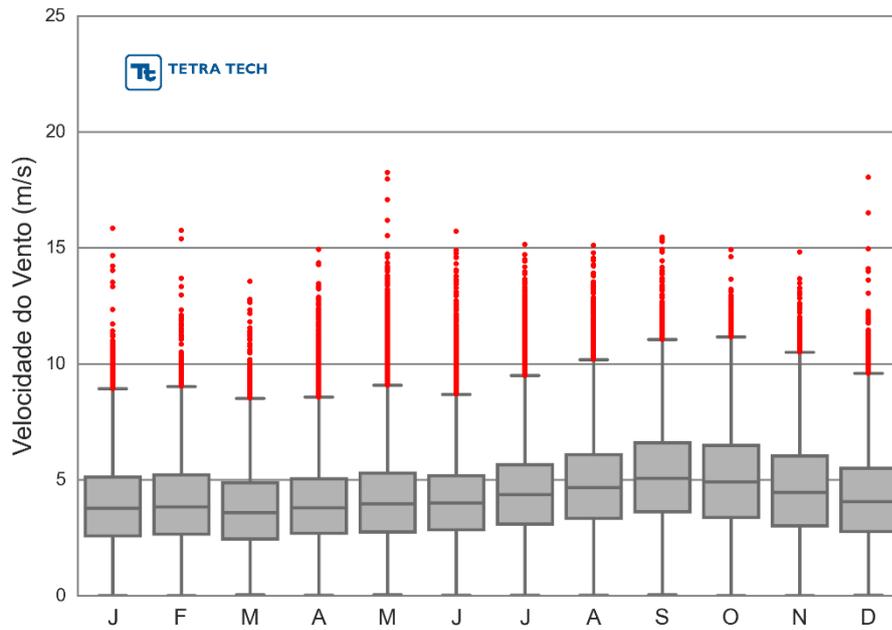
Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	1,93	1,87	1,63	1,37	1,23	1,34	1,39	1,81	12,6
2,0-4,0	7,84	6,97	5,36	3,91	3,33	3,58	3,37	4,62	<b>39,0</b>
4,0-6,0	5,29	8,80	7,65	3,00	2,14	4,12	2,31	1,24	<b>34,6</b>
6,0-8,0	0,49	2,49	3,21	0,57	0,54	2,42	0,95	0,09	10,8
8,0-10,0	0,02	0,07	0,29	0,09	0,17	1,07	0,55	0,00	2,3
10,0-12,0	0,00	0,00	0,00	0,04	0,05	0,42	0,16	0,00	0,7
12,0-14,0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,12	0,05	0,00	0,2
14,0-16,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,0
16,0-18,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
18,0-20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,000	0,0
(%)	15,6	<b>20,2</b>	<b>18,1</b>	9,0	7,5	13,1	8,8	7,8	
Média	3,6	4,2	4,5	3,7	3,7	<b>5,0</b>	4,2	2,9	
Máximo	9,1	9,3	12,2	14,3	14,4	17,1	<b>18,3</b>	9,2	

**Quadro II.5.1.1-25** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para o inverno (julho a setembro), a partir de dados da reanálise CFSR no ponto de estudo (PC) no período de 1979 a 2015.

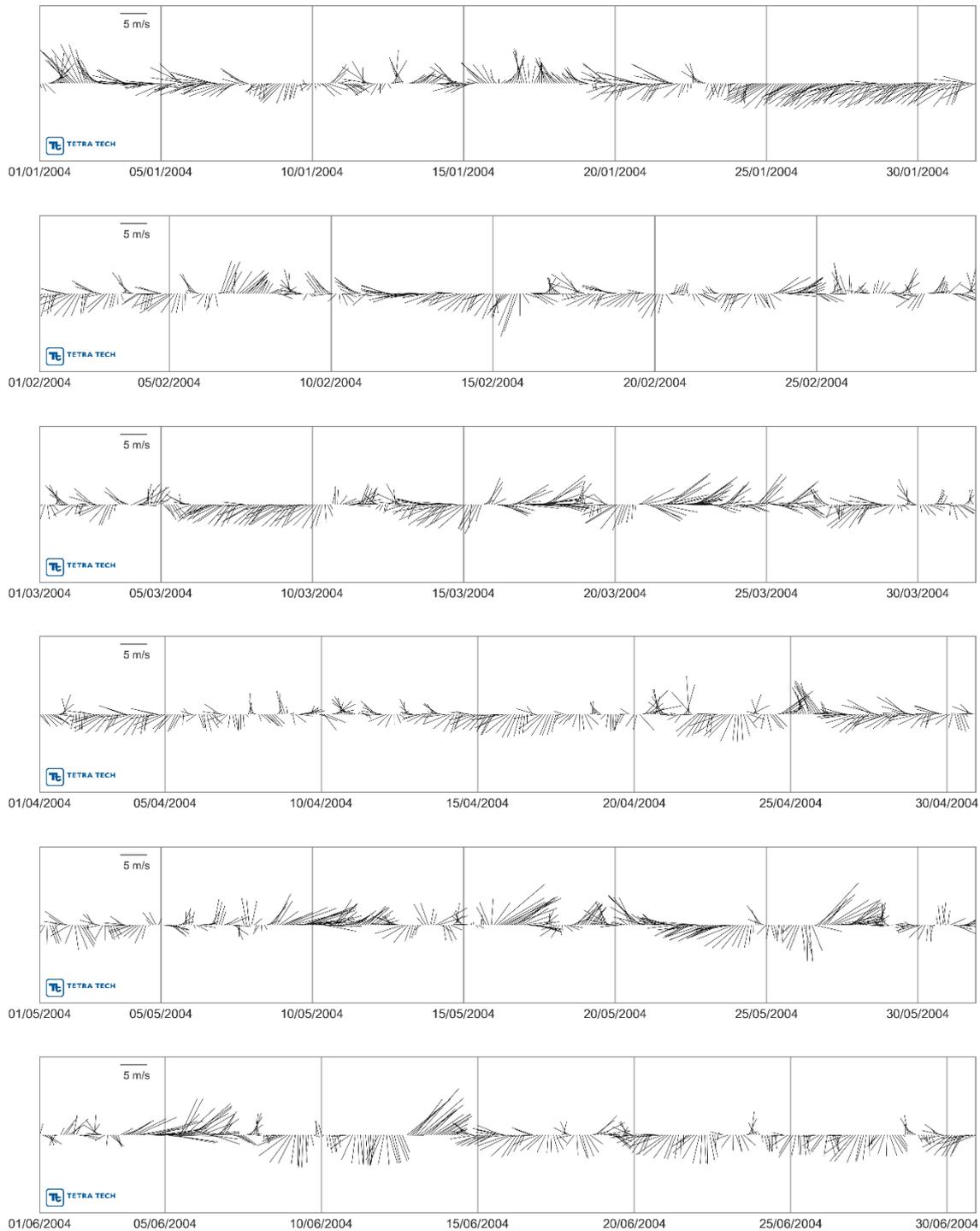
Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	1,30	1,45	1,08	0,93	0,81	0,85	0,89	0,98	8,3
2,0-4,0	5,02	5,71	4,27	3,20	2,63	2,74	2,56	2,28	<b>28,4</b>
4,0-6,0	5,33	9,36	8,29	3,84	2,30	4,21	2,59	0,76	<b>36,7</b>
6,0-8,0	0,73	4,60	6,91	1,48	0,96	3,44	1,37	0,07	19,6
8,0-10,0	0,02	0,63	2,49	0,21	0,27	1,58	0,51	0,01	5,7
10,0-12,0	0,00	0,02	0,34	0,05	0,04	0,47	0,17	0,00	1,1
12,0-14,0	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,14	0,06	0,00	0,2
14,0-16,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,0
16,0-18,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
(%)	12,4	<b>21,8</b>	<b>23,4</b>	9,7	7,0	13,5	8,2	4,1	
Média	3,9	4,8	<b>5,6</b>	4,4	4,3	<b>5,6</b>	4,7	3,0	
Máximo	8,6	10,7	13,2	12,7	12,5	<b>15,5</b>	15,1	10,3	

**Quadro II.5.1.1-26** – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para a primavera (outubro a dezembro), a partir de dados da reanálise CFSR no ponto de estudo (PC) no período de 1979 a 2015.

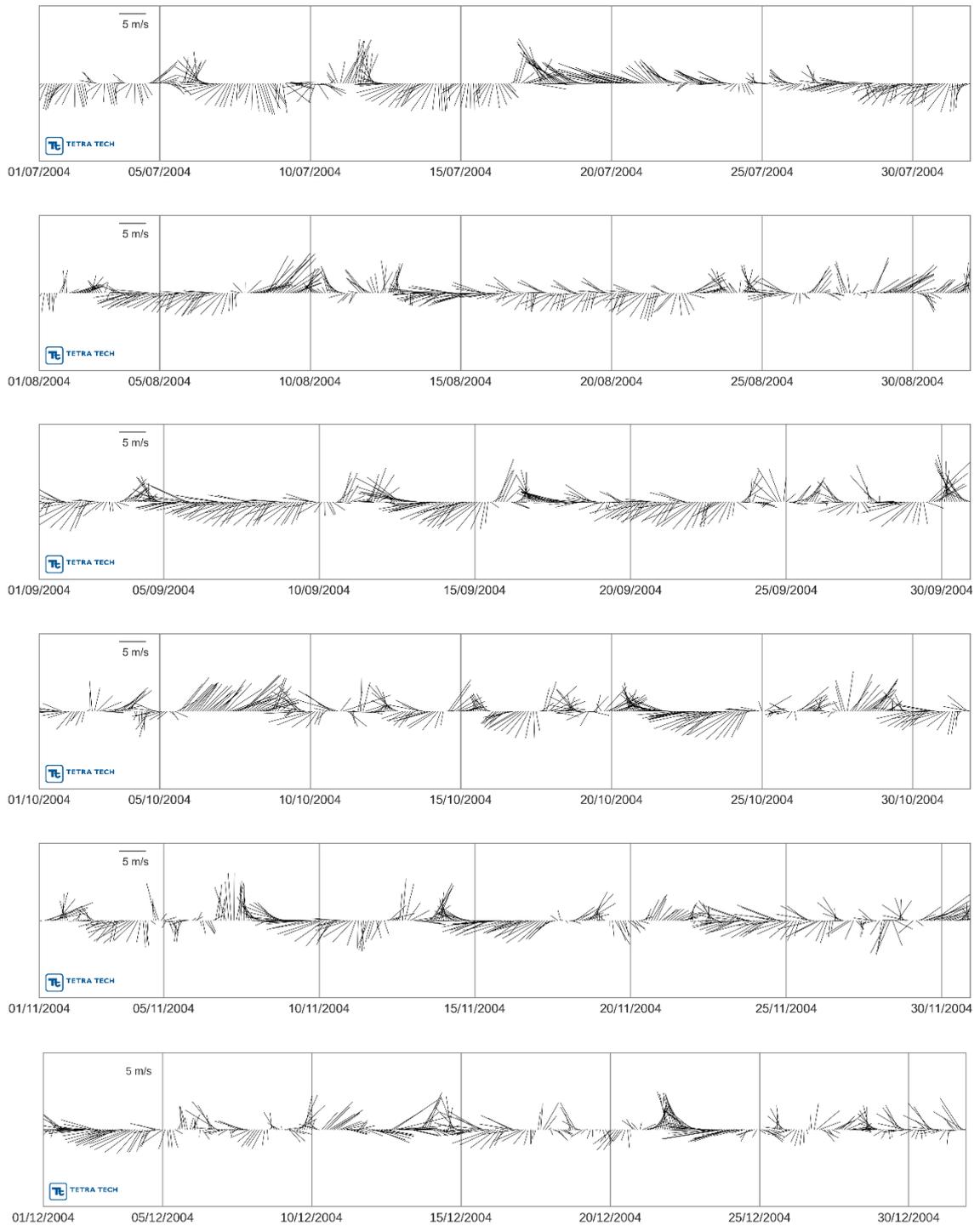
Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	1,57	1,70	1,56	1,30	1,16	1,27	1,22	1,40	11,2
2,0-4,0	4,21	6,26	5,33	3,91	2,75	3,07	2,89	1,93	<b>30,3</b>
4,0-6,0	2,42	8,09	8,66	5,19	3,19	3,16	1,97	0,41	<b>33,1</b>
6,0-8,0	0,22	3,52	7,29	3,06	1,35	2,09	0,78	0,02	18,3
8,0-10,0	0,02	0,68	3,64	0,49	0,22	0,76	0,23	0,00	6,0
10,0-12,0	0,00	0,05	0,61	0,04	0,05	0,14	0,04	0,00	0,9
12,0-14,0	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,00	0,1
14,0-16,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,0
16,0-18,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,0
(%)	8,4	<b>20,3</b>	<b>27,1</b>	14,0	8,7	10,5	7,2	3,8	
Média	3,3	4,5	<b>5,6</b>	4,7	4,3	4,7	3,9	2,5	
Máximo	10,1	11,7	13,3	13,0	<b>18,0</b>	15,0	14,9	9,1	



**Figura II.5.1.1-64** – Boxplot da intensidade do vento segundo dados da reanálise CFSR no ponto de estudo (PC) no período de 1979 a 2015.



**Figura II.5.1.1-65** – Stickplots mensais da velocidade e direção do vento no ano de modelagem (2004), meses de janeiro a junho, segundo dados da reanálise CFSR no ponto de estudo (PC).



**Figura II.5.1.1-66** – Stickplots mensais da velocidade e direção do vento no ano de modelagem (2004), meses de julho a dezembro, segundo dados da reanálise CFSR no ponto de estudo (PC).

## **D) Caracterização de Condições Extremas**

Segundo Wilks (1995) o termo *eventos extremos* indica os maiores (ou menores) valores de uma variável em um determinado número de observações. Desta forma, para caracterização de condições extremas, foram considerados os maiores valores da velocidade do vento. A intensidade mínima dos ventos é zero, associado à condição de calmaria, o que não caracteriza uma condição extrema do regime de ventos.

Dois critérios foram utilizados para selecionar os eventos extremos:

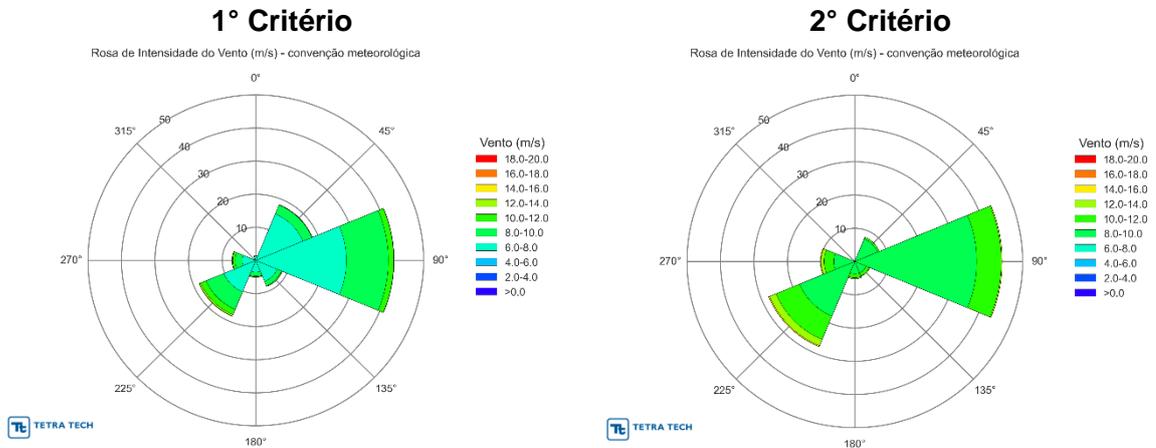
- 1) Valor médio mais um desvio padrão (representando aproximadamente o percentil de 85%);
- 2) Valor médio mais dois desvios padrão (representando aproximadamente o percentil de 95%).

A caracterização dos eventos extremos de vento foi realizada para o período de 1979 a 2013 com base nos dados da reanálise CFSR no ponto de análise (PC), representativo da área dos projetos do PPSBS. Apesar de serem mais curtas, as bases de dados de vento observados nas estações METAR do Rio de Janeiro e Florianópolis (SBRJ e SBFL), bem como no FPSO Cidade de Angra dos Reis, na plataforma MLZ1 e na estação PCD/INPE de Ubatuba também foram incluídas nesta análise.

A Figura II.5.1.1-67 apresenta as rosas de ventos dos eventos extremos de acordo com o primeiro e o segundo critérios para a base de dados de reanálise CFSR no ponto de análise PC. A direção apresentada refere-se ao norte geográfico e segue a convenção meteorológica. A frequência de ocorrência é apresentada pela distância radial (%) e a escala de cores representa a velocidade de ventos (m/s).

Os valores de corte para o primeiro e segundo critérios são, respectivamente, 6,40 m/s e 8,42 m/s. Segundo ambos os critérios a maior parte dos eventos extremos de vento foram incidentes de direção E (até 40%), associados à influência da circulação da ASAS. No primeiro critério, entre 10% e 20% dos eventos mais intensos são de ventos incidentes da direção SW, valor que sobe

para 20% a 30% no segundo critério, evidenciando a passagem de frentes frias com ventos bastante intensos na região.



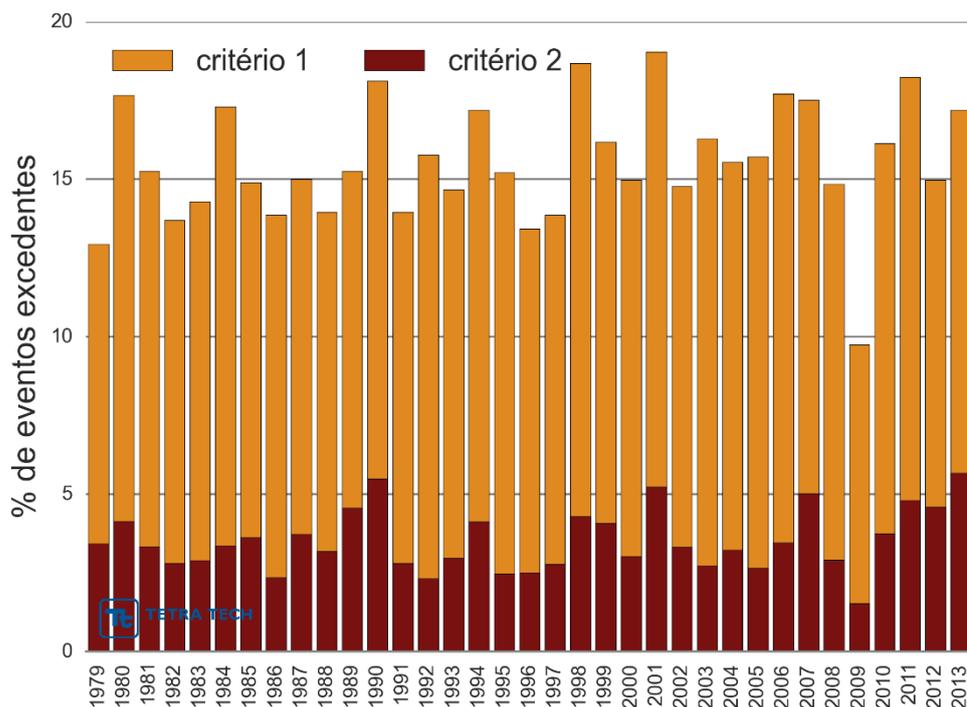
**Figura II.5.1.1-67** – Rosas dos ventos para eventos extremos de vento selecionados pelo primeiro e segundo critérios, segundo dados da reanálise CFSR sobre o ponto de análise (PC) no período de 1979 a 2013.

O Quadro II.5.1.1-27 apresenta a distribuição sazonal dos eventos extremos ocorridos entre 1979 e 2015 segundo dados da reanálise CFSR sobre o ponto de análise (PC). Observa-se que a maior quantidade de eventos extremos de velocidade do vento ocorre durante o período de inverno (julho a setembro), seguido pelo período de primavera (outubro a dezembro).

A variação da quantidade de eventos extremos por ano no período de 1979 a 2013 no ponto de estudo PC é apresentada na Figura II.5.1.1-68. Os dados não apresentam tendência de aumento ou diminuição na quantidade de eventos extremos de vento ao longo do período analisado.

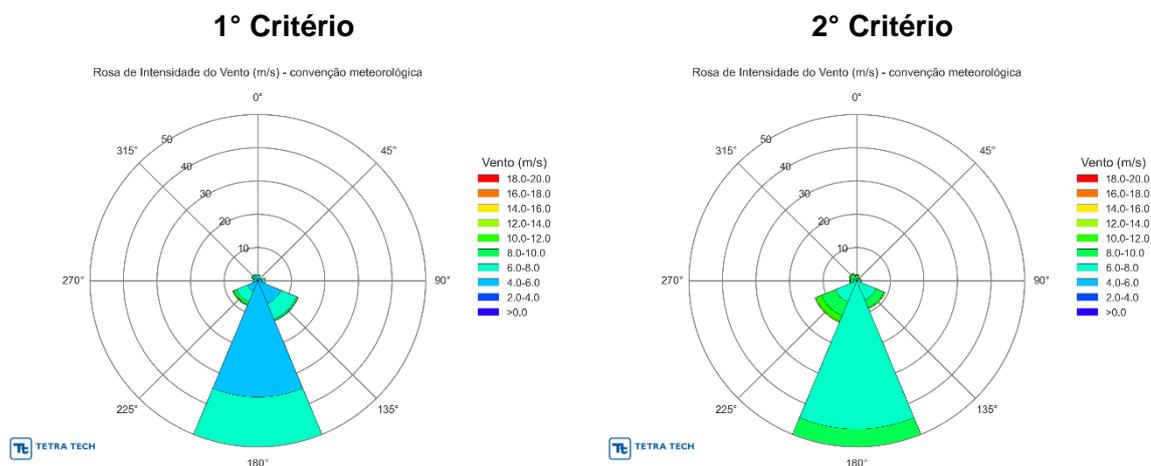
**Quadro II.5.1.1-27** – Número de eventos extremos por estação do ano segundo dados da reanálise CFSR sobre o ponto de análise no período de 1979 a 2013.

ESTAÇÃO	1° CRITÉRIO			2° CRITÉRIO		
	Total	Média por ano	%	Total	Média por ano	%
Verão	7683	213,4	10,1	1128	31,3	1,5
Outono	7815	217,1	10,2	1847	51,3	2,4
Inverno	16325	453,5	21,1	3959	110,0	5,1
Primavera	15857	440,5	20,5	3854	107,1	5,0



**Figura II.5.1.1-68** – Variação interanual da quantidade de eventos extremos de vento (dados horários) segundo dados da reanálise CFSR sobre o ponto de análise (PC) no período de 1979 a 2013.

A Figura II.5.1.1-69 apresenta as rosas de ventos dos eventos extremos de acordo com o primeiro e o segundo critérios para a estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ). As convenções são as mesmas descritas anteriormente. Os ventos mais frequentes em ambos os critérios são de S. Como descrito anteriormente, essa é uma condição particular dessa estação e de sua localização geográfica. Os valores de corte no primeiro e segundo critérios são, respectivamente, 4,84 m/s e 6,84 m/s.

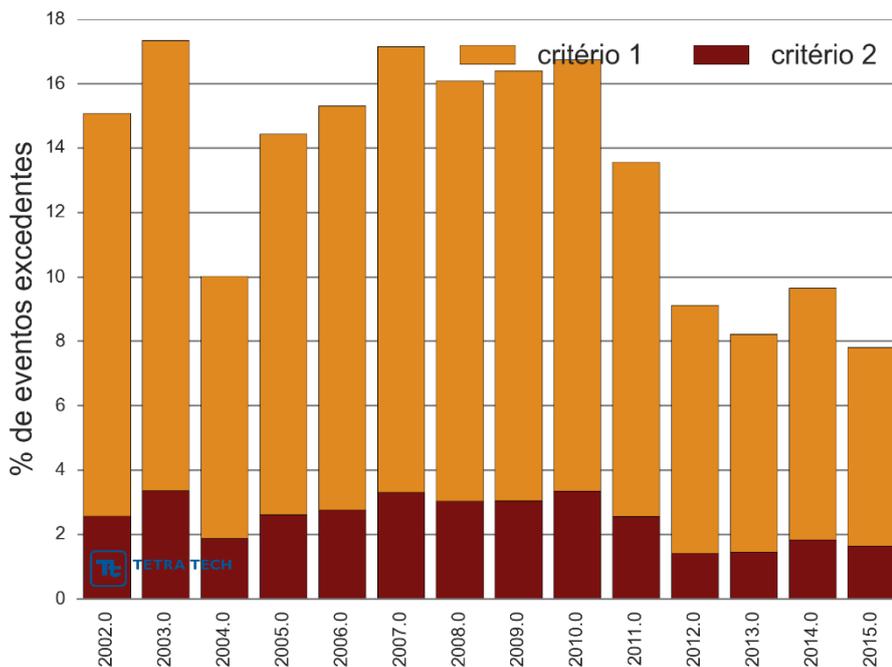


**Figura II.5.1.1-69** – Rosas dos ventos para eventos extremos de vento selecionados pelo primeiro e segundo critérios, segundo dados medidos na estação METAR do Rio de Janeiro.

O Quadro II.5.1.1-28 apresenta a distribuição sazonal dos eventos extremos registrados para a mesma estação. Observa-se que a maior quantidade de eventos extremos de velocidade do vento ocorre na primavera em ambos critérios. A variação anual da quantidade de eventos extremos para a mesma estação pode ser observada na Figura II.5.1.1-70, porém como a série de dados é relativamente curta, não se pode observar com clareza tendências interanuais.

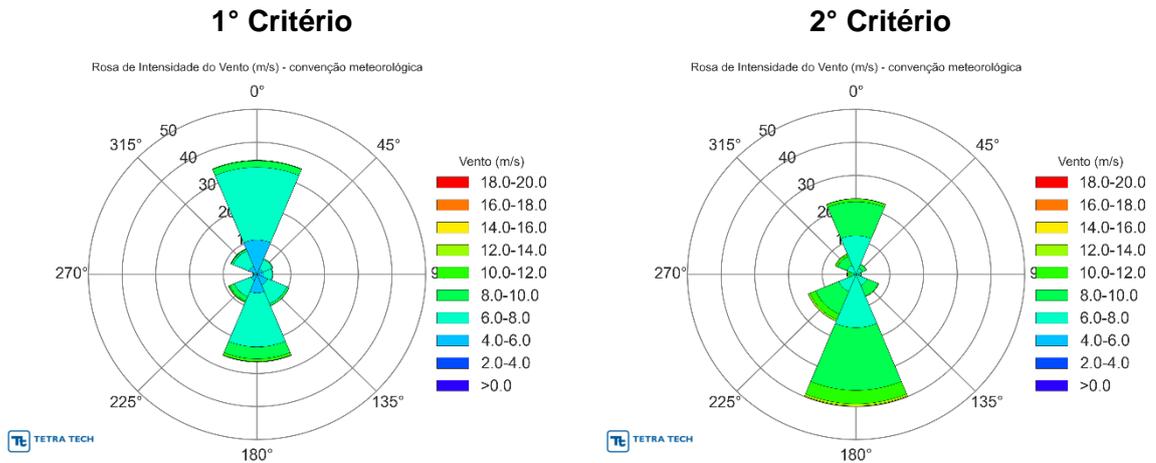
**Quadro II.5.1.1-28** – Número de eventos extremos por estação do ano segundo dados de vento medidos na estação METAR do Rio de Janeiro no período de 2002 a 2015.

ESTAÇÃO	1° CRITÉRIO			2° CRITÉRIO		
	Total	Média por ano	%	Total	Média por ano	%
Verão	5054	361,0	14,5	854	61,0	2,5
Outono	2879	205,6	8,1	442	31,6	1,2
Inverno	3878	277,0	11,2	749	53,5	2,2
Primavera	5773	412,4	16,5	1239	88,5	3,5



**Figura II.5.1.1-70** – Variação interanual da quantidade de eventos extremos de vento (dados horários) segundo dados registrados na estação METAR do Rio de Janeiro no período de 2002 a 2015.

A Figura II.5.1.1-71 apresenta as rosas de ventos dos eventos extremos de acordo com o primeiro e o segundo critérios para a estação METAR de Florianópolis (SBFL). As convenções são as mesmas descritas anteriormente. Os ventos mais frequentes em ambos os critérios são bimodais com ventos N e S se alternando. Como descrito anteriormente, e assim como para a estação METAR do Rio de Janeiro. Os valores de corte no primeiro e segundo critérios são, respectivamente, 5,35 m/s e 7,35 m/s.

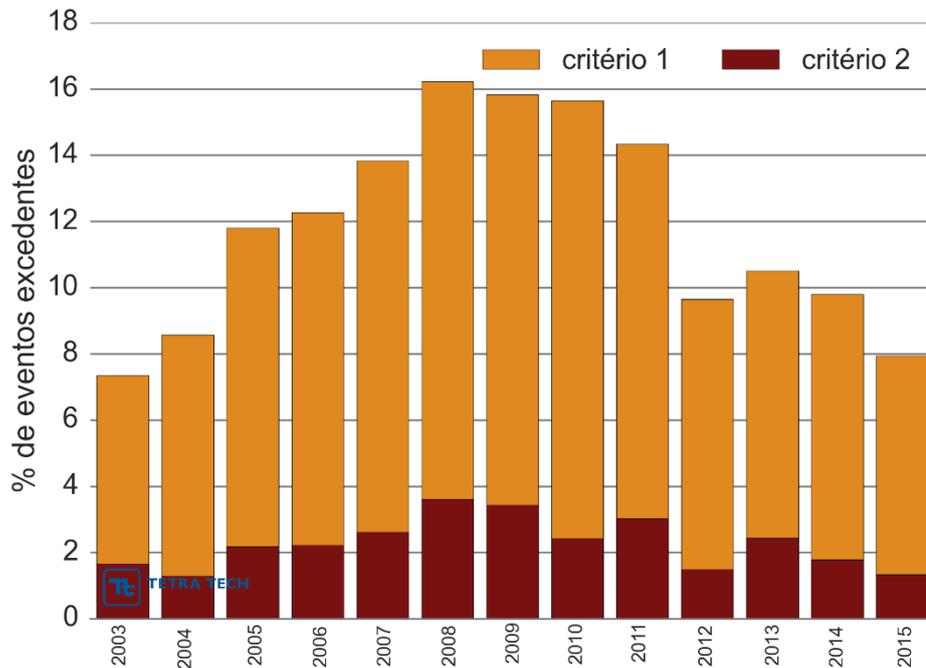


**Figura II.5.1.1-71** – Rosas dos ventos para eventos extremos de vento selecionados pelo primeiro e segundo critérios, segundo dados medidos na estação METAR de Florianópolis.

O Quadro II.5.1.1-29 apresenta a distribuição sazonal dos eventos extremos registrados para a mesma estação. Observa-se que assim como para a estação do Rio de Janeiro, a maior quantidade de eventos extremos de velocidade do vento ocorre na primavera em ambos critérios. A variação anual da quantidade de eventos extremos para a mesma estação pode ser observada na Figura II.5.1.1-72, porém como a série de dados é relativamente curta, não se pode observar com clareza tendências interanuais.

**Quadro II.5.1.1-29** – Número de eventos extremos por estação do ano segundo dados de vento medidos na estação METAR de Florianópolis (SBFL) no período de 2003 a 2015.

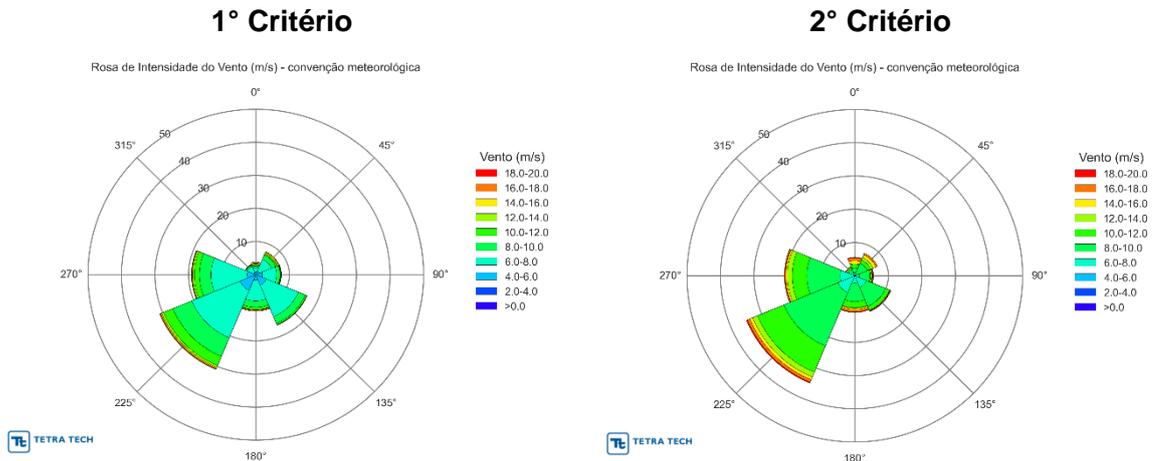
ESTAÇÃO	1º CRITÉRIO			2º CRITÉRIO		
	Total	Média por ano	%	Total	Média por ano	%
Verão	3496	268,9	9,7	550	42,3	1,5
Outono	2552	196,3	7,4	479	36,8	1,4
Inverno	4750	365,4	13,6	1005	77,3	2,9
Primavera	5104	392,6	15,1	1017	78,2	3,0



**Figura II.5.1.1-72** – Variação interanual da quantidade de eventos extremos de vento (dados horários) segundo dados registrados na estação METAR de Florianópolis (SBFL).

A Figura II.5.1.1-73 apresenta as rosas de ventos dos eventos extremos de acordo com o primeiro e o segundo critérios para a base de dados de vento registrados na estação PCD/INPE de Ubatuba. As convenções são as mesmas descritas anteriormente.

Os valores para o primeiro e segundo critérios de corte são, respectivamente, 5,56 m/s e 7,50 m/s. Segundo ambos os critérios, cerca de 30% dos eventos de maior velocidade de ventos ocorre na direção SW, seguidos por 20% na direção W. Esses ventos são gerados pelas frentes frias que passam pela região.



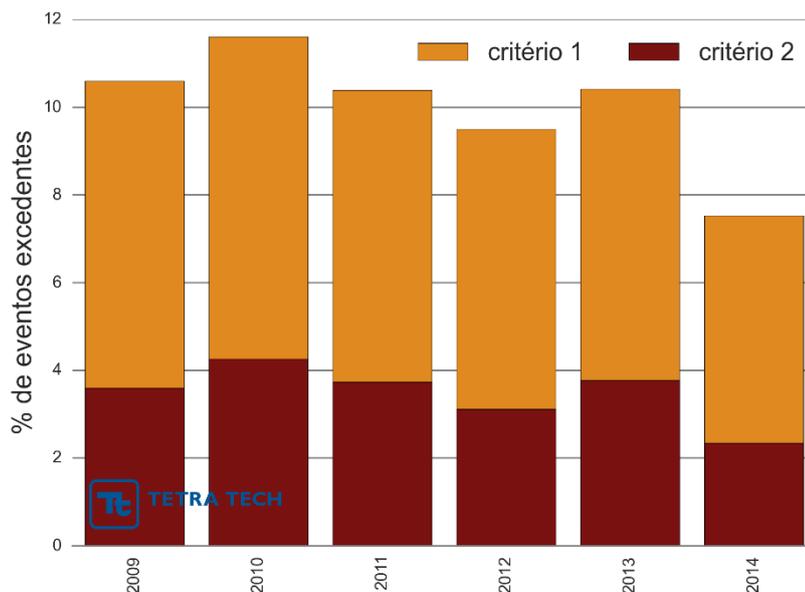
**Figura II.5.1.1-73** – Rosas dos ventos para eventos extremos de vento selecionados pelo primeiro e segundo critérios, segundo dados medidos na estação PCD/INPE Ubatuba no período de 2007 a 2015.

O Quadro II.5.1.1-30 apresenta a distribuição sazonal dos eventos extremos registrados na estação PCD/INPE de Ubatuba. Observa-se que a maior quantidade de eventos extremos de velocidade do vento ocorre marcadamente durante o período de primavera com 13% de ocorrências no primeiro critério e 3,8% de ocorrências no segundo critério.

A variação anual da quantidade de eventos extremos para a mesma estação pode ser observada na Figura II.5.1.1-74. A série é pequena para se observar tendências interanuais, porém observa-se que, em média, o percentual de ocorrências no segundo critério 2 não passa dos 4%, enquanto que no primeiro critério pode chegar próximo a 12% em 2010.

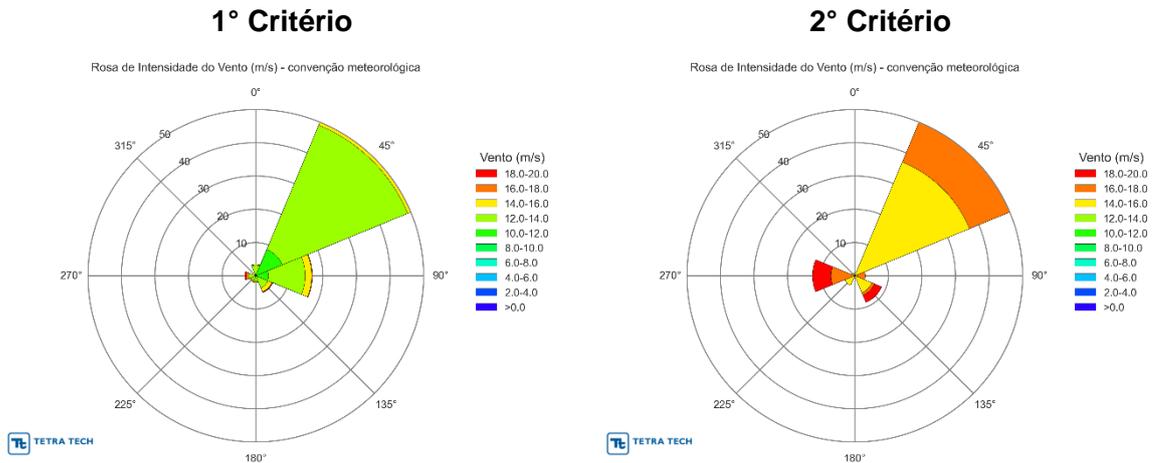
**Quadro II.5.1.1-30** – Número de eventos extremos por estação do ano segundo dados de vento medidos na estação PCD/INPE de Ubatuba no período de 2007 a 2015.

ESTAÇÃO	1º CRITÉRIO			2º CRITÉRIO		
	Total	Média por ano	%	Total	Média por ano	%
Verão	424	60,6	7,9	145	20,7	2,7
Outono	355	50,7	6,8	143	20,4	2,7
Inverno	490	70,0	9,2	192	27,4	3,6
Primavera	565	80,7	13,0	164	23,4	3,8



**Figura II.5.1.1-74** – Variação interanual da quantidade de eventos extremos de vento (dados de 3 em 3 horas) segundo dados medidos na estação PCD/INPE de Ubatuba.

A Figura II.5.1.1-75 apresenta as rosas de ventos dos eventos extremos de acordo com o primeiro e o segundo critérios para a base de dados de vento registrados no FPSO Cidade de Angra dos Reis. As convenções são as mesmas descritas anteriormente. Em ambos os critérios os ventos mais frequentes são de NE, relacionados a localização da estação e posição da ASAS. Os valores de corte no primeiro e segundo critérios são, respectivamente, 11,8 m/s e 15,1 m/s.

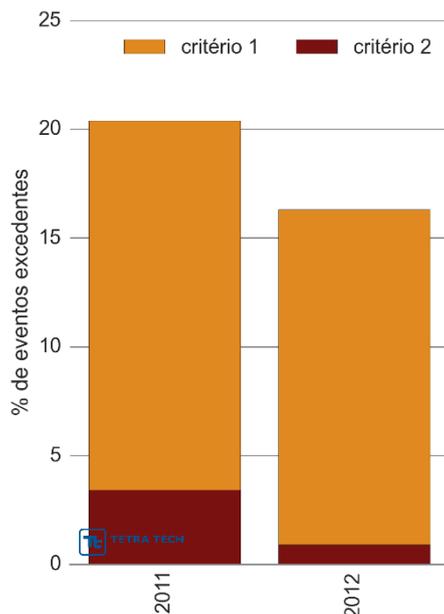


**Figura II.5.1.1-75** – Rosas dos ventos para eventos extremos selecionados pelo primeiro e segundo critérios, segundo dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis.

O Quadro II.5.1.1-31 apresenta a distribuição sazonal dos eventos extremos registrados no FPSO Cidade de Angra dos Reis. Observa-se que a maior quantidade de eventos extremos de velocidade do vento ocorre no inverno no primeiro critério e na primavera no segundo critério. A variação anual da quantidade de eventos extremos para a mesma estação pode ser observada na Figura II.5.1.1-76.

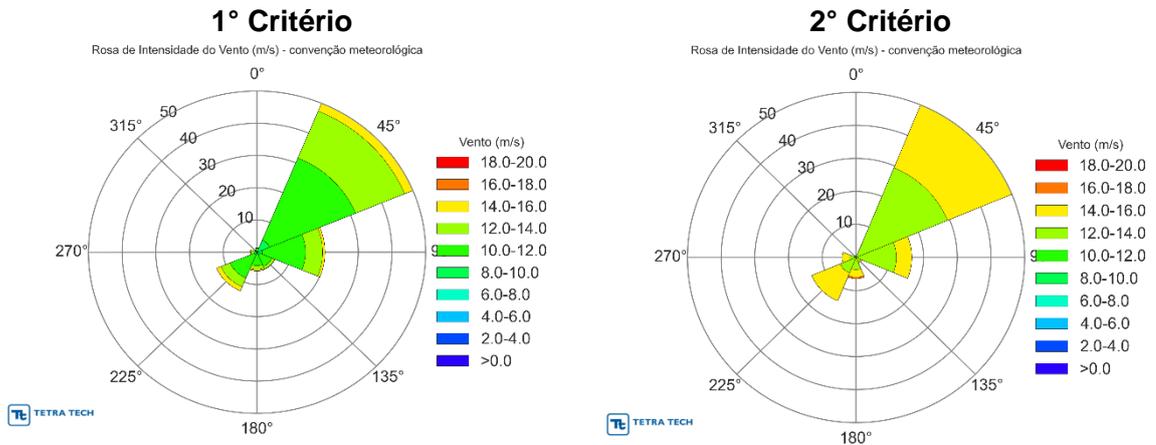
**Quadro II.5.1.1-31** – Número de eventos extremos por estação do ano segundo dados de vento medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis nos anos de 2011 e 2012.

ESTAÇÃO	1º CRITÉRIO			2º CRITÉRIO		
	Total	Média por ano	%	Total	Média por ano	%
Verão	379	189,5	17,4	11	5,5	0,5
Outono	104	52,0	4,8	7	3,5	0,3
Inverno	589	294,5	26,7	42	21,0	1,9
Primavera	429	214,5	20,4	72	36,0	3,4



**Figura II.5.1.1-76** – *Variação interanual da quantidade de eventos extremos de vento (dados horários) segundo dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis.*

Assim como para as estações anteriores, a Figura II.5.1.1-77 apresenta as rosas de ventos dos eventos extremos de acordo com o primeiro e o segundo critérios para a base de dados de vento registrados na plataforma MLZ1. As convenções são as mesmas descritas anteriormente. Os ventos mais frequentes em ambos os critérios são de NE, relacionados a ASAS e a localização da estação; contudo, os ventos mais intensos registrados são de quadrante S, relacionados a frentes frias que atingem a região. Os valores de corte no primeiro e segundo critérios são, respectivamente, 9,80 m/s e 13,05 m/s.

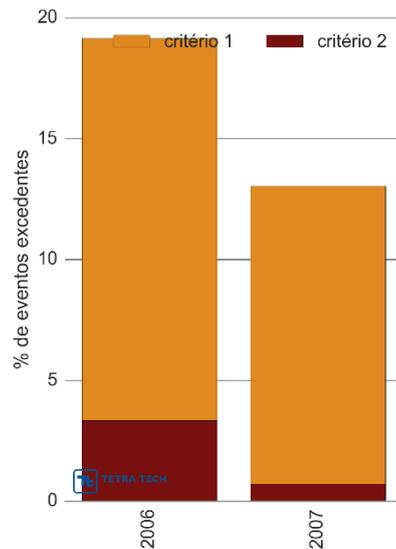


**Figura II.5.1.1-77** – Rosas dos ventos para eventos extremos selecionados pelo primeiro e segundo critérios, segundo dados medidos na plataforma MLZ1.

O Quadro II.5.1.1-32 apresenta a distribuição sazonal dos eventos extremos registrados na plataforma MLZ1. Observa-se que a maior quantidade de eventos extremos de velocidade do vento ocorre no inverno no primeiro critério e na primavera no segundo critério. A variação anual da quantidade de eventos extremos para a mesma estação pode ser observada na Figura II.5.1.1-78.

**Quadro II.5.1.1-32** – Número de eventos extremos por estação do ano segundo dados de vento medidos na plataforma MLZ1 nos anos de 2006 e 2007.

ESTAÇÃO	1º CRITÉRIO			2º CRITÉRIO		
	Total	Média por ano	%	Total	Média por ano	%
Verão	273	136,5	13,0	15	7,5	0,7
Outono	359	179,5	16,7	42	21,0	1,9
Inverno	381	190,5	21,5	96	48,0	5,4
Primavera	423	211,5	19,7	65	32,5	3,0



**Figura II.5.1.1-78** – *Variação interanual da quantidade de eventos extremos de vento (dados horários) segundo dados registrados na plataforma MLZ1.*

### **E) Identificação da Sazonalidade**

A atmosfera terrestre é um sistema complexo no qual ocorrem processos termodinâmicos que alteram seu estado a todo momento. Estas transformações no estado da atmosfera não ocorrem de maneira independente, mas sim de forma dinâmica, a partir da interação entre os diferentes parâmetros. Desta forma, os padrões de variabilidade intra-anual dos parâmetros meteorológicos estão intrinsecamente correlacionados.

A partir das análises dos dados meteorológicos apresentadas e discutidas ao longo deste relatório, foram identificados os períodos das quatro estações do ano como:

- Verão: janeiro, fevereiro e março;
- Outono: abril, maio e junho;
- Inverno: julho, agosto e setembro;
- Primavera: outubro, novembro e dezembro.

### ***F) Considerações Finais***

A região SE do Brasil encontra-se numa área de transição entre os climas quentes de latitudes baixas e mesotérmicos (do tipo temperado) de latitudes médias (SILVA DIAS & MARENGO, 1999). Os principais sistemas de grande escala que interferem na circulação local são a ASAS (Alta Subtropical do Atlântico Sul), e sistemas transientes, como ciclones extra-tropicais, frentes frias e a ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul). Periodicamente, a situação induzida pela ASAS, caracterizada por ventos vindos de nordeste, com intensidade de fraca a moderada e de céu sem nebulosidade, é perturbada pelo deslocamento de sistemas frontais.

Os parâmetros analisados neste estudo indicam uma sazonalidade bem marcada, devido à localização em latitude afastada do Equador. A variação de temperatura do ar é caracterizada por mínimos no inverno e máximos no verão, sendo fevereiro em geral o mês mais quente e junho e julho os mais frios. As estações localizadas mais ao sul (Florianópolis e Paranaguá) apresentam temperaturas médias inferiores às demais estações analisadas. Já a pressão atmosférica é caracterizada por um padrão inverso ao da temperatura, com mínimos no verão e máximos no inverno, apresentando pouca variabilidade espacial. A insolação apresenta os menores valores durante o período de primavera. A umidade relativa do ar e evaporação apresentam pequena variabilidade nos valores médios ao longo do, porém elevada amplitude (diferença entre máximos e mínimos mensais), apontando o caráter de variação destes parâmetros mais significativo em curtos períodos (ciclo diurno) do que

sazonalmente. O regime de precipitação aponta um período mais chuvoso durante o verão e menores volumes de chuva durante o inverno.

O vento predominante é proveniente dos quadrante NE e E nas porções central e norte da Bacia de Santos, devido à influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). A porção sul da bacia apresenta um comportamento distinto, com ventos de direção N associados à circulação da ASAS e uma frequência mais significativa de ventos da direção S, devido à maior incidência de sistemas frontais nesta região.

### **G) Referências Bibliográficas**

ALMEIDA, A. C. P., 1999. Um estudo de brisa marinha e estabilidade atmosférica na região de Cabo Frio-RJ. Monografia, IGEO/UFRJ.

ANDRADE, K. M., 2005. Climatologia e Comportamento dos Sistemas Frontais sobre a América do Sul. (INPE-14056-TDI/1067). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 185pp.

ALVES, L. M.; MARENGO, J. A.; CASTRO, C. A. C., 2002. Início das chuvas na região Sudeste do Brasil: análise climatológica. **XII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Foz do Iguaçu-PR.

BASTOS, C. & FERREIRA, N., 2000. Análise Climatológica da Alta Subtropical do Atlântico Sul. **XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Rio de Janeiro-RJ.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; DIAS, M. A. F. S. & SILVA, M. G. A. J., 2009. **Tempo e Clima no Brasil**. 463p. Oficina de Textos, São Paulo-SP.

GOLDEN, J. H., 1974. The Life Cycle of Florida Keys' Waterspout. **Journal of Applied Meteorology**, vol. 13, p. 676-692

ROBERTSON, A. W. & MECHOSO, C. R., 2000. Interannual and interdecadal variability of the South Atlantic Convergence Zone. **Monthly Weather Review**, vol. 128, p. 2947-2957.

SATYAMURTI, P. & MATTOS, L. F., 1989. Climatological lower tropospheric frontogenesis in the midlatitudes due to horizontal deformation and divergence. **Monthly Weather Review**, vol. 108, p. 410-520.

SILVA DIAS, P. L. & MARENGO J.A., 1999. **Águas atmosféricas**. In: REBOUÇAS, A.C.R.; BRAGA, B.; TUNDIZI, J.G. Águas doces no Brasil. São Paulo. Ed. Escrituras, 1999. Cap.3, p.75-115.

SILVA-VAREJÃO, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife: PAX ed., 2001. 532p.

VIANELLO, R. L. & ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Imp. Universitária, 1991. 449 p.

WILKS, D. S., 1995. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. San Diego/ CA. Academic Press, 467pp.

**H) Equipe Técnica**

<b>Profissional</b>	Ana Carolina R. Lammardo
<b>Empresa</b>	Tetra Tech Consultoria Ltda.
<b>Formação</b>	Oceanógrafa
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	1.609 (AOCEANO)
<b>CPF</b>	216.695.528-29
<b>Responsável pelo(s) Capítulo(s)</b>	TODOS
<b>Assinatura</b>	-----

<b>Profissional</b>	Eduardo Yassuda
<b>Empresa</b>	Tetra Tech Consultoria Ltda.
<b>Formação</b>	Engenheiro Mecânico
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	0601847385 (CREA-SP)
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	94066
<b>Responsável pelo(s) Capítulo(s)</b>	TODOS
<b>Assinatura</b>	-----

<b>Profissional</b>	Gabriel Clauzet
<b>Empresa</b>	Tetra Tech Consultoria Ltda.
<b>Formação</b>	Físico
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	000.000.000-0
<b>CPF</b>	188.764.658-20
<b>Responsável pelo(s) Capítulo(s)</b>	TODOS
<b>Assinatura</b>	-----

<b>Profissional</b>	Mariana Lino Gouvêa
<b>Empresa</b>	Tetra Tech Consultoria Ltda.
<b>Formação</b>	Meteorologista
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	5069291950 (CREA-SP)
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	5489811
<b>Responsável pelo(s) Capítulo(s)</b>	TODOS
<b>Assinatura</b>	-----

<b>Profissional</b>	Ronaldo M. de Jesus Palmeira
<b>Empresa</b>	Tetra Tech Consultoria Ltda.
<b>Formação</b>	Meteorologista
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	20000103620 (CREA-RJ)
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	434269
<b>Responsável pelo(s) Capítulo(s)</b>	TODOS
<b>Assinatura</b>	-----