



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE PÓS - GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
ÁREA DE GEOLOGIA COSTEIRA E SEDIMENTAR

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

MARÉS METEOROLÓGICAS E OS EPISÓDIOS DE
EROSÃO COSTEIRA SEVERA NO LITORAL DE
SALVADOR/BA

FLÁVIA REGINA LACERDA SUASSUNA DUTRA

SALVADOR – BAHIA

MARÇO/2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Marés Meteorológicas e os Episódios de Erosão Costeira Severa no Litoral de
Salvador/BA**

por

FLÁVIA REGINA LACERDA SUASSUNA DUTRA

Graduada em Meteorologista pela Universidade Federal da Paraíba – 1998

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Submetida em satisfação dos requisitos ao grau de

MESTRE EM CIÊNCIAS

EM

GEOLOGIA

à

Câmara de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa

da

Universidade Federal da Bahia

A presente pesquisa foi desenvolvida no âmbito do Laboratório de Estudos Costeiros do Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia da UFBA, com recursos da FAPESB e da CAPES.

Dutra, Flávia Regina Lacerda Suassuna,

Marés Meteorológicas e Episódios de Erosão Costeira Severa no Litoral de Salvador/BA

/ Flávia Regina Lacerda Suassuna Dutra. – Salvador, 2008.

166 pp.

Dissertação de Mestrado – Pós- Graduação em Geologia.

Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, 2008

Palavras-chave: Erosão Costeira, Marés Meteorológicas, Focos de Convergência de Ondas.

*“ Ainda que eu tivesse o dom da profecia,
o conhecimento de todos os mistérios
e de toda a ciência;
ainda que eu tivesse toda a fé,
a ponto de transportar montanhas,
se eu não tivesse o amor,
eu não seria nada.”*

I Coríntios 13, 2

*Dedico esta obra
ao meu marido e a minha filha amada,
a minha mãe e aos meus irmãos.*

“ O Clima é vital para a vida na terra, pois influi profundamente na disponibilidade dos alimentos, na segurança da vida humana e dos seus bens, nos recursos hídricos, no lazer e no desenvolvimento sustentável. Ademais, é sabido que o Clima influi, até certo ponto, no humor das pessoas, no seu caráter e inclusive no seu modo de pensar e sua cultura “

Godwin O. P. Obasi

Agradecimentos

A Deus por ser a minha razão de ser e existir, o meu alicerce e fonte de força inesgotável de minha fé, o meu socorro nas horas de dor,

A minha filha amada por existir e me alegrar, por todos os momentos que em dedicação a esta obra abdiquei do meu papel de mãe, amiga e criança, obrigada por entender e ser o meu estímulo a seguir,

Ao meu marido por todo amor, apoio nos momentos sombrios e por toda confiança creditada a mim, sem você nada seria possível,

A minha mãe sempre disposta a me apoiar, pelo seu testemunho de fé em Deus e nos homens, por ser durante toda vida em todos os momentos o meu sustentáculo em todos os aspectos humanos, emocionais e espirituais,

A minha irmã Francis pelo seu exemplo de força e determinação como uma rocha inabalável, num esforço incessante em promover o que é bom, justo e correto. Por todo o auxílio pessoal e profissional que excederam até mesmos os laços consangüíneos,

Aos meus irmãos Fabrízio, Fabrícia e Flaviana pelo estímulo e apoio dado,

Ao meu cunhado Adriano sempre doce e sutil para comigo, em especial ao meu cunhado Allen, um dos responsáveis por minha formação profissional, sempre me incentivando na busca do conhecimento,

Aos meus sobrinhos Uirá, Camila, André e Raquel pela atenção e por acreditarem em mim,

A minha tia Sônia pelas suas orações que me ajudaram a ficar de pé,

A Janduy Guerra por sua enorme contribuição em ter viabilizado a aquisição e execução final dos dados do NCEP, realizadas nos laboratórios de processamento de dados do LAMEPE,

A todos os técnicos do LAMEPE que direta ou indiretamente me auxiliaram durante o trabalho de campo realizado em Recife,

A Carol sempre em prontidão na ajuda necessária e a Alexandre seu marido por dispensar a atenção de sua esposa quando esta esteve em meu auxílio,

Aos funcionários Nilton Silva, Nilton Santos e Gil em seus constantes apoios na coordenação,

A todos os colegas do LEC I, em especial à Lucas e Adeylan em seus auxílios computacionais, à Geana, Renata, Juliana e Lizandra por saberem me ouvir e por toda atenção,

A Felipe Moraes pela tão imprescindível ajuda no software gráfico,

Ao orientador o professor Mauro Cirano por sua grande contribuição, no que diz respeito a qualidade da obra produzida e por sua compreensão nos momentos difíceis,

Ao co-orientador o professor Abílio Bittencourt pela credibilidade e apoio dado em todas as instâncias da construção do conhecimento,

Ao Prof. Geraldo Villas-Boas em seus sábios conselhos,

Ao Prof. Paulo Nobre em suas significativas sugestões,

Ao Prof. Ruy K. P. Kinkuchi em sua pronta atenção e apoio principalmente em sua função de coordenador,

Ao Prof. Oribe Aragão em suas contribuições acadêmicas,

A FAPESB pelo auxílio da bolsa concedida em um ano e meio,

Aos Srs. Alberto Hartalian Fogato e Jorge Carvalho da Seção de Intercâmbio de Dados da DHN - Rio de Janeiro que foram de extrema importância na construção desta obra, pela atenção excepcional no fornecimento dos dados de previsão de maré para o porto de Salvador e das cartas sinóticas de superfície.

Resumo

O litoral de Salvador possui um total de 20 praias, das quais 14 estão localizadas em região de mar aberto, no setor leste do Nordeste brasileiro, banhadas pelo Oceano Atlântico, enquanto que as demais encontram-se abrigadas na Baía de Todos os Santos. Grande parte destas praias, aproximadamente 65%, foi ou está sendo acometida por episódios de erosão costeira severa (com prejuízos econômicos), que estão intrinsecamente relacionados à ação tanto de origem antrópica como natural, uma vez que o impacto do turismo é notório na região urbana de praticamente todo o setor costeiro. Tal impacto é facilmente percebido através do avanço para a linha de costa de obras de construção civil de pequeno a grande porte, que sofrem as conseqüências da falta de um manejo adequado. A erosão costeira causa prejuízos econômicos por vezes de grande ordem, seja às propriedades particulares ou públicas, entretanto, pouco se conhece a respeito dos mecanismos forçantes naturais locais. Em virtude desta deficiência, o presente estudo visou através de análises e estatísticas de dados reais (fotos e textos de jornais locais e cartas sinóticas) e de dados de Reanálise do NCEP, identificar os eventos de erosão severa relacionados à ocorrência de marés meteorológicas na orla de Salvador, no período de 1965 a 2006. Os resultados mostram que a maior parte dos eventos erosivos parece estar associada à ocorrência de marés meteorológicas, com grande potencial destrutivo. Este estudo permitiu constatar que quando da ocorrência de marés de sizígia coincidindo com a chegada de frentes frias e/ou o acoplamento de uma alta pressão a um cavado, nos baixos níveis da atmosfera, e quando associados a estes, ocorrem ventos predominando de S e SE, esta conjunção favorece a sobrelevação da altura e do alcance das ondas ao longo da costa, bem como o transporte de Ekman, através do empilhamento de água contra a costa. Os eventos erosivos apresentaram uma variação sazonal, concentrados nas estações de outono e inverno, com as máximas freqüências nos meses de março, maio e julho, coincidindo com as ocorrências das grandes marés equinociais e a maior freqüência de frentes frias chegando ao litoral de Salvador. Constatou-se ainda, uma correlação de 55% entre os episódios frios do fenômeno ENOS (La Niña) e os eventos erosivos que ocorreram sob a atuação dos sistemas acoplados de alta pressão e cavado.

Abstract

The coastline of Salvador has a total of 20 beaches, from which 14 are facing the open sea, in the east sector of the Brazilian northeast, influenced by the Atlantic Ocean, while the others are located inside the Todos os Santos Bay. A great part of these beaches, approximately 65%, was or is being affected by severe coastline erosion episodes (with economic losses), which are intrinsically related to natural and human or antropic actions, since the impacts on the tourism is noticed in practically all the urban region of the coastline sector. Such impact is easily observed through the forward movement to the coastline of small to medium constructions, which suffer the consequences of the lack of correct handling. This is phenomenon causes economic losses, sometimes of a great extent, to private or public properties. However, little is known about the local natural forcing mechanisms. Due to this deficiency, this study aims, through the analysis and real data statistics (photos, newspapers texts and synoptic letters) and the NCEP reanalysis data, to identify the severe erosion events related to the meteorological tide occurrences on the coastline of Salvador, from 1965 to 2006. The results show that most part of the erosive events seems to be associated to the meteorological tide occurrences with great destructive potential. This study allowed us to realize that when spring tides occur and coincide with the arrival of cold fronts and/or the joint of high pressure to a trough in the low levels of the atmosphere and when, associated to this, winds come from the south and southeast, this conjunction enables over elevations of the height and reach of the ocean waves throughout the coast, as well as the Ekman transport, through the pilling of water against the coast. These erosive winds have shown a seasonal variation, concentrated in the autumn-winter seasons, with maximum frequencies in March, May and July, coinciding with the high equinoctials tides and the higher frequency of cold snaps reading the coastline of Salvador. A correlation of 55% was also perceived between the cold episodes of the ENOS (La Niña) phenomenon and the erosive winds occurring under the action of the high pressure and trough joint systems.

Índice

Dedicatória.....	i
Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas.....	xvii
Índice de Fotos.....	xviii
Índice de Manchetes.....	xx
Abreviações.....	xxi
1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - Objetivos Principais.....	3
2 – ÁREA DE ESTUDO.....	4
2.1 - Características Geológico-fisiográficas e Morfodinâmicas.....	5
2.1.1 – Batimetria.....	6
2.2 – Aspectos Gerais da Circulação Costeira.....	6
2.3 – Caracterização do Clima.....	7
2.4 – Caracterização do Clima de Ondas.....	8
3 – EMBASAMENTO TEÓRICO.....	9
3.1 – Marés Meteorológicas.....	9
3.1.1 – A Influência da Pressão Atmosférica e dos Ventos.....	10
3.1.2 – A Influência das Ondas de Gravidade.....	13
3.2 – Sistemas Meteorológicos de Média e Larga Escala.....	15
3.2.1 – Sistemas Frontais.....	17

3.2.2 – Distúrbios Ondulatórios de Leste.....	19
3.2.3 – Brisa Marítima.....	20
3.3 – Fenômenos Climáticos.....	20
4 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
4.1 – Metodologia Utilizada.....	23
4.1.1 – Caracterização dos Eventos Erosivos.....	23
4.1.2 – Diagnóstico da Circulação Atmosférica.....	24
4.1.3 – Estudo de Caso para os Cenários.....	24
5 – RESULTADOS.....	26
5.1 – Caracterização Geral dos Eventos Erosivos.....	26
5.2 – Modelo Conceitual para os Eventos Erosivos.....	32
5.2.1 – Condições de Maré.....	38
5.2.2 – Condições Atmosféricas e os Padrões Sinóticos.....	39
5.2.2.1 – Padrões Sinóticos - Cenário 1A.....	41
5.2.2.2 – Padrões Sinóticos - Cenário 1B.....	43
5.2.2.3 – Padrões Sinóticos - Cenário 2A.....	45
5.2.2.4 – Padrões Sinóticos - Cenário 2B.....	47
5.2.3 – Ondas.....	49
5.2.3.1 – Climatologia de Ondas.....	49
5.2.3.2 – Diagrama de Refração de Ondas.....	52
5.2.4 – Fenômenos Interanuais.....	53
6 – ESTUDO DE CASO.....	57
6.1 – Evento Erosivo de 15 a 19/03/84 (Cenário 1A).....	58
6.2 – Evento Erosivo de 22 a 25/05/75 (Cenário 2A).....	65
7 – DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES.....	72
7.1 – Discussões.....	72
7.1.1 – Eventos Erosivos.....	72
7.1.2 – Marés.....	72
7.1.3 – Padrões Atmosféricos.....	73

7.1.3.1 – Cenários 1A e 1B.....	74
7.1.3.2 – Cenários 2A e 2B.....	74
7.1.4 – Padrões Oceanográficos.....	75
7.1.4.1 – Clima de Ondas.....	76
7.1.5 – Fenômenos Interanuais.....	77
7.2 – Considerações Finais.....	78
8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXO I	90
ANEXO II	114

Índice de Figuras

2.1	Mapa da costa de Salvador, onde as praias são definidas por: Roma (1), Cantagalo (2), Calçada (3), São Joaquim (4), Gâmbua e Unhão (5), Barra (6), Ondina (7), Rio Vermelho (8), Amaralina (9), Pituba (10), Jaguaribe (11), Piatã (12), Placaford (13) e Itapuã (14).....	4
3.1	Índice de variabilidade da precipitação para o período de 1979-1997.....	16
3.2	Esquema típico de formação de nebulosidade convectiva localizados entre as latitudes de 25°-20°S (a) e ao norte de 20°S (b), respectivamente.....	18
5.1	Seqüência de fotos que evidenciam os danos causados durante alguns dos eventos erosivos observados ao longo da série de 1965 a 2006.....	30
5.2	Frequência de ocorrência de eventos erosivos localizados por praias na orla de Salvador no período de 1965 a 2006.....	31
5.3	Frequências mensais de erosão com danos no período de 1965 a 2006.....	32
5.4	Percentual das fases de marés ao longo do ano no período de 1965 a 2006.....	38
5.5	Máxima altura de maré prevista no dia da erosão para as respectivas condições de marés de Sизіgia (S), Quadratura (Q) e Transição (T), comparada com a média das máximas alturas de maré para o porto de Salvador.....	39
5.6	Média climatológica mensal da velocidade do vento à superfície em Salvador para o período de 1975 a 1998.....	41
5.7	Idealização do padrão sinótico observado em Salvador durante os eventos erosivos do Cenário 1A.....	43
5.8	Idealização do padrão sinótico observado em Salvador durante os eventos erosivos do Cenário 1B.....	45
5.9	Idealização do padrão sinótico observado em Salvador durante os eventos erosivos do Cenário 2A.....	47
5.10	Idealização do padrão sinótico observado em Salvador durante os eventos erosivos do Cenário 2B.....	49
5.11	Climatologia da direção da onda (°) ao longo do ano para a área costeira de Salvador, representada pelo percentual de ocorrência em cada direção.....	50

5.12	Climatologia para o período de onda (s) ao longo do ano para a área costeira de Salvador, representada pelo percentual de ocorrência em cada faixa de período.....	51
5.13	Climatologia para a altura significativa da onda (m) ao longo do ano para a área costeira de Salvador, representada pelo percentual de ocorrência em cada faixa de período.....	52
5.14	Diagrama de refração de ondas para a orla de Salvador para ondas com período de 6,5 segundos e altura de 2,0m e direção de SE.....	53
5.15	Frequência anual de ocorrência de eventos erosivos e padrão de TSM's do Pacífico Equatorial Central para os anos com ocorrência de El Niño, La Niña e Neutro.....	55
6.1	Variação média das componentes zonal (a) e meridional (b) a 10 m, para a área localizada entre as coordenadas de (39,5°W, 14,0°S) e (37,0°W, 12,5°S) durante o PE de 15 a 19/03/84.....	59
6.2	Média e desvio padrão das componentes zonal (a) e meridional (b) a 10 m, durante o PE de 15 a 19/03/84.....	60
6.3	Variação média da pressão ao nível médio do mar (mb) durante o PE de 15 a 19/03/84.....	61
6.4	Cartas sinóticas de superfície às 12Z para os dias: (a) 15/03 – dois dias antes da erosão, (b) 16/03 - um dia antes da erosão, (c) 17/03 e (d) 18/03 – dias de erosão, e (e) 19/03 - um dia após a erosão.....	62
6.5	Altura significativa da onda (a), (b) e (c) e período da onda (d), (e) e (f) no dia anterior (16/03) à erosão e nos dias da erosão (17 e 18/03). Intervalo de contorno na Figura a igual a 0,6, b e c de 0,4 m e d, e, f igual a 1s, respectivamente (ERA-40/ECMWF).....	64
6.6	Variação média das componentes zonal (a) e meridional (b) a 10 m, para a área localizada entre as coordenadas de (39,5°W, 14,0°S) e (37,0°W, 12,5°S) durante o PE de 22 a 26/05/75.....	66
6.7	Média e desvio padrão das componentes zonal (a) e meridional (b) a 10 m, durante o PE de 22 a 26/05/75.....	67
6.8	Variação média da pressão ao nível médio do mar (mb) durante o PE de 22 a 26/05/75.....	67
6.9	Cartas sinóticas de superfície às 12Z para os dias: (a) 22/05 - dois dias antes da erosão, (b) 23/05 - um dia antes da erosão, (c) 24/05 e (d) 25/05 – dias de erosão, e (e) 26/05 - um dia após a erosão.....	69

6.10	Altura significativa da onda (a), (b) e (c) e período da onda (d), (e) e (f) no dia anterior (23/05) à erosão e nos dias da erosão (24 e 25/05). Intervalo de contorno na Figura a e c igual a 0,5 e b de 0,4 e d, e, f igual a 1s, respectivamente (ERA-40/ECMWF).....	71
A2.1	Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 03 a 07/06/69.....	116
A2.2	Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 15 a 19/03/84.....	116
A2.3	Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 12 a 16/07/88.....	117
A2.4	Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 08 a 12/07/94.....	117
A2.5	Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 18 a 21/04/96.....	118
A2.6	Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 05 a 10/09/06.....	118
A2.7	Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 03/06 a 07/06/69.....	120
A2.8	Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 15/03 a 19/03/84.....	121
A2.9	Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 12/07 a 16/07/88.....	122
A2.10	Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 08/07 a 12/07/94.....	123
A2.11	Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 18/04 a 21/04/96.....	124
A2.12	Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 05/09 a 10/09/06.....	125

A2.13	Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 27 a 30/08/80.....	127
A2.14	Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 07 a 10/03/94.....	127
A2.15	Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 21 a 25/07/96.....	128
A2.16	Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 16 a 19/09/01.....	128
A2.17	Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 24 a 27/05/02.....	129
A2.18	Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 21 a 24/09/05.....	130
A2.19	Varição média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 27/08 a 30/08/80.....	131
A2.20	Varição média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 07/03 a 10/03/94.....	132
A2.21	Varição média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 21/07 a 25/07/96.....	133
A2.22	Varição média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 16/09 a 19/09/01.....	134
A2.23	Varição média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 24/05 a 27/05/02.....	135
A2.24	Varição média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 21/09 a 24/09/05.....	136
A2.25	Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 17 a 20/07/67.....	138
A2.26	Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 22 a 26/05/75.....	138
A2.27	Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 27 a 31/05/75.....	139

A2.28	Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 31/07 a 03/08/88.....	139
A2.29	Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 08 a 11/03/97.....	140
A2.30	Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 27 a 30/03/99.....	140
A2.31	Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 13 a 16/05/99.....	141
A2.32	Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 26 a 29/09/99.....	141
A2.33	Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 21 a 24/03/01.....	142
A2.34	Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 17/07 a 20/07/67.....	143
A2.35	Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 22 a 26/05/75.....	144
A2.36	Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 27 a 31/05/75.....	145
A2.37	Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 31/07 a 03/08/88.....	146
A2.38	Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 08/03 a 11/03/97.....	147
A2.39	Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 27/03 a 30/03/99.....	148
A2.40	Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do	

vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 13/05 a 16/05/99.....	149
A2.41 Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 26/09 a 29/09/99.....	150
A2.42 Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 21/03 a 24/03/01.....	151
A2.43 Cartas sinóticas referente ao período de 30/06 a 03/07/74.....	153
A2.44 Cartas sinóticas referente ao período de 04 a 07/04/81.....	153
A2.45 Cartas sinóticas referente ao período de 01 a 04/08/85.....	154
A2.46 Cartas sinóticas referente ao período de 16 a 19/08/93.....	154
A2.47 Cartas sinóticas referente ao período de 15 a 18/04/95.....	155
A2.48 Cartas sinóticas referente ao período de 04 a 07/03/96.....	155
A2.49 Cartas sinóticas referente ao período de 30/07 a 02/08/96.....	156
A2.50 Cartas sinóticas referente ao período de 10 a 13/09/96.....	156
A2.51 Cartas sinóticas referente ao período de 21 a 25/05/01.....	157
A2.52 Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 30/06 a 03/07/74.....	158
A2.53 Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 04/04 a 07/04/81.....	159
A2.54 Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 01/08 a 04/08/85.....	160
A2.55 Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do	

vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 16/08 a 19/08/93.....	161
A2.56 Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 15/04 a 18/04/95.....	162
A2.57 Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 04/03 a 07/03/96.....	163
A2.58 Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 30/07 a 02/08/96.....	164
A2.59 Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 26/09 a 29/09/99.....	165
A2.60 Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5°W, 14,0°S e 37,0°W, 12,5°S), Média e Desvio Padrão das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 21/05 a 25/05/01.....	166

Índice de Tabelas

5.1	Eventos erosivos severos ao longo da orla de Salvador com o tipo de dano associado.....	28
5.2	Eventos erosivos distribuídos nos cenários sinóticos 1A, 1B, 2A e 2B.....	35
5.3	Resumo das forçantes meteorológicas e oceanográficas para os eventos severos de erosão em Salvador durante o período de 1965-2006, onde FF - Frente Fria, AP - Alta Pressão e CV – Cavado nos Baixos Níveis da Atmosfera.....	37
5.4	Intensidade do Fenômeno ENOS durante os anos de eventos erosivos.....	54
5.5	Fenômenos La Niña (L), El Niño (E) e Neutro (N) agrupados por cenários sinóticos com o tipo de maré correspondente de Sizígia (S), Transição (T) e Quadratura (Q).....	56
6.1	Máximos valores observados da altura e período da onda no dia anterior à erosão 16/03/84 (AE) e nos dias da erosão 17 e 18/03/84 (DE) com os respectivos horários de ocorrência.....	63
6.2	Máximos valores observados da altura e período da onda no dia anterior à erosão 23/05/75 (AE) e nos dias da erosão 24 e 25/05/75 (DE) com os respectivos horários de ocorrência.....	70

Índice de Fotos

6.1	(a) Calçada destruída próximo à Biblioteca Juracy Magalhães Júnior no Rio Vermelho, (b) muro danificado do Clube do Português na Pituba, (c) destruição de um barco pesqueiro no Rio Vermelho e (d) barraca de praia destruída no Rio Vermelho.....	58
6.2	(a) Muro e balaustrada destruídos na Barra, (b) calçada destruída na Pituba (c) e (d) danos à estrutura do emissário submarino no Rio Vermelho.....	65
A1.1	Jornal A Tarde 20/07/67: - a mais forte ressaca.....	91
A1.2	Jornal Estado da Bahia 06/06/69: (a) - cidade acorda inundada por tromba d'água e Jornal A Tarde 07/06/69: (b) - conseqüências do temporal.....	92
A1.3	Jornal A Tarde 03/07/74 - nunca fez tanto frio em salvador.....	93
A1.4	Jornal A Tarde 30/08/80 - prejuízo de 2 milhões com a ressaca de ontem.....	94
A1.5	Jornal A Tarde 07/04/81 - casas do rio vermelho são invadidas pelo mar.....	96
A1.6	Jornal A Tarde 26/05/75: (a) e (b) - ressaca derruba amurada na barra e Jornal A Tarde 27/05/75: (c) e (d) - massa do pólo sul causa chuvas e frio na cidade.....	97
A1.7	Jornal A Tarde 30/05/75: (a) - mar violenta amedronta até os velhos pescadores e Jornal A Tarde 31/05/75: (b) - prefeitura não reconstrói trecho que o mar destruiu.....	98
A1.8	Jornal A Tarde 18/03/84: (a) e (b) - forte ressaca e temporal causam abalos em Salvador e Jornal A Tarde 19/03/84: (c) e (d) - mar causa estragos e agora está mais calmo.....	99
A1.9	Jornal A Tarde 06/08/85 - novas barracas na orla estão quase caindo.....	101
A1.10	Jornal A Tarde 15/07/88 - chuva e vento surpreende a cidade.....	101
A1.11	Jornal A Tarde 04/08/88 - inverno ainda será de muita chuva.....	102
A1.12	Jornal A Tarde 18/08/93 - ressaca ameaça barracas.....	102
A1.13	Jornal A Tarde 10/03/94: (a) - águas de março já assustam e Jornal A Tarde 12/03/1994: (b) - maré de março causa prejuízos a barraqueiros e Pescadores.....	103
A1.14	Jornal A Tarde 18/04/1995 - meteorologista prevê uma nova frente-fria.....	104
A1.15	Jornal A Tarde 24/07/1996: (a) - ressaca danifica cinco barcos e Jornal A Tarde 25/07/1996: (b) - risco de uma nova frente-fria.....	105
A1.16	Jornal A Tarde 02/08/1996 - maré alta e ventos fortes estão assustando os baianos.....	106

A1.17	Jornal A Tarde 11/03/1997 - mar destrói calçadão novamente em Itapuã.....	107
A1.18	Jornal Correio da Bahia 04/05/1999 (refere-se a erosão ocorrida em 29/03/1999) - barracas ameaçadas pela maré mantêm funcionamento.....	107
A1.19	Jornal Correio da Bahia 29/09/1999 - ondas destroem muro de contenção na orla e causam prejuízos.....	108
A1.20	Jornal A Tarde 25/03/2001: (a) e (b) - ressaca surpreende e destrói barracas.....	109
A1.21	Jornal A Tarde 25/05/2001 - ciclone é responsável pela ressaca nas praias baianas.....	110
A1.22	Jornal A Tarde 19/09/2001 - fúria do vento fez estragos em Salvador.....	110
A1.23	Jornal A Tarde 27/05/2002 - vento forte provoca ressaca do mar.....	111
A1.24	Jornal A Tarde: 24/09/2005 – calçada danificada pela maré, entre as praias de Placaford e Itapuã, ameaça área de barracas onde ficam banhistas.....	112
A1.25	Jornal A Tarde 09/09/2006: (a) – ressaca danifica 11 barracas de praia e Jornal A Tarde 10/09/2006: (b) – ressaca do mar foi a pior dos últimos 20 anos-destruição em vários trechos da orla.....	113

Índice de Manchetes

A1.1	Jornal A Tarde 27/04/71 – ressaca destrói dez casas.....	93
A1.2	Jornal A Tarde 28/04/71 – maré alta, principal causa de catástrofe.....	93
A1.3	Jornal A Tarde 12/07/1994 - chuvas fortes e ventos de até 60 km/h prejudicam Salvador.....	103
A1.4	Jornal A Tarde 07/03/1996 - violência da maré de março já está causando estragos na orla.....	104
A1.5	Jornal A Tarde 21/04/1996 - previsão de vento forte e chuva nas próximas horas.....	104
A1.6	Jornal A Tarde 13/09/1996 - mar destrói barracas e causa grandes prejuízos em Placaford.....	106
A1.7	Jornal Correio da Bahia 16/05/1999 - na orla, vários coqueiros e várias barracas foram atingidas pela fúria do vento e do mar.....	108

Abreviações

AP: Alta Pressão

ASAS: Alta Subtropical do Atlântico Sul

BA: Bahia

BTS: Baía de Todos os Santos

BAHIATURSA: Empresa de Turismo da Bahia S/A

CV: Cavado (Centro de Baixa Pressão)

CPTEC: Centro de Previsão e Estudos Climáticos

DHN: Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil

DJF: Dezembro, Janeiro e Fevereiro

E: Leste

ECMWF: European Centre for Medium – Range and Weather Forecast

ENE: Lés-Nordeste

ENSO: El Niño/Oscilação Sul

ERA-40: Dados Climáticos de Reanálises do ECMWF para 40 anos (1979-2001)

ESE: Lés-Sueste

EUA: Estados Unidos da América

FF: Frente Fria

FUNCEME: Fundação Cearense de Meteorologia

GRADS: Grid Analysis and Display System

HS: Hemisfério Sul

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia

INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

JJA: Junho, Julho e Agosto

MAM: Março, Abril e Maio

MMA/UFRJ/FUJB/LAGET/UFRS: Macrodiagnóstico da Zona Costeira do Brasil na Escala da União/PNMA - Programa Nacional do Meio Ambiente

NCEP: National Centers for Environmental Prediction

NE: Nordeste

NEB: Nordeste do Brasil

NNO: Nor-Noroeste
NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration
NW: Noroeste
PE: Período Erosivo
PEL: Pacífico Equatorial Leste
PNM: Pressão atmosférica ao nível médio do mar
PR: Paraná
RJ: Rio de Janeiro
RNA: Rede Neural Artificial
S: Sul
SC: Santa Catarina
SE: Sudeste
SON: Setembro, Outubro e Novembro
SP: São Paulo
SSE: Su-Sueste
SW: Sudoeste
TSM: Temperatura da Superfície do Mar
UTC: Universal Time Greenwich
W: Oeste
ZCAS: Zona de Convergência do Atlântico Sul

1 – Introdução

Metade da população brasileira reside a não mais de 200 km do mar, o que equivale a um efetivo de mais de 70 milhões de habitantes, cuja forma de vida impacta diretamente os ambientes litorâneos (MMA/UFRJ/FUJB/LAGET/UFRS, 1996). O crescimento demográfico no Brasil ocorre paralelo à taxa de urbanização, fenômeno mais acentuado nas zonas costeiras, onde as cidades crescem em todos os níveis de hierarquia urbana.

No Brasil, um dos fatores atualmente mais importantes e impactantes na região costeira é a atividade turística, que tem se intensificado nas últimas décadas. Um outro fator bastante significativo neste sentido é a proliferação das chamadas “segundas-residências” ou casas de veraneio de alto padrão. O governo brasileiro percebeu como é promissora esta zona e começou a fornecer suporte turístico através da implementação de infra-estrutura e investimentos, que inserem e qualificam o litoral brasileiro na rota dos fluxos turísticos internacionais. Nesse contexto, com o propósito de atrair os turistas e veranistas, têm sido também construídas uma série de facilidades de apoio às comunidades que foram surgindo na região costeira como comércio, estruturas de lazer e estradas, entre outros. Dentre estas facilidades, exclusivamente de origem antrópica, podem-se destacar as atividades de lazer como uma das mais impactantes, haja visto que estas têm sido inseridas de forma invasiva nos espaços litorâneos (Calliari et al., 1998; Speranski e Calliari, 2000; Pivel et al., 2002; Silva, 2004). Alguns autores (Neves & Muehe, 1995; Komar, 1998; Neves 2003) apontaram as obras de proteção costeira tais como; muros de contenção, quebra-mares, molhes, entre outras, muito comuns ao longo das praias nos dias atuais, como sendo estruturas de estabilização rígidas e inadequadas, devido aos consequentes impactos por elas causados, principalmente no que diz respeito às mudanças dinâmicas das praias, que muitas vezes interferem no balanço de sedimentos, acarretando acúmulo ou déficit de sedimentos ao longo da costa.

As zonas costeiras são por definição as interfaces entre o oceano e o continente e suas características físicas e dinâmicas estão em constante modificação. A ação contínua do mar nestas regiões provoca processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos, fazendo assim com que a linha de costa esteja em constante alteração. Associado a isto, o impacto da atividade humana nestas zonas é muito elevado e muitas vezes se sobrepõe à ação dos agentes naturais agravando, por exemplo, os efeitos da erosão no espaço costeiro (Dominguez e Bittencourt, 1996; Serau e Calliari, 1997; Komar, 1998; Haslett, 2000; Pivel et al., 2002; Tessler e Goya, 2005). Em

relação à costa atlântica de Salvador, existem inúmeras praias de grande beleza natural, representando uma boa opção de lazer para a sua população de 2,7 milhões de habitantes, bem como para os turistas, o que inclui Salvador no ranking nacional como um dos maiores pólos turísticos do Brasil (BAHIATURSA, 2007). Para atender à crescente demanda turística, a região costeira da cidade de Salvador está altamente urbanizada, na forma de construções civis, sejam de origem pública ou privada, como calçadas, vias de transporte, barracas de praia, muros de contenção e, por vezes, praças entre outros, que foram, e atualmente continuam sendo, construídas sem um conhecimento adequado da dinâmica costeira local. Muitas vezes, estas obras se encontram em áreas de risco eminente, devido à proximidade da linha de preamar de sizígia, acarretando muitas vezes prejuízos econômicos como consequência da erosão neste setor.

Um dos trabalhos pioneiros no nordeste do Brasil, e que faz uma abordagem regional sobre a problemática da erosão costeira, foi realizado por Dominguez e Bittencourt (1996). Este estudo avaliou a tendência de longo prazo da erosão ao longo de toda a costa Nordeste, identificando dois trechos com distintos padrões de balanço de sedimentos: a) de Caravelas, no sul do Estado da Bahia, até a desembocadura do rio São Francisco, onde o balanço de sedimentos é positivo, com uma tendência geral de progadação da linha de costa, e b) da desembocadura do rio São Francisco até os Lençóis Maranhenses, onde o balanço é negativo, com uma tendência geral de erosão e/ou equilíbrio da linha de costa. Por fim, os autores concluíram que a erosão costeira no nordeste brasileiro parece estar intrinsecamente relacionada ao balanço de sedimentos, aparentemente sem ter relação com a subida do nível do mar, como sugerido por Neves & Muehe, 1995. Posteriormente, a partir da modelagem numérica de diagramas de refração de ondas, Bittencourt et al. (2000, 2005) definiram, respectivamente, em escala regional, os padrões de dispersão de sedimentos de longo prazo ao longo da costa do Estado da Bahia e do nordeste brasileiro. Nessa modelagem, esses autores relacionaram os trechos com erosão a: i) zonas de divergência no sentido da deriva litorânea efetiva de sedimentos ou ii) zonas em que há um aumento na intensidade potencial da deriva efetiva no sentido de sotamar. Em relação à costa Atlântica de Salvador, esses autores identificaram uma célula de deriva efetiva com sentido de nordeste para sudoeste. Tal célula apresenta um aumento na intensidade potencial da deriva no sentido de sotamar, havendo, portanto, ao longo desse trecho costeiro, um déficit de sedimentos de longa duração.

Recentemente, Medeiros (2005) e Bittencourt et al. (2008) analisaram uma série histórica de 14 anos (1990-2003), através de registros em jornais, sobre a ocorrência de eventos severos de

erosão costeira em Salvador (com prejuízos econômicos), tendo sugerido uma correlação entre os mesmos e as denominadas ressacas marinhas, caracterizadas por fortes ventos e grandes ondas, associadas às chegadas episódicas de frentes frias. Na Região Sudeste do país, estes fenômenos estão quase sempre associados à penetração de frentes frias (Marone e Camargo, 1994; Calliari et al., 1998; Truccolo et al., 2004).

Os resultados alcançados por Medeiros (2005) e Bittencourt et al. (2008) foram os seguintes: a) os episódios de erosão severa ocorreram em regiões de focos de convergência de ondas provenientes do quadrante sudeste; b) 80% dos eventos ocorreram em períodos de marés de sizígia, sendo que 40% em períodos equinociais; e c) em 95% dos casos, os ventos foram provenientes do quadrante sudeste.

1.1 - Objetivos Principais

O presente trabalho tem como objetivo principal avaliar o papel dos processos oceanográficos e atmosféricos atuantes na área em estudo como forçantes nos eventos de erosão costeira severa durante o período de 1965 a 2006.

Como objetivos específicos pretende-se:

1) Ampliar a série histórica de 1990-2003 (Medeiros, 2005), consultando exemplares do jornal “ A Tarde” nos períodos de 1965-1990 e 2003-2006, com o propósito de identificar os eventos de erosão costeira severa (com prejuízos econômicos) na orla atlântica de Salvador, como também na orla voltada para a Baía de Todos os Santos;

2) Caracterizar, analisar e classificar os sistemas atmosféricos responsáveis pela ocorrência de tais eventos;

3) Avaliar se fenômenos de larga escala, como El Niño e La Niña/Dipolo do Atlântico, exerceram alguma influência nos episódios de erosão na orla de Salvador;

4) Avaliar se os eventos de erosão costeira severa identificados na orla atlântica de Salvador ainda se mantêm nos mesmos focos de convergência de onda identificados por Medeiros (2005) e Bittencourt et al. (2008).

2 – Área de Estudo

O presente capítulo faz uma abordagem breve sobre a área de estudo e suas principais características, no que concerne aos aspectos geológicos, oceanográficos e climáticos.

A cidade de Salvador está localizada na costa leste do Nordeste Brasileiro (NEB), e a região de estudo apresenta-se descrita na Figura 2.1. O setor leste da cidade é banhado pelo Oceano Atlântico e, a oeste encontra-se a BTS. A orla de Salvador possui aproximadamente 50 km de extensão, estendendo-se da praia de Roma até a praia de Itapuã, ao norte da cidade. As praias de Salvador, onde foram verificadas ocorrência de erosão, foram apresentadas em ordem numérica, seguindo o critério de localização em dois setores:

- i) BTS incluindo as praias de 1 a 5 e
- ii) Costa Atlântica de Salvador incluindo as praias de 6 a 14.

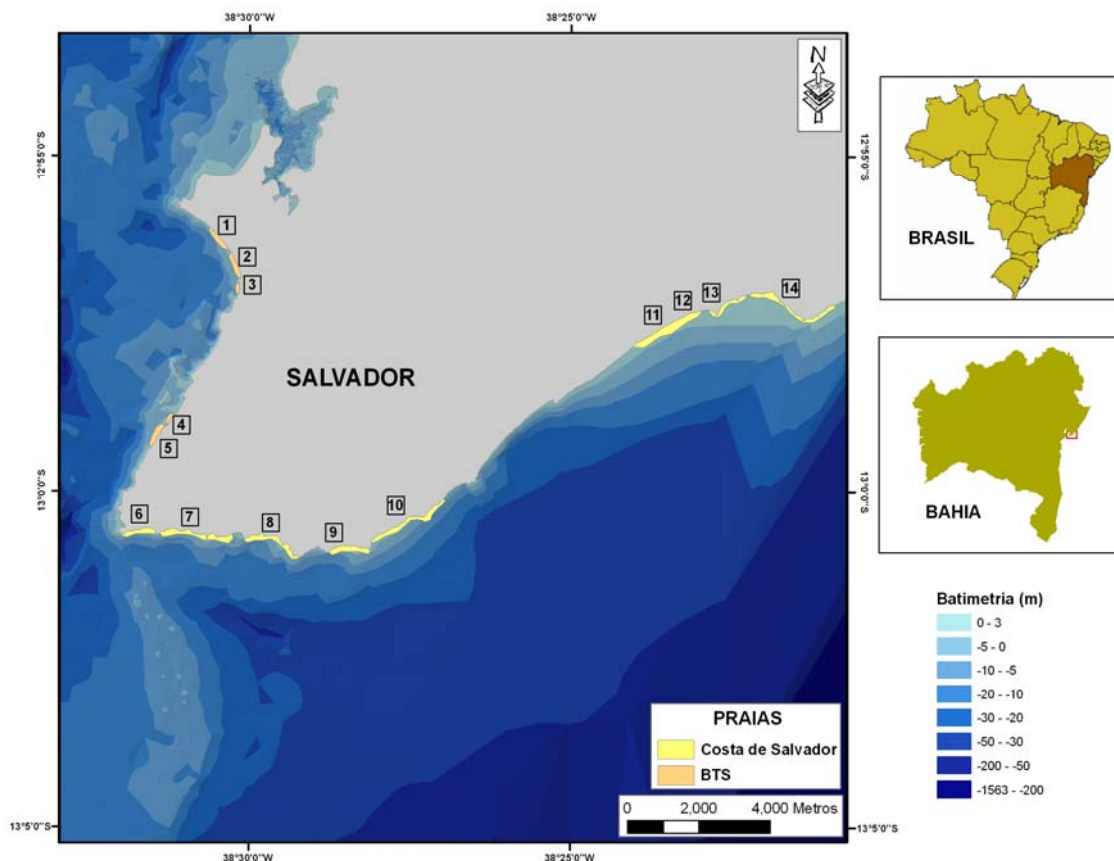


Figura 2.1 - Mapa da costa de Salvador, onde as praias são definidas por: Roma (1), Cantagalo (2), Calçada (3), São Joaquim (4), Gâmboia e Unhão (5), Barra (6), Ondina (7), Rio Vermelho (8), Amaralina (9), Pituba (10), Jaguaribe (11), Piatã (12), Placafor (13) e Itapuã (14).

2.1 - Características Geológico-fisiográficas e Morfodinâmicas

De uma maneira geral, a costa atlântica de Salvador (Bittencourt, 1975), apresenta, de maneira alternada, uma série de enseadas e promontórios rochosos, com as praias tendo largura variáveis (entre 10 e 40 m ao nível da baixamar). Segundo o autor acima as praias localizadas na região entre as praias da Barra e de Amaralina têm maiores declividades, entre 3 e 7°, são do tipo “praias de bolso” e apresentam, na face da praia e na antepraia, bancos de arenito e/ou rochas do embasamento cristalino. As praias situadas na região entre as praias de Amaralina e do Flamengo têm menor declividade, variando entre 2 e 3°, são praias mais longas e mais largas e que apresentam, localmente, na antepraia, bancos de arenito e/ou afloramentos do embasamento cristalino. Os sedimentos das praias entre a Barra e o Flamengo (praia situada a NE de Itapuã) são constituídos predominantemente de areias quartzosas, com granulometria variando de média a grossa (Figura 2.1).

Segundo Carvalho (2002), as praias da costa atlântica de Salvador são classificadas em dois tipos: intermediária e refletiva. As praias refletivas apresentam maior declividade com zonas de surfe pouco desenvolvidas, granulometria variando de média a grossa na zona de espriamento e apresentam ondas com alturas de quebra menores, enquanto que, as praias do tipo intermediárias, apresentam areias de granulometria fina a média e ondas com maiores alturas de quebra.

Com base na descrição de Anjos (2002), o litoral da BTS entre Roma e São Joaquim (Figura 2.1) é constituído por praias predominantemente do tipo refletivas, com baixa energia de ondas, marcadas pela presença de afloramentos de rochas do Cretáceo. Estas praias são constituídas de areias quartzosas/carbonáticas de granulometria variando de média a grossa. Entre São Joaquim e a Barra predominam costões rochosos do embasamento cristalino apresentando, localmente, pequenas praias arenosas e seixosas.

2.1.1 - Batimetria

A orla de Salvador (Figura 2.1) apresenta uma plataforma continental estreita (aproximadamente 10 km), com a quebra da mesma ocorrendo a cerca de 50 m de profundidade. Um banco arenoso raso com extensão de aproximadamente 5 km, disposto transversalmente à linha de costa, é encontrado na região defronte a praia da Barra se constituindo em uma significativa feição topográfica de fundo.

2.2 – Aspectos Gerais da Circulação Costeira

Cirano e Lessa (2007) caracterizaram a circulação oceânica na BTS e nas áreas adjacentes (plataforma interna de Salvador) e constataram que a circulação costeira, externa a BTS sofre variações sazonais, apresentando dois padrões distintos com uma corrente para sudoeste (SW) durante a estação seca (verão), e uma corrente para nordeste (NE) durante a estação chuvosa (inverno). Amorim (2005) verificou para a região da plataforma continental adjacente a Baía de Camamú (100 km ao sul da BTS), um padrão similar na circulação e atribuiu a isto a variabilidade dos ventos na costa ao longo do ano. Estas variações interferem diretamente nas oscilações sub-inercias observadas dentro destas regiões e no seu entorno e são principalmente impostas pelas forçantes meteorológicas. Cirano e Lessa (2007) constataram que durante o verão a BTS é mais protegida, devido principalmente à presença dos ventos de leste, e que as oscilações internas dentro da mesma não sofrem tanta interferência da plataforma continental. Em contrapartida no inverno, notadamente, existe um forte acoplamento entre estas oscilações e a circulação na plataforma interna e isso se verifica principalmente devido à alta frequência de frentes frias na costa da região, que ocasionam ventos de SE, incidindo sobre a costa e a BTS e alterando todo o padrão de circulação predominante.

Cirano e Lessa (2007) descreveram o regime de maré da BTS como sendo do tipo semi-diurna, com o número de forma variando entre 0,06, na parte mais interna da baía, a 0,11 na região oceânica adjacente. Analisando uma série temporal longa estes autores observaram que na costa atlântica de Salvador a máxima maré ocorre durante as grandes marés equinociais e atinge 2,7 m e que a maré astronômica explica aproximadamente, 97,5% da variância do sinal de elevação das marés, especialmente durante o inverno.

2.3 - Caracterização do Clima

A costa leste do NEB apresenta clima quente e úmido, típicos de região equatorial, onde se observam os maiores totais pluviométricos de toda a região durante o outono e o inverno, entre março a julho, com os picos máximos ocorrendo nos meses de abril e maio (1931-1990/INMET). Este regime apresenta grande variabilidade espacial e temporal e depende de mecanismos dinâmicos relacionados aos sistemas de circulação atmosférica em várias escalas, podendo-se destacar: os distúrbios ondulatórios de leste, linhas de instabilidades associadas às brisas marítimas, Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul e os sistemas frontais (Kousky e Chu, 1978; Kousky, 1980; Lima, 1991).

No setor leste do NEB observa-se que os ventos alísios de NE e SE predominam ao longo do ano, devido principalmente a sua posição geográfica e as oscilações sazonais dos ramos equatoriais dos Anticiclones Subtropical do Atlântico Norte e Sul, respectivamente para os Hemisférios Norte e Sul, e ainda pela zona de confluência do escoamento em baixos níveis (Lima, 1991). Bastos e Ferreira (2005) observaram o comportamento dos campos médios de ventos no Oceano Atlântico Sul e vizinhanças, utilizando médias sazonais para os trimestres dezembro, janeiro e fevereiro (verão) e junho, julho e agosto (inverno) no período de 1978 a 1997 e, constataram que durante o inverno, próximo à superfície, a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), localizada na latitude de 30°S e na longitude 0°, evidenciou o predomínio de ventos de SE no litoral leste do NEB, e ventos de E no Sul da Bahia. A configuração analisada revelou ainda que, o campo de vento sugere que o litoral leste do NEB se beneficia bastante com o transporte de vapor de água oriundo do Atlântico Sul, afetando portanto, o sistema de chuvas da região. No verão, os ventos de superfície são relativamente fracos, com o predomínio de ventos de NE em praticamente toda a costa do NEB, devido ao maior distanciamento da ASAS em relação ao continente.

2.4 - Caracterização do Clima de Ondas e Marés

As poucas informações relacionadas ao clima de ondas para a região de estudo estão vinculadas aos trabalhos de Medeiros (2005) e Bittencourt et al. (2008), que confeccionaram diagramas de refração para as mais significativas frentes-de-onda (Hogben e Lumb, 1967) que alcançam a costa atlântica de Salvador. Os autores identificaram os focos de convergência de onda, ou hotspots, que se tratam de trechos costeiros onde há uma significativa concentração da energia de onda, na situação de ondas oriundas do quadrante SE com altura em alto-mar de 2,0 m e período de 6,5 s. Tais ondas foram assumidas por Bittencourt et al. (2007) como relacionadas à chegada de frentes frias.

O regime de marés na orla de Salvador é semi-diurno e, segundo a classificação de Davis & Hayes (1984) é do tipo meso-marés. No setor referente à costa atlântica observa-se altura média da maré de 2,5 m, com as marés de sizígia apresentando amplitude média de 2,8 m, enquanto que para a Baía de Todos os Santos, Cirano e Lessa (2007) verificaram através de uma amostragem, que a mesma varia de 1,86 a 2,94 m.

3 – Embasamento Teórico

Os processos dinâmicos de interação oceano-continente-atmosfera são de extrema importância na busca dos agentes naturais forçantes da erosão costeira quando ocasionados por marés meteorológicas. Com base na literatura científica disponível, apresenta-se a seguir uma descrição dos principais mecanismos envolvidos neste processo, os quais serviram para pautar toda a construção do conhecimento e embasar as discussões dos resultados apresentados neste trabalho.

3.1 - Marés Meteorológicas

No Brasil, vários autores (Camargo e Harari, 1994; Marone e Camargo, 1994; Serau e Calliari, 1997; Calliari et al., 1998; Cazzoli et al., 2001; Pivel et al., 2002; Barletta e Calliari, 2002 e 2003; Saraiva et al., 2003; Calliari e Farias, 2003; Truccolo et al., 2004) observaram, através de estudos de marés meteorológicas para as regiões Sul e Sudeste, que alterações na circulação atmosférica podem causar aumento no nível do mar na costa e podem favorecer a erosão costeira, quando os seguintes fatores ocorrem simultaneamente:

- a) Intensificação da frente fria;
- b) Ventos fortes soprando do oceano para o continente, empilhando água contra a costa;
- c) Coincidência da maré meteorológica com uma grande amplitude da maré de sizígia ou maré equinocial.

Marone e Camargo (1994) observaram no porto de Paranaguá (Paraná), no período de sizígia, um aumento anormal do nível do mar atingindo 3,5 m, cerca de 80 cm acima da preamar prevista, e ocasionando o represamento de cerca de $4,8 \times 10^8 \text{m}^3$ de água, trazendo consequências destrutivas para a região costeira. Este fenômeno foi devido exclusivamente a efeitos de origem meteorológica, referente à combinação da passagem de uma frente fria sobre o oceano, associada a um centro de alta pressão sobre o continente.

As variações do nível médio do mar relacionadas à ocorrência de fenômenos atmosféricos são conhecidas na literatura como marés meteorológicas e podem ser identificadas nos registros de marégrafos após a remoção das marés regulares (maré prevista) (Pugh, 1987). As ressacas, ou “storms surges” são eventos específicos em que se observam as máximas variações

da elevação do nível do mar associadas às grandes inundações de áreas costeiras em períodos de maré de sizígia (Pore, 1973). Estas variações na elevação do nível do mar são decorrentes das variações da pressão atmosférica e das trocas de momentum entre a atmosfera e o mar. Segundo Girardi (1972) nem todos os sistemas frontais causarão marés meteorológicas, sendo necessário que haja uma conjunção de vários fatores, tais como marés equinociais e frentes frias, num dado instante e lugar para que provoquem o fenômeno.

As marés meteorológicas quando comparadas com as marés astronômicas podem ser consideradas oscilações de baixa frequência do nível do mar, e são sensivelmente percebidas nas zonas costeiras, devido principalmente a influencia direta que exercem através do aumento ou abaixamento das preamares e baixasmars, ao longo da costa em um dado local e instante. Estas marés são moduladas pelas forçantes meteorológicas e oceanográficas (Thompson, 1981, Truccolo, 2004; Oliveira et al., 2006 e 2007).

Após revisar vários trabalhos sobre variações do nível do mar, Komar e Enfield (1987) observaram que os padrões de marés mostram uma considerável variabilidade no tempo e no espaço numa escala de dias-ano, com mudanças no nível de água variando de 10-30 cm, alguns casos excedendo 100 cm. Esses autores consideraram que as elevações excedentes são ocasionadas pelas forçantes oceânicas e atmosféricas, incluindo variações na pressão atmosférica, velocidade e direção dos ventos, temperatura da água e correntes costeiras, o que é também o entendimento de Filippo (2003).

As principais forçantes diretas envolvidas no processo de desenvolvimento das marés meteorológicas são: pressão atmosférica, intensidade e direção dos ventos e as indiretas são transporte de Ekman e ondas oceânicas.

3.1.1 – A Influência da Pressão Atmosférica e dos Ventos

As variações na pressão atmosférica modificam a condição de equilíbrio no nível médio do mar, devido à relação inversa entre ambas, o que foi proposto por Proudman (1953) (apud Oliveira et al., 2006) através de um modelo teórico. O efeito da pressão atmosférica normalmente é estimado através da aproximação do barômetro invertido, em que o aumento de 1mb na pressão atmosférica corresponde a um abaixamento de 1cm no nível do mar, existindo assim uma resposta isostática do nível do mar ao ajuste no gradiente de pressão atmosférica (Pugh, 1987; Goring, 1995; Miranda et al., 2002; Bryant, 1988).

Uaissone (2004) verificou em Piraquara (RJ) que os picos máximos nas oscilações do nível do mar, correspondentes aos períodos de 3 a 6 dias e que ocorreram devido a eventos meteorológicos, quase sempre estiveram associados à passagem de sistemas frontais, os quais ocasionaram queda na pressão atmosférica. Em concordância com esse autor, Oliveira et al. (2006 e 2007), utilizando um modelo de Rede Neural Artificial (RNA) aplicado à Baía de Paranaguá (PR), conseguiram representar os efeitos causados pelas perturbações meteorológicas que influenciam o nível do mar e verificaram que as variáveis de pressão e vento, provocam variações no nível do mar, causando elevações ou abaixamento, afetando consideravelmente, dessa forma, a linha de costa. Um sistema meteorológico de baixa pressão localizado no mar, associado aos ventos de superfície, poderá favorecer o empilhamento de água em direção à costa, elevando o nível do mar. Alguns tipos de sistemas meteorológicos como ciclones, frentes frias, e ainda, a associação de ambos, podem ocasionar tempestades ou ressacas, que se propagarão sob a forma de ondas longas e que acarretam em sobrelevação do nível do mar num dado setor da costa ou, até mesmo, em vários setores simultaneamente (Oliveira et al., 2006 e 2007).

Camargo e Harari (1994) verificaram na região costeira de Cabo frio (RJ) sobrelevações de até 40 cm acima do nível do mar, associadas às forçantes meteorológicas durante marés de sizígia. Analogamente, Marone e Camargo (1994) constataram que em agosto/1983, nas imediações do porto de Paranaguá (PR), houve um aumento de 80 cm no nível do mar, durante um evento de maré meteorológica.

No caso dos ventos, Pore (1973) constatou que nas ocorrências de maré meteorológica o aumento da água causado pelo cisalhamento do vento na superfície da água resulta em duas componentes:

- i) uma, responsável pelo “set-up” da água na praia, que é diretamente proporcional à tensão do vento e inversamente proporcional à profundidade;
- ii) a segunda, corresponde à componente do vento paralela à costa que, devido ao efeito de rotação da terra, terá uma resultante perpendicular e à esquerda desta componente no Hemisfério Sul, o que poderá retirar ou empilhar água contra a costa (transporte de Ekman), conforme a direção do vento (Stewart, 2005).

Oliveira et al. (2007), aplicando dados de reanálise do National Centers for Environmental Prediction (NCEP) e comparando-os com dados de superfície para a Baía de Paranaguá, constataram as relações existentes entre os fenômenos atmosféricos e as respostas do mar e observaram que a componente meridional do vento mostrou ser diretamente influenciada pela orientação da costa e que ventos remotos, oriundos das regiões oceânicas, podem funcionar como

forçantes para as oscilações no nível do mar. Castro e Lee (1995) e Oliveira et al. (2007), em suas análises para a plataforma continental do Sul e Sudeste do Brasil, respectivamente, observaram que o vento não local também afetaria estas oscilações através da presença de ondas externas durante a ocorrência das marés meteorológicas.

Trucollo et al. (2004) estudaram a resposta das oscilações de baixa frequência do nível do mar a uma forçante meteorológica local, ao norte da Costa de Santa Catarina, e observaram que as marés meteorológicas superiores a 1m ocorreram durante marés equinociais de sizígia e que estes eventos apresentaram elevações extremas do nível do mar, com grande potencial destrutivo nas áreas próximas à costa. As principais forçantes responsáveis por estas oscilações foram a componente do vento ao longo da costa juntamente com as oscilações da pressão atmosférica (Trucollo et al., 1998).

Amorim (2005) verificou a significativa contribuição de sistemas atmosféricos de larga escala, durante o inverno, sobre a circulação local gerada pelos ventos na plataforma continental adjacente a Baía de Camamú (BA) e ressaltou que a intensificação da componente meridional durante as passagens destes sistemas, interfere significativamente no padrão do vento local, explicado através da correlação de 0,5 entre as oscilações sub-inerciais do nível do mar e a forçante do vento atuante na região da baía e de mar aberto.

Alguns estudos têm relacionado a combinação do vento e da pressão atmosférica à dinâmica na plataforma continental quando ocorrem oscilações de baixa frequência no nível do mar na região costeira (Schwing, 1992; Trucollo et al., 2004; Oliveira et al., 2006 e 2007).

Middleton e Cirano (1999), através de um modelo idealizado em que a tensão de cisalhamento do vento foi assumido como constante, e da ordem 0,1 Pa (para uma região onde o parâmetro de Coriolis apresentava-se três vezes superior ao valor observado em regiões de baixas latitudes) concluíram que a subsidência e a ressurgência costeira eram forçadas pelo vento na região da Austrália Bight, encontrando os valores de 14 e 12 cm, respectivamente para as situações de abaixamento e elevação da água na costa.

Trucollo (1998), utilizando um modelo de regressão linear múltiplo, observou em relação à região costeira de São Francisco do Sul – SC que uma parte das flutuações de baixa frequência no nível do mar são explicadas pelas variações atmosféricas, e verificou que aproximadamente 84% da variância da maré meteorológica está relacionada a estas variações para o domínio da frequência de ocorrência. A autora verificou ainda que essa variância é atribuída a uma resposta linear da condição meteorológica local, em função dos efeitos combinados da

pressão atmosférica e do seu próprio efeito dinâmico na interface oceano-atmosfera, bem como da tensão longitudinal do vento que ocorre através do mecanismo de Ekman.

3.1.2 – A Influência das Ondas de Gravidade

O transporte de água para a linha de costa durante as marés meteorológicas também se dá através de ondas geradas localmente e de ondas do tipo swell, em áreas próximas à costa, sendo que a configuração da linha de costa e a batimetria local induzem regiões de convergência/divergência da energia de ondas na própria costa (Pore, 1973).

A região de impacto das ondas ocorre na área da zona sublitorânea interna que, segundo Suguio (1998), é a porção mais próxima à praia da plataforma interna, compreendida entre a baixamar e a profundidade de 30 m. Nesta região, as ondas passam a interagir com o fundo, gerando turbulência e suspensão de sedimentos e, quando associadas às tempestades, adquirem grandes dimensões, que levam à inundação de áreas baixas, normalmente não atingidas pelas águas. Quando, eventualmente, ocorrerem em conjunção com forças gravitacionais ligadas a fatores astronômicos, terão um caráter mais destrutivo. A morfologia da costa também será determinante na interação dessas ondas com a linha de costa, podendo interferir no balanço de sedimentos.

A altura e a energia de onda em águas rasas são determinadas não somente pela forma da onda, mas também pela natureza da topografia de fundo dentro da plataforma interna. Assim, a altura da onda pode ser amplificada por processos de refração de onda, focando a energia de onda dentro de um trecho particular da linha de costa (Komar, 1976; Beer, 1983). A transformação das ondas, ao adentrarem as regiões de águas rasas, inicialmente se dá através da interação com o fundo, o que ocorre aproximadamente a partir da profundidade correspondente à metade do comprimento da onda (Komar, 1998). A partir daí, até o ponto de arrebentação, as ondas começam a refratar, sofrendo uma série de transformações progressivas na sua direção, comprimento, altura, e forma. Neste estudo, a abordagem se deterá apenas à refração. A refração de ondas ocorre quando as isóbatas apresentam direções diferentes das cristas das ondas. Assim, a parte da crista da onda que passa sobre a zona mais profunda, apresenta uma velocidade horizontal maior, em função de uma menor fricção com o fundo, ocasionando, portanto, a rotação desta parte da crista em torno da zona mais rasa (Komar, 1998). Como consequência, desse processo, a trajetória da onda passa a se modificar progressivamente, ao tempo em que a crista

passa a se ajustar geometricamente à batimetria local (Bascom, 1953). A refração pode provocar a convergência das ondas de encontro às feições que representam relevos submarinos positivos, em relação à sua vizinhança, como promontórios, bancos de areia, entre outros, concentrando a energia e provocando uma sobrelevação na altura de quebra das ondas. A refração também pode provocar o oposto, ou seja, uma divergência das ondas, que acontece quando estas passam sobre feições que representam um relevo negativo em relação à sua vizinhança, como enseadas, canais, depressões, entre outros, resultando numa dispersão de energia com a conseqüente redução na altura das ondas (Bascom, 1953; Komar, 1998).

A determinação das características das ondas no início da zona de arrebentação é normalmente efetuada através de modelos de refração-difração que utilizam condições de contorno e informações de ondas medidas em pontos com lâminas da água superiores.

O papel do clima de ondas nos padrões de dispersão de sedimentos ao longo da linha de costa, e de suas conseqüências no modelo da linha de costa foi discutido por alguns autores (Komar, 1976; Speranski e Calliari, 2000; Bittencourt et al., 2000, 2003 e 2005; Allan et al., 2003 e Medeiros, 2005), os quais reconheceram a importância de se definir os locais: a) de convergência da energia de onda, b) de divergência no sentido da deriva litorânea efetiva de sedimentos e c) de aumento da intensidade da deriva no sentido de sotamar ao longo de uma linha de costa, para que se possa, dessa forma, identificar os trechos costeiros propensos à erosão.

A fisiografia da linha de costa, a geomorfologia e o padrão de dispersão sedimentar, dentro do ambiente praiar, interagem com os elementos hidrodinâmicos, podendo modificar a ação inicial das ondas costeiras (Carvalho, 2002). Na costa atlântica de Salvador, Carvalho (2002) verificou que a fisiografia apresenta quatro segmentos distintos, que se caracterizam por apresentarem diferentes direções de linha de costa, além de possuírem diferentes quantidades de afloramentos de rochas pré-cambrianas, ao longo das praias e das zonas de surfe. Estes dois fatores, além de alterarem a paisagem interferem no padrão hidrodinâmico da zona de surfe. O papel dos ventos é crucial na geração de ondas que irão se propagar em todas as direções incidindo e quebrando nas zonas costeiras. Os ventos ao encontrar a superfície dos oceanos causam turbulência, transferindo parte de sua energia para a água, que se propaga então sob a forma de ondas, estas por sua vez, dependem das características de velocidade e da duração dos ventos sobre a área de incidência, que é conhecida como pista (Komar, 1998). Quando os ventos incidem diretamente sobre a zona costeira podem modificar as ondas, tanto aquelas geradas em alto-mar quanto as correntes geradas por estas ondas, dentro da zona de surfe (Carvalho, 2002). Davis & Fox, 1972 apud (Carvalho,

2002) demonstram que os ventos costeiros podem aumentar ou diminuir a altura de quebra das ondas e conseqüentemente, a velocidade das correntes dentro da zona de surfe.

A ocorrência de brisas marinhas também pode alterar uma série de parâmetros oceanográficos da zona de surfe, como: a altura, o período, a direção e o tipo das ondas, além da velocidade e da direção das correntes, bem como a largura da zona de arrebentação, e por conseqüência, toda a morfodinâmica praial, podendo inclusive modificar o estágio morfodinâmico da praia, assemelhando-se às vezes aos efeitos causados por uma tempestade de nível médio (Masselink & Pattiaratchi, 1998 apud Carvalho, 2002).

3.2 – Sistemas Meteorológicos de Média e de Larga Escala

A variabilidade climática do NEB é resultado da ação combinada de vários sistemas meteorológicos e das variações na intensidade e posição das circulações de Hadley e Walker (Nobre e Molion, 1988), e ainda, das interações dos processos hidrodinâmicos na interface oceano-continente-atmosfera. Estes autores ainda verificaram que no sul do Nordeste brasileiro, especificamente no litoral da Bahia, vários sistemas meteorológicos tanto tropicais quanto extratropicais geram precipitação, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), sistemas frontais e também sistemas de escala local como as brisas, sendo que o primeiro sistema atua durante no verão, enquanto os demais atuam entre o outono e o inverno. O período máximo chuvoso do setor leste acontece nos meses de abril a junho e está associado ao sistema de vento local e aos vestígios de sistemas frontais (Kousky, 1979).

As precipitações neste setor estão também associadas com os alísios de sudeste, que são modulados pelo Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (Rao et al., 1993, apud Chaves, 1999). Quanto à variabilidade diária, nas áreas litorâneas a máxima atividade convectiva acontece no período noturno, sendo conseqüência da convergência de ventos locais, que se formam ao longo do litoral no período de abril a julho. Nas áreas adjacentes à costa ocorre entre 15 e 21h devido à penetração de brisa associada com o aquecimento superficial. No inverno, os vestígios dos sistemas frontais tendem a concentrar as chuvas praticamente nas áreas litorâneas, o que foi constatado por Kousky (1979) através de um estudo climatológico dos sistemas frontais que passaram por Caravelas (BA) no período de 1961 a 1970 no setor sul da Região Nordeste (incluindo Salvador).

Na região conhecida como Recôncavo Baiano, a maior parte da variância é explicada pelo ciclo anual, com a precipitação máxima ocorrendo entre os meses de maio e junho, estando relacionada à intensificação dos ventos alísios (Rao et al., 1993, apud Chaves, 1999). Nas áreas litorâneas da região sul da Bahia, Chaves (1999) verificou que a variância nos ciclos anual e semi-anual da precipitação é pequena em relação às áreas adjacentes na região e concluiu que praticamente não se observam variações sazonais da precipitação, devido à penetração dos sistemas frontais nesta região durante todo o ano (Figura 3.1).

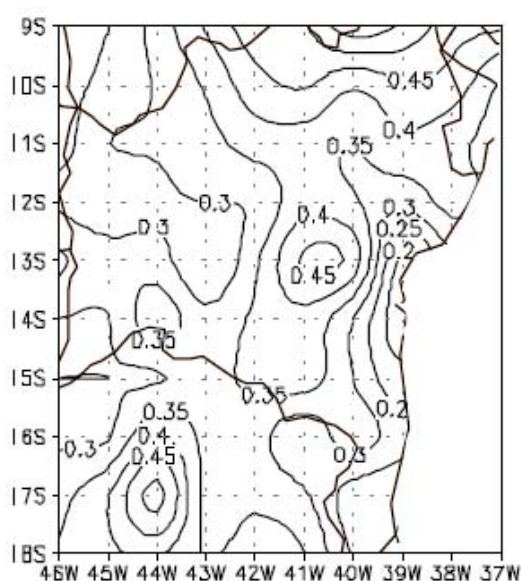


Figura 3.1 – Índice de variabilidade da precipitação para o período de 1979-1997 (Extraída de Chaves, 1999).

Chaves (1999) encontrou dois principais padrões nos meses de novembro-dezembro-janeiro associados às anomalias positiva e negativa da precipitação sobre o sul do Nordeste. Os resultados apresentados mostraram intensa associação entre a variabilidade da precipitação sobre o sul do Nordeste e sistemas sinóticos influenciados pela circulação de grande escala. A autora observou ainda que existe um índice de correlação linear negativo entre as anomalias de TSM sobre o Pacífico Equatorial Leste (PEL) e as anomalias de precipitação mensal das áreas consideradas, evidenciando uma tendência de se observar anomalias positivas (negativas) de precipitação quando as anomalias de TSM sobre o PEL são negativas (positivas), característica da fase positiva (negativa) do fenômeno ENSO. O autor ainda verificou que esta tendência se mantinha para todo o estado da BA. Para os setores nordeste e litoral do Estado da Bahia, os

índices apresentaram uma significância estatística muito maior que as demais regiões, indicando que a influência do fenômeno ENSO sobre a precipitação destas áreas pode ser mais intensa que nas demais. Esta associação pode se dar diretamente através da variação zonal da célula de Walker ou indiretamente através dos efeitos desta variação sobre as condições atmosféricas da região Amazônica, ou ainda através de teleconexões.

3.2.1 - Sistemas Frontais

Um sistema frontal é constituído por uma frente quente e uma frente fria associadas a um centro de baixa pressão à superfície. Quando a frente fria se desloca sobre o continente observa-se uma redução da pressão e um aumento da temperatura nas regiões à frente do sistema frontal. Depois da passagem da frente fria a pressão aumenta e a temperatura diminui devido à penetração do ar frio do centro da alta pressão situado na retaguarda da frente fria (Holton, 2004).

Dentre os vários autores a estudarem as frentes, Kousky (1979), utilizando dados de superfície para um período de 10 anos (1961-70), observou ao sul da Bahia que esses sistemas:

- i) podem penetrar durante todo o ano;
- ii) têm um papel importante na pluviosidade da parte sul do Nordeste durante os meses de dezembro e janeiro;
- iii) estão associados a um aumento na precipitação ao longo da costa leste do Nordeste durante os meses de outono e inverno;
- iv) causam uma diminuição da pressão à superfície em latitudes baixas, favorecendo o deslocamento do cavado equatorial mais para sul.

Outro processo de formação de frentes foi discutido por Satyamurti et al., (1998)(apud Damiano, 1999) citando que os sistemas frontais austrais estão entre as mais importantes perturbações transientes responsáveis pelas chuvas no Sul, Sudeste e sul do Nordeste do Brasil. Segundo esses autores, os ciclones de latitudes médias cruzam o Oceano Pacífico, os Andes e a Argentina no sentido leste-sudeste enquanto que, o centro de baixa pressão associado ao mesmo, se desloca para nordeste. Estes autores destacaram que as passagens dos sistemas frontais sobre a Argentina, Bolívia, Peru e Brasil causam atividades convectivas nessas regiões.

Andrade (2005) verificou que durante todo o ano sobre o continente Sul Americano se observa vários tipos de distúrbios transientes, tanto de origem tropical como extratropical, e que

os distúrbios transientes de alta frequência mais comuns são as frentes frias. Esse autor elaborou uma climatologia da passagem de sistemas frontais sobre a América do Sul, durante um período de 23 anos (1980-2002), principalmente sobre o Brasil, e estudou o comportamento desses sistemas, bem como suas características e as condições sinóticas e dinâmicas associadas a esses comportamentos, levando em consideração o deslocamento dos mesmos sobre o Brasil, em várias rotas de deslocamento: pelo interior do continente, litoral e continente, simultaneamente e ainda sobre o oceano. Em seus resultados voltados para o sul da Bahia (Figura 3.2), Andrade (2005) verificou que as frentes que ultrapassam 20°S rumo ao nordeste são menos frequentes. No entanto, na maior parte das vezes, estão associadas com a convecção tropical na Amazônia, com o máximo ocorrendo em novembro.

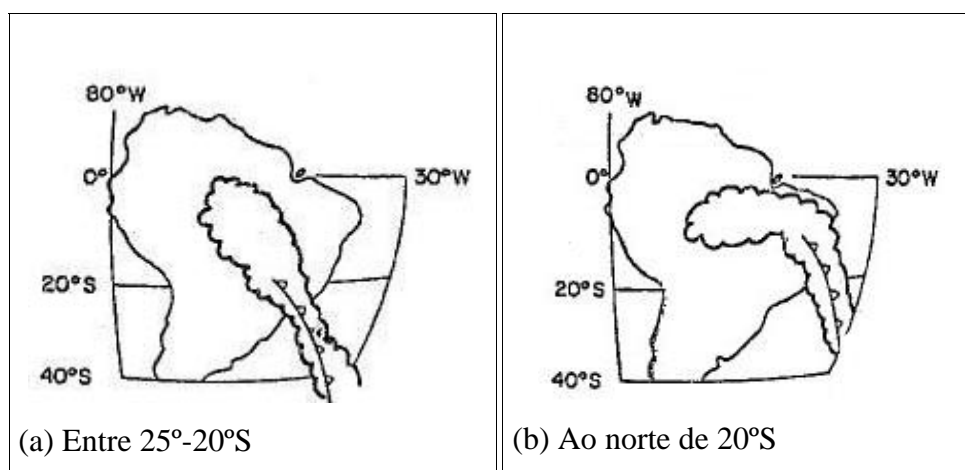


Figura 3.2 - Esquema típico de formação de nebulosidade convectiva localizados entre as latitudes de 25°-20°S (a) e ao norte de 20°S (b), respectivamente (Adaptado de Oliveira, 1986 apud Andrade, 2005).

Andrade (2005), observou ainda que durante o inverno ocorre a maior frequência de sistemas frontais chegando até o sul da Região Nordeste, devido principalmente ao maior contraste térmico entre as massas de ar, totalizando cerca de aproximadamente 10 ocorrências no inverno, 8 para a primavera e o outono, respectivamente, e apenas 4 durante a estação do verão.

3.2.2 – Distúrbios Ondulatórios de Leste

Este tipo de distúrbio ondulatório influencia diretamente a precipitação do Nordeste, sendo caracterizado por aglomerados de nuvens com deslocamento de leste para oeste que atingem o litoral leste do Nordeste do Brasil provocando chuvas sobre toda a região costeira e parte do agreste do Nordeste, normalmente são formados por aglomerados de nuvens baixas estratiformes e convectivas profundas, justapostas por nuvens cirrus, e podem ocasionar chuvas moderadas e intensas (Damião, 1999).

Um dos principais trabalhos sobre os distúrbios ondulatórios de leste é o de Yamazaki e Rao (1977) que, utilizando diagramas longitude-tempo feitos a partir de imagens de satélite, verificaram que bandas de nebulosidade associadas a este sistema propagavam-se da África, sobre o Oceano Atlântico, em direção à costa brasileira na faixa latitudinal de 5°S a 15°S, e que estas bandas eram vistas principalmente nos meses de inverno do Hemisfério Sul (HS). Esses autores mencionaram ainda que, em muitos casos, estes distúrbios oriundos da África conseguiam penetrar um pouco continente adentro, auxiliados pela circulação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS).

Com relação aos distúrbios ondulatórios leste se propagando sobre o Atlântico Equatorial, Ferreira et al. (1990) destacam que:

- i) no trimestre MAM (março-abril-maio) ocorrem 17 eventos, em SON (setembro-outubro-novembro) ocorrem 16, em JJA (junho-julho-agosto) ocorrem 15, e em DJF (dezembro-janeiro-fevereiro) ocorrem 14 eventos;
- ii) em MAM e JJA foram observados os maiores desvios do vento meridional, sugerindo que os distúrbios estão mais ativos nesta época do ano (inverno HS);
- iii) em MAM, a velocidade de propagação do distúrbio apresentou seu menor valor (10 m/s) enquanto que em JJA as ondas são mais rápidas (13 m/s);
- iv) o comprimento de onda mais curto detectado ocorreu em MAM, sendo de 4300 km; por outro lado, em JJA, quando a ZCIT está mais deslocada para o HN, as ondas estão mais longas (6900 km) e se propagam mais rapidamente.

3.2.3 – Brisa Marítima

O desenvolvimento e a propagação da brisa marítima são influenciados pela circulação atmosférica de grande escala, tendo isso sido constatado por vários autores. Freitas e Silva Dias (2004) elaboraram um estudo de caso sobre a relação existente entre a propagação e a intensidade da brisa marítima e alguns sistemas de grande escala para a região metropolitana de São Paulo, e verificaram que o posicionamento da zona de Alta Pressão é determinante na intensificação/desintensificação da célula de brisa e na sua propagação. Analisando uma série temporal de ventos costeiros, Franchito et al., (1998) observaram uma forte brisa marítima próximo à costa de Cabo Frio (RJ), quando ocorria ressurgência e constataram que esta interação pode intensificar os processos dinâmicos que envolvem a interface oceano-atmosfera. Cavalcanti et al., (2006) mostraram que a interação de um cavado invertido com a brisa foi responsável pelo evento de precipitação extrema em Caraguatatuba-SP.

3.3 - Fenômenos Climáticos

Flick (1998), Griggs e Brown (1998), Storlazzi e Griggs (1998), Hapke et al. (1998), Komar (1998) e Allan e Komar (2002) observaram e avaliaram os impactos do El Niño nos eventos correspondentes ao inverno dos anos de 1982-83 e 1997-98 para a Califórnia, Washington e Oregon (EUA). As destruições causadas em ambos os eventos somaram em torno de 650 milhões de dólares com prejuízos na costa, incluindo perda de casas, negócios e infra-estrutura pública de recreação na costa.

Kousky, (1980); Ropelewski e Halpert, (1987); Lima, (1991) e Moura et al., (2000) relataram que existem evidências observacionais, além de resultados de modelos de circulação geral da atmosfera, de que as condições oceânicas e atmosféricas no Atlântico e Pacífico influenciam fortemente na variabilidade interanual do clima sobre as Américas.

O conhecimento atual sobre o Atlântico Tropical (Dipolo do Atlântico), em conjunto com as informações sobre o ENOS (El Niño/Oscilação Sul), permite um maior conhecimento sobre os fatores físicos e dinâmicos na interface oceano-atmosfera com possíveis reflexos sobre a variabilidade climática do Nordeste Brasileiro.

Aragão (s.d.) verificou que as flutuações interanuais na precipitação do Nordeste são

devidas principalmente aos dois oceanos tropicais, Pacífico (ENOS) e Atlântico (Dipolo), com dois modos principais: a) Pacífico positivo (Pacífico quente) e Dipolo negativo (Atlântico Sul frio e Atlântico Norte quente), correspondendo a episódios de seca; b) Pacífico negativo (Pacífico frio) e Dipolo positivo (Atlântico Sul quente e Atlântico Norte frio), correspondendo a anos com excesso de chuva.

Os estudos de Moura et al., (2000) e Aragão (s.d.) evidenciam uma forte influência dos fenômenos El Niño, La Niña e o Dipolo do Atlântico no regime climático da costa Leste do Nordeste, impactando o meio ambiente e a vida das populações que se localizam nesta área.

4 – Materiais e Métodos

O desenvolvimento deste trabalho teve como base a avaliação e análise dos seguintes dados:

i) Locais de erosão costeira severa, com as respectivas descrições de danos econômicos obtidos em jornais locais (A Tarde, Estado da Bahia e Correio da Bahia) para o período de 1965 a 2006, em toda orla de Salvador, incluindo a região abrigada pela BTS;

ii) Cartas sinóticas diárias e altura máxima de maré prevista para o porto de Salvador, fornecidos pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN), com informações apenas para os dias dos eventos erosivos;

iii) Diagramas de Refração de onda para ondas de SE no trecho costeiro correspondente à costa Atlântica de Salvador (Bittencourt et al., 2008);

iv) Dados mensais de TSM do Pacífico Equatorial Central, de 1965 até o presente e Climatologia mensal da pressão atmosférica ao nível médio do mar (PNM), referente ao período de 1968-1996, ambos obtidos através do CPTEC/INPE (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais);

v) Parâmetros meteorológicos diários obtidos a partir das reanálises (em 4 horários: 00, 06, 12 e 18Z) em pontos de grade ($2,5^\circ \times 2,5^\circ$) do NCEP (National Centers for Environmental Prediction) para o período de 1965 a 2006 das seguintes variáveis:

1) Componentes zonal (u) e meridional (v) do vento no nível a 10m;

2) Pressão atmosférica ao nível médio do mar (PNM);

vii) Dados climatológicos de precipitação de uma série histórica de 1965 a 2006 e dados mensais da velocidade média do vento no período de 1975 a 1998, ambos coletados na estação de Ondina - Salvador/ Instituto Nacional de Meteorologia (INMET);

viii) Dados diários (em 4 horários: 00, 06, 12 e 18Z) de modelagem numérica do ERA-40 do ECMWF (European Centre for Medium – Range Weather Forecast) da altura significativa e do período de ondas numa região oceânica próxima à costa de Salvador, durante o período dos eventos erosivos descritos nos estudos de caso.

4.1 – Metodologia Utilizada

Os métodos consistiram basicamente na caracterização dos eventos erosivos a partir de dados reais, e no diagnóstico da circulação atmosférica observada durante o período erosivo e que colaborou na confecção de um modelo conceitual, a partir dos dados reais e de Reanálises (NCEP). Por fim, estudos de caso foram realizados para avaliar alguns cenários erosivos característicos.

4.1.1 - Caracterização dos Eventos Erosivos

A caracterização dos danos causados pelos eventos erosivos foi realizada com base nas evidências dos registros fotográficos e dos relatos dos jornais. Para a caracterização do contexto em que ocorreram tais eventos foram realizados os seguintes procedimentos:

i) Com os dados das componentes zonal e meridional do vento, foram calculadas parâmetros estatísticos tais como; a variação média numa área entre as coordenadas (39.5°W, 14.0°S; 37.0°W, 12.5°S), campos com interpolações do comportamento médio e o desvio padrão dessas variáveis e da pressão atmosférica ao nível médio do mar para o Período Erosivo (PE), definido como sendo: dois dias Antes da Erosão (AE) + o Dia da Erosão (DE) + um Dia Após a ocorrência da erosão. Os gráficos e mapas interpolados foram confeccionados utilizando-se o software GRADS (Grid Analysis and Display System) a partir dos dados de reanálises do NCEP;

ii) Identificação da máxima altura de maré prevista no dia da erosão e o tipo de maré observado neste dia;

iii) Identificação dos totais de precipitação registrados em Salvador durante o período erosivo;

iv) Caracterização de 4 cenários sinóticos com base nas informações acima e análises das cartas sinóticas de superfícies observadas para cada evento erosivo;

v) Confecção de um modelo conceitual para a ocorrência de erosão costeira em Salvador associada a sistemas atmosféricos, com base na análise e caracterização dos cenários sinóticos;

vi) Estudo de caso dos eventos de erosão para cada tipo de cenário analisado, em que se verificou a máxima altura de maré prevista no dia da erosão, resultando num total de 4 eventos;

vii) Tabela de estudo de caso parametrizada pelas variáveis atmosféricas e oceanográficas, onde foram diagnosticadas as possíveis configurações, sob o contexto das forçantes físicas, para a ocorrência da erosão.

4.1.2 - Diagnóstico da Circulação Atmosférica

O diagnóstico da circulação atmosférica para os eventos de erosão costeira na orla de Salvador foi realizado com base nos campos da variação média espacial das componentes zonal e meridional do vento para o PE e em medidas estatísticas através da média e o desvio padrão das oscilações destas variáveis. Através das cartas sinóticas de superfície (dados reais) foi possível diagnosticar a circulação ocorrida, o que, por sua vez, permitiu definir os sistemas sinóticos atuantes. Em seguida, foi possível classificar os cenários sinóticos que favoreceram a ocorrência de erosão na orla de Salvador, resultando em dois cenários principais, ambos subdivididos em outros dois cenários, devido a pequenas, porém significativas diferenças em termos de características sinóticas, que evidenciaram principalmente comportamentos diferenciados da componente meridional do vento e, conseqüentemente, sua influência na intensidade da erosão.

4.1.3 - Estudo de Caso para os Cenários

O principal objetivo deste estudo de caso foi analisar detalhadamente a evolução temporal e espacial diária dos sistemas sinóticos ocorridos durante o PE, buscando compreender e definir conceitualmente como se desenvolveu a dinâmica da circulação local costeira na orla de Salvador durante os eventos erosivos. Para tanto, foram utilizados campos das variáveis meteorológicas dos dados de reanálises, dados de previsão de maré para o porto de Salvador, dados de precipitação, o tipo de maré ocorrido, dados de onda e cartas sinóticas de superfície. Esse estudo de caso foi realizado em virtude de ainda não se conhecer detalhadamente a evolução espacial e temporal dos sistemas meteorológicos atuantes durante a erosão costeira na orla de Salvador.

A metodologia exposta neste tópico permitiu suprir a ausência de dados reais, e no caso de alguns parâmetros, como a velocidade média do vento, pressão ao nível médio do mar e precipitação, foi possível verificar e comparar a qualidade dos dados de reanálise com os dados

observados. Este estudo de caso possibilitou um conhecimento mais profundo da interação entre as variáveis oceânicas e atmosféricas, bem como dos sistemas meteorológicos de escala sinótica atuantes durante os eventos de erosão costeira.

5 – Resultados

Neste capítulo são descritos os eventos erosivos e é apresentado o modelo conceitual, proposto com o intuito de evidenciar e explicar as principais forçantes envolvidas no processo de erosão costeira para a orla de Salvador, quando associada às ocorrências das marés meteorológicas. Em seguida são apresentados os resultados obtidos a partir dos parâmetros atmosféricos, padrões sinóticos, parâmetros oceanográficos e dos fenômenos interanuais, os quais foram relevantes para a pesquisa e que culminaram na validação do modelo proposto.

5.1 – Caracterização Geral dos Eventos Erosivos

No presente estudo, foram identificados 14 eventos erosivos a mais (em 28 anos) do que os 17 eventos encontrados por Medeiros (2005) e Bittencourt et al. (2008) para uma série de 13 anos de dados (1990-2003).

A caracterização dos eventos, aqui considerados como severos, foi baseada na ocorrência de danos materiais verificados na orla de Salvador durante a erosão costeira. Os dados de erosão foram obtidos a partir de narrativas e/ou fotos de jornais locais. Através destes meios foi possível localizá-los por praias ou bairros, datar e caracterizar o tipo de destruição.

A Tabela 5.1 apresenta os eventos severos de erosão costeira nas praias de Salvador, bem como os tipos de danos a elas associados, que podem ser observados nas fotos do Anexo I, as quais estão referenciadas de acordo com a data de ocorrência de cada evento. A Figura 5.1 apresenta fotos de alguns eventos significativos quanto ao caráter severo de erosão.

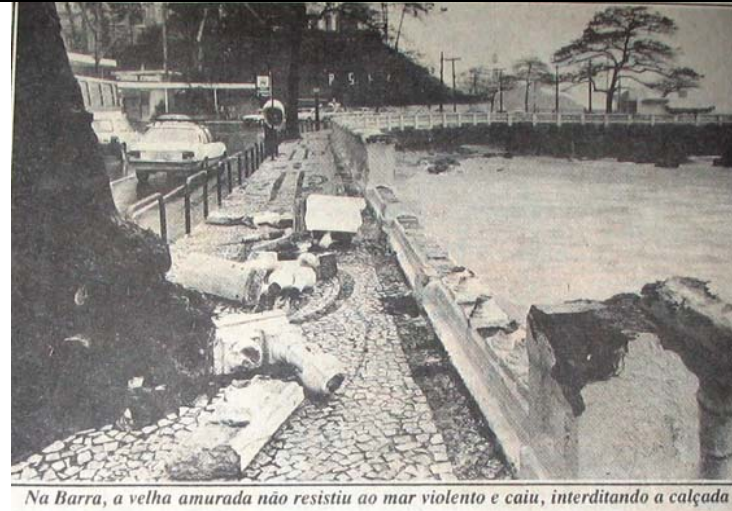
Evento	Data do Jornal	Data do Evento	Localização (por praias)	Tipo de Dano
1	20/07/1967 (Foto A1.1)	19/07/1967	São Joaquim	Danos a um depósito de cereais
			Cantagalo	Danos a 2 casas
2	06/06/1969 e 07/06/1969 (Foto A1.2- a e b)	05/06/1969 e 06/06/1969	Barra	Danos à balaustradas
3	27/04/1971 e 28/04/1971 (Manchetes A1.1 e A1.2)	26/04/1971 e 27/04/1971	Roma	Danos a 10 casas
			Roma	Danos 15 casas
			Amaralina	Danos a um trecho da Av. Oceânica
			Ondina	Danos a um trecho da Av. Oceânica
4	03/07/1974 (Foto A1.3)	02/07/1974	Unhão e Gamboa	Danos a barcos
			Amaralina	Danos à muralha e ao asfalto
5	26/05/1975 e 27/05/1975 (Fotos A1.4 - a, b, c e d)	24/05/1975, 25/05/1975 e 26/05/1975	Barra	Danos à balaustradas
			Amaralina	Danos à balaustradas
			Rio vermelho	Danos à ponte de embarque do emissário submarino
			Cantagalo	Derrubada de um muro de Armazém
			Rio Vermelho	Danificação de bóias de marcação e deslocamento do ancoradouro de ferro do emissário submarino
6	30/05/1975 e 31/05/1975 (Foto A1.5 – a e b)	29/05/1975 e 30/05/1975	Amaralina	Danos à murada e ao asfalto
			Barra	Danos à murada e ao asfalto
			Cantagalo	Alagamento de casas
			Pituba	Danos à murada e ao asfalto
7	30/08/1980 (Foto A1.6 – a e b)	29/08/1980	Barra	Danos à murada, ponte de atracação e piscina. Avarias em lanchas no late Clube da Bahia
			Calçada	Alagamento e danos à casas
8	07/04/1981 (Foto A1.7)	06/04/1981	Rio Vermelho	Alagamento e danos à casas e calçadão.
9	18/03/1984 e 19/03/1984 (Foto A1.8 – a, b, c e d)	17/03/1984	Barra	Danos à balaustradas
			Pituba	Danos ao muro do Clube do Português e a barcos
		18/03/1984	Rio Vermelho	Danos à calçada com queda de poste de iluminação e de barco pesqueiro
			Pituba	Danos a uma barraca de praia
			Rio Vermelho	Danos a uma barraca de praia
10	06/08/1985 (Foto A1.9)	05/08/1985	Piatã	Estrutura de barracas de praia abaladas e coqueiros derrubados.
11	15/07/1988 (Foto A1.10)	14/07/1988	Toda orla	Alagamentos nas vias
12	04/08/1988 (Foto A1.11)	03/08/1988	Barra	Danos à balaustradas
			Roma	Danos ao barracão de pescadores
13	19/08/1993 (Foto A1.12)	18/08/1993	Piatã	Danos a mesas e cadeiras de barracas de praia
14	12/03/1994 (Foto A1.13)	09/03/1994	Piatã	Danos a mesas e cadeiras de barracas de praia e estruturas das barracas abaladas

15	12/07/1994 (Manchete A1.3)	10/07/1994 e 11/07/1994	Rio Vermelho	Alagamento de praias
16	18/04/1995 (Foto A1.14)	17/04/1995	Pituba	Alagamento de barracas de praia
17	07/03/1996 (Manchete A1.4)	06/03/1996	Placaford	Destruição de parte do calçadão
18	21/04/1996 (Manchete A1.5)	20/04/1996	Toda orla	Agitação do mar provocou vários estragos
19	24/07/1996 e 25/07/1996 (Foto A1.15 – a e b)	23/07/1996 e 24/07/1996	Itapuã	Danos a calçadão
			Rio Vermelho	Danos à embarcações
20	02/08/1996 (Foto A1.16)	01/08/1996	Pituba	Danos a muro de proteção
21	13/09/1996 (Manchete A1.6)	12/09/1996	Placaford	Danos a duas barracas de praia e a calçadão
22	11/03/1997 (Foto A1.17)	10/03/1997	Itapuã	Danos a calçadão
23	05/04/1999 (Foto A1.18)	29/03/1999	Pituba	Danos a barracas de praia e ao muro de proteção
24	16/05/1999 (Manchete A1.7)	15/05/1999	Orla Salvador	Danos a coqueiros e alagamentos de barracas de praia
25	29/09/1999 (Foto A1.19)	28/09/1999	Jaguaribe	Danos a calçadão, mesas e cadeiras de barracas
26	24/03/2001 (Foto A1.20)	23/03/2001	Pituba	Danos a barracas de praia
27	24/05/2001 e 25/05/2001 (Foto A1.21)	23/05/2001 e 24/05/2001	Pituba	Danos a barracas de praia e ao muro de proteção
			Placaford	Danos a calçadão
28	19/09/2001 (Foto A1.22)	18/09/2001	Rio Vermelho	Destruição de 12 barcos
			Placaford e Itapuã	Danos a sacos de areia na frente de barracas de praia. Arrasto de mesas, cadeiras e sombreiros
29	27/05/02 (Foto A1.23)	26/05/02	Orla de Salvador	Alagamentos de barracos
30	24/09/2005 (Foto A1.24)	23/09/2005	Placaford e Itapuã	Danos a mesas e cadeiras de barracas de praia e destruição a calçadão (50 m de extensão)
31	09/09/2006 e 10/09/2006 (Foto A1.25 – a e b)	07/09/2006, 08/09/2006, e 09/09/2006	Pituba	Danos a barracas de praia
			Piatã e Jaguaribe	Danos a calçadão e a ciclovia

Tabela 5.1 - Eventos erosivos severos ao longo da orla de Salvador com o tipo de dano associado.



(a) 06/06/69

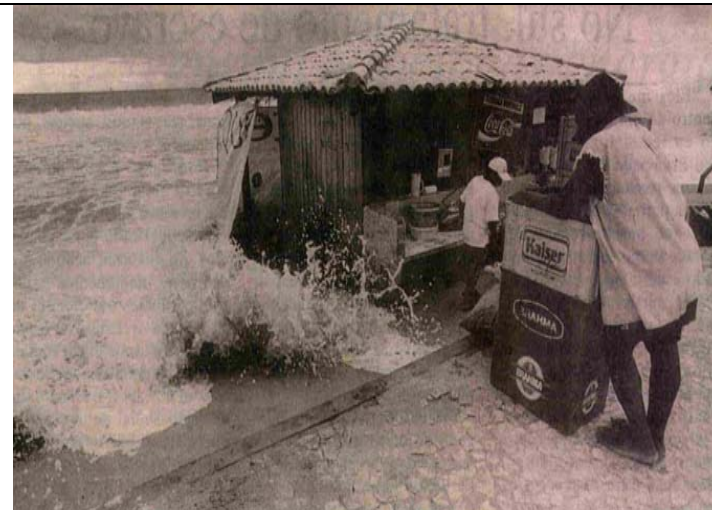


Na Barra, a velha amurada não resistiu ao mar violento e caiu, interditando a calçada

(b) 04/08/88



(c) 02/08/1996



(d) 25/05/2001



(e) 24/09/2005



(f) 10/09/2006

Figura 5.1 – Sequência de fotos que evidenciam os danos causados durante alguns dos eventos erosivos observados ao longo da série de 1965 a 2006.

As praias nas quais foram verificadas ocorrências de eventos erosivos, com danos materiais, estão localizadas nos setores 1 (praias abrigadas pela BTS) e 2 (praias em região de mar aberto, fronteira com o oceano Atlântico) (Figura 2.1).

Ao longo da série estudada observou-se que as frequências de ocorrência de erosão foram maiores nas praias da Pituba, Rio Vermelho, Barra e Piatã com 12, 7, 6 e 5 ocorrências, respectivamente, seguidas das praias de Amaralina, Placafor e Cantagalo com 4 ocorrências de erosão em cada praia. As demais praias apresentaram frequências iguais ou inferiores a 3 ocorrências ao longo da série de 41 anos (Figura 5.2).

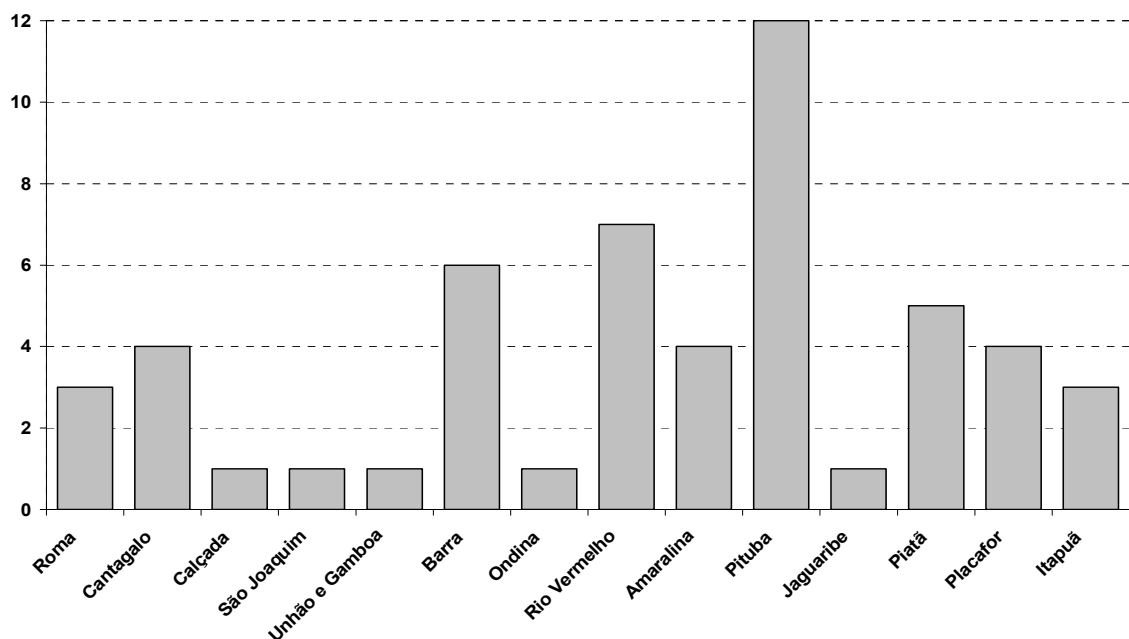


Figura 5.2 - Frequência de ocorrência de eventos erosivos localizadas por praias na orla de Salvador no período de 1965 a 2006 (Jornal A Tarde), conforme a Tabela 5.1.

A frequência mensal de erosão costeira severa na orla de Salvador pode ser vista na Figura 5.3. As maiores frequências ocorreram nos meses de março e agosto, com seis eventos cada, seguidos dos meses de maio, julho e setembro com cinco eventos para cada e, por fim, as menores frequências, nos meses de abril e junho com dois e um eventos, respectivamente. É relevante observar que a ocorrência destes eventos se concentrou nas estações de outono e inverno evidenciando uma influência sazonal. Como o clima da região é dividido em uma estação seca e outra chuvosa, que segundo Cirano e Lessa (2007) concentra-se durante os meses de março a

julho, podemos dizer que os eventos erosivos concentram-se preponderantemente durante o período chuvoso.

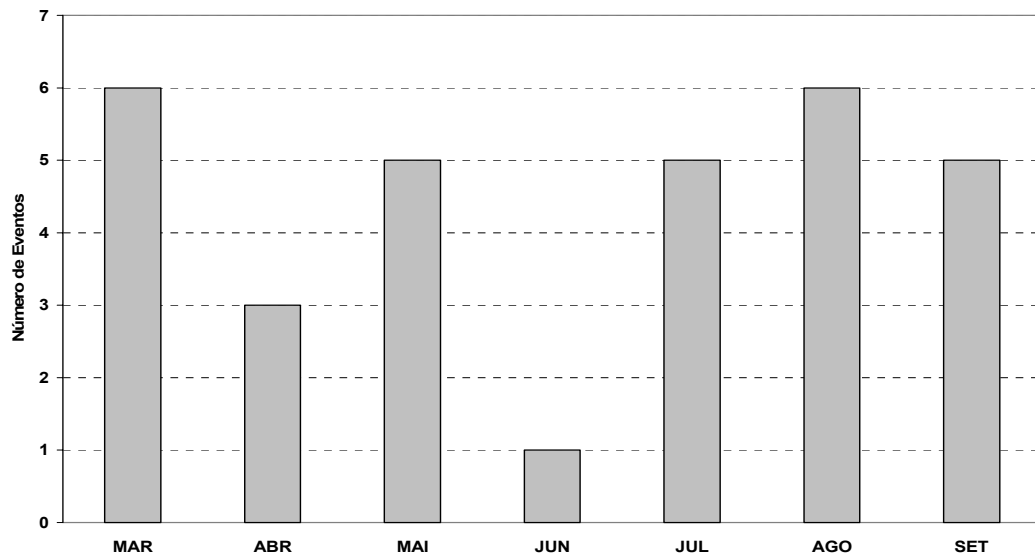


Figura 5.3 - Frequências mensais de erosão costeira com danos no período de 1965 a 2006 (Jornal a Tarde), conforme a Tabela 5.1.

5.2 - Modelo Conceitual para os Eventos Erosivos

A confecção do modelo conceitual buscou explicar qualitativamente, através de medidas estatísticas, quais as principais forçantes físicas responsáveis pela erosão costeira observada na orla de Salvador, quando as mesmas estão associadas a ocorrências de marés meteorológicas. A seguir apresenta-se as principais forçantes, as quais foram descritas segundo a ordem de importância de cada parâmetro considerado, levando em conta principalmente, as medidas estatísticas apresentadas, o que permitiu que a partir deste critério, os parâmetros fossem ordenados segundo a contribuição de cada um no processo, partindo do termo estatisticamente mais importante para o menos importante e que resultou na validação do modelo. Então, com base neste critério, sugere-se que o processo de erosão costeira associados às marés meteorológicas seja modelado da seguinte forma:

$$E_c = M + SS + On + FI,$$

onde:

Ec – Erosão Costeira,

M – Condição de Maré,

SS – Sistemas Sinóticos (FF e AP/CV),

On – Ondas,

FI – Fenômenos Interanuais.

As análises sobre todos os parâmetros aqui abordados, descritas nas seções 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3 e 5.2.4 deste capítulo, apontaram a maré de sizígia como a principal forçante pelos eventos erosivos que ocorreram na orla de Salvador no período de 1965 a 2006, quando em associação com as marés meteorológicas, explicando 68% de todas as ocorrências erosivas. Os outros parâmetros analisados, possuem uma relação direta e/ou indireta com os sistemas atmosféricos e em termos do modelo conceitual podem ser sintetizados da seguinte forma:

- i) ventos com direção de S e SE atuam de duas formas distintas podendo empilhar água diretamente contra a costa ou podendo empilhar água contra a costa em função do transporte de Ekman. No segundo caso, estamos considerando a orientação da costa ao sul da BTS, que é praticamente orientada na direção de N-S, onde a elevação do nível mar seria propagada na forma de uma onda de Kelvin e desta forma atingiria a região rapidamente. Tais mecanismos de empilhamento foram evidenciados na BTS e na Baía de Camamú por Cirano & Lessa (2007) e Amorim (2005), respectivamente. Janzen & Wong (2002) também descreveram este tipo de acoplamento para a Baía de Delaware;
- ii) queda da pressão atmosférica ocasionada devido à passagem dos sistemas sinóticos associado ao mecanismo do barômetro invertido, discutido no capítulo 3, resulta no aumento do nível médio do mar na costa, e;
- iii) ondas locais ou oceânicas, oriundas de outras regiões, que podem vir acompanhadas pelos sistemas sinóticos, as quais possivelmente poderiam atuar de forma isolada através de ondas locais ou simultaneamente com ondas costeiras e oceânicas, contribuindo, assim, no empilhamento de água contra costa. No caso das ondas de gravidade, um ponto importante a ser destacado é a refração de ondas na costa de Salvador. Este processo promove a convergência da energia de ondas em pontos específicos da costa, favorecendo a sobrelevação do nível do mar nestes pontos, bem

como a retirada de sedimentos da praia, acentuando mais ainda o processo de erosão na costa.

Para facilitar a análise dos efeitos dos sistemas atmosféricos no processo de erosão costeira, os eventos foram agrupados de acordo com as principais características sinóticas observadas na orla de Salvador durante os períodos erosivos. O evento de 24 a 28/08/71 foi excluído desta análise, pois para este período a DHN não possui cartas sinóticas correspondentes, bem como também por não ter sido possível obter imagens de satélite para o referido período.

Desta forma, foram analisadas as cartas sinóticas dos 30 eventos de erosão. A partir desta seleção foi possível evidenciar dois cenários distintos, sendo que cada um apresentou pequenos detalhes diferentes entre si e com respostas variadas, no que diz respeito principalmente aos sistemas atmosféricos atuantes, tendo sido então cada cenário subdividido em dois:

Cenário 1 - apresentou como principal característica sinótica a atuação simultânea de três sistemas de larga escala: Alta Pressão (AP), Frente Fria (FF) e Cavado (CV), nos baixos níveis da atmosfera, que se apresentaram em duas situações:

(A) – sem intersecção da FF com o continente durante o PE (FF na faixa latitudinal entre 15°S e 20°S);

(B) – com intersecção da FF com o continente durante o PE (em Salvador ou em suas proximidades, a norte ou a sul).

Cenário 2 – a sua principal característica foi a atuação simultânea de dois sistemas de larga escala: AP e CV nos baixos níveis da atmosfera, o que foi verificado em duas situações:

(A) – sem haver intersecção da FF com o continente, sempre que se posicionou na faixa latitudinal entre 15°S e 40°S durante PE;

(B) – com intersecção da FF com o continente, sempre que se posicionou na faixa latitudinal entre 15°S e 25°S durante o PE.

A seleção dos eventos erosivos para enquadramento em um determinado cenário sinótico foi feita com base no comportamento sinótico observado a partir das cartas sinóticas, que podem

ser vistas no anexo II para os cenários correspondentes. A Tabela 5.2 mostra os eventos erosivos agrupados nos cenários e os respectivos percentuais:

Cenários	Eventos	Total	Percentual
1A (Fig. A2.1 a A2.6)	2, 9, 11, 15, 18 e 31	6	20%
1B (Fig. A2.13 a A2.18)	7, 14, 19, 28, 29 e 30	6	20%
2A (Fig. A2.25 a A2.33)	1, 5, 6, 12, 22, 23, 24, 25 e 26	9	30%
2B (Fig. A2.43 a A2.51)	4, 8, 10, 13, 16, 17, 20, 21 e 27	9	30%

Tabela 5.2 - Eventos erosivos distribuídos nos cenários sinóticos 1A, 1B, 2A e 2B, conforme a Tabela 5.1.

Com base na Tabela 5.2, pode-se observar que em 60% dos eventos erosivos, o padrão sinótico médio apresentou uma configuração do acoplamento do centro de AP com o CV, em baixos níveis, o que revelou através das cartas sinóticas um predomínio do vento de SE na orla de Salvador durante os dias em que se observou os eventos de erosão que ocorreram sob a atuação destes sistemas. Os eventos restantes (40%) ocorreram num padrão sinótico médio em que a principal configuração foi representada pela frente fria. Nesse caso, foi possível observar o predomínio do vento à superfície na direção S-SE, principalmente após a passagem do sistema frontal durante o PE, ocorrendo predominantemente no dia que antecedeu a erosão.

As ondas com direção no octante ESE ocorreram com uma frequência de 20% para a costa de Salvador durante o trimestre de Jun-Jul-Ago. As máximas frequências de onda com períodos superiores a 6 e 7 s são de aproximadamente 39 e 32% para os trimestres de Jun-Jul-Ago e Set-Out-Nov, respectivamente. Ondas com períodos de 12 a 13 s (não geradas localmente) são observadas com maior frequência durante os trimestres de Mar-Abr-Mai e Set-Out-Nov, com o valor de aproximadamente 2%, em ambos os trimestres. Ondas com alturas entre 2,0 e 2,5 m atingem máximas frequências de ocorrência de 27 e 13%, respectivamente, durante o trimestre de Jun-Jul-Ago. Também neste trimestre são observadas cerca de 7% de ondas com alturas iguais ou superiores a 3 m atuando na costa de Salvador (conforme descrito posteriormente na seção 5.3).

A Tabela 5.3, que não inclui as ondas, sintetiza os parâmetros oceanográficos e atmosféricos que modelaram os eventos erosivos estudados. Os dados apresentados nesta tabela são discutidos posteriormente nas seções 5.2.1, 5.2.2 e 5.2.4, referentes às marés, às variações das componentes zonal e meridional, e ainda, aos padrões sinóticos e aos fenômenos interanuais

(padrão de TSM's do ENOS – El Niño/La Niña) atuantes durante os episódios de erosão costeira na orla de Salvador.

Numeração	Evento Erosivo	Altura Máx. Maré Prevista (m)	Vento Zonal e Meridional (m/s)		Vento Máximo e Mínimo (m/s)				Média da Pressão NMM (mb)	Sistemas Sinóticos Atuantes	Fenômenos Interanuais (TSM's do PEL)
			Média ± Desvio (u)	Média ± Desvio (v)	Zonal (u)		Meridional (v)				
1	17-20/07/67	2,1	-2 ± 1,5	5 ± 3,5	-4,7	0	9,5	-2,7	1016-1017	CV e AP	Neutro
2	03-07/06/69	2,2	-2 ± 2	-1 ± 3	-6,3	0,2	5,5	-5,2	1013	FF, AP, CV	El Niño
3	24-28/08/71	2,0	-3 ± 1,5	4 ± 0	-5,1	-0,6	6,2	2,9	1018	S/DADOS	La Niña
4	30/06 a 03/07/74	2,1	-2 ± 2	8 ± 1,8	-6	2,2	11	5	1019-1020	CV e AP	La Niña
5	22-26/05/75	2,5	-1,5 ± 1,8	9 ± 2,7	-5	1	13,8	4,9	1017	CV e AP	La Niña
6	27-31/05/75	2,2	-3 ± 0	5 ± 1,4	-4,7	0,6	7,6	2,4	1015	CV e AP	La Niña
7	27-30/08/80	2,5	-4 ± 0	4 ± 3	-6,7	-1	9,8	-1	1019	FF, AP, CV	El Niño
8	04-07/04/81	2,7	-4 ± 1	2 ± 1,5	-5,7	-2,4	4,4	-0,7	1014	CV e AP	Neutro
9	15-19/03/84	2,8	-2 ± 1,8	3 ± 2,7	-5,5	1,5	9,5	-1	1011,5	FF, AP, CV	La Niña
10	01-04/08/85	2,4	-5 ± 1,8	5 ± 1,2	-8,4	-2,5	6,7	3,7	1020	CV e AP	La Niña
11	12-16/07/88	2,2	-3 ± 1,5	7 ± 2,5	-6	-0,2	12,5	3,8	1020-1022	FF, AP, CV	La Niña
12	31/07 a 03/08/88	2,5	-4 ± 1,5	5 ± 1,5	-7,3	-2,4	8,6	3,5	1019	CV e AP	La Niña
13	16-19/08/93	2,6	-4 ± 1,5	4 ± 1,5	-6,3	-1,3	6,8	0	1017-1018	CV e AP	El Niño
14	07-10/03/94	2,3	-2 ± 1,5	-1 ± 2	-5,1	0,3	2,5	-4,6	1011,5	FF, AP, CV	El Niño
15	08-12/07/94	2,4	-3 ± 2	2 ± 4	-8,5	0	9,6	-4	1019	FF, AP, CV	El Niño
16	15-18/04/95	2,6	-4 ± 1,6	3 ± 1,5	-7,7	-2,8	6	0	1012,5	CV e AP	El Niño
17	04-07/03/96	2,5	-5 ± 1,4	-1 ± 1	-8,2	-3,6	0,4	-3,4	1011	CV e AP	La Niña
18	18-21/04/96	2,4	-3 ± 1,5	4 ± 4	-5,6	-0,8	10,4	-2,4	1012	FF, AP, CV	La Niña
19	21-25/07/96	2,0	-4 ± 0	-6 ± 3	-6,4	-0,4	11,8	-1	1018	FF, AP, CV	La Niña
20	30/07 a 02/08/96	2,6	-4 ± 1,6	5 ± 1,5	-6,7	-2,2	7,4	2,1	1019	CV e AP	La Niña
21	10-13/09/96	2,3	-7 ± 1,8	2 ± 0	-10,7	-4,4	4,7	0,6	1018	CV e AP	La Niña
22	08-11/03/97	2,7	-3 ± 1,0	2 ± 1,2	-9,2	-3,1	4,2	0,5	1013	CV e AP	El Niño
23	27-30/03/99	2,4	-5 ± 2,1	0 ± 1,8	-8,2	-1,5	4	-3	1012,5	CV e AP	La Niña
24	13-16/05/99	2,7	-3 ± 1,5	5 ± 3,5	-5,2	-0,4	10,1	-1	1014	CV e AP	La Niña
25	26-29/09/99	2,5	-4 ± 1,5	3 ± 1,5	-6,2	-1,7	6,7	-1,7	1016	CV e AP	La Niña
26	21-24/03/01	2,4	-4,5 ± 1,5	1 ± 1,2	-7,5	-2,3	3,2	0	1013-1012,5	CV e AP	La Niña
27	21-25/05/01	2,5	-2,5 ± 2	4 ± 2	-6,5	1,1	6,7	1	1015	CV e AP	La Niña
28	16-19/09/01	2,7	-1,5 ± 2	3 ± 5	-6,5	-1	11	-5	1016	FF, AP, CV	La Niña
29	24-27/05/02	2,5	-1 ± 2	6 ± 1,5	-4,7	1,7	7,8	3,4	1016	FF, AP, CV	El Niño
30	21-24/09/05	1,9	-5 ± 2	0 ± 1,8	-7,2	-1,5	3	-2,8	1013-1015	FF, AP, CV	Neutro
31	05-10/09/06	2,8	-5 ± 2	4 ± 4	-8,5	-1,2	9	-3,7	1018	FF, AP, CV	El Niño
Média	-----	2,4	(-3,6)	(3,0)	-5,7	-0,2	7,3	-0,8	1016	-----	-----

	Cenário 1A
	Cenário 1B
	Cenário 2A
	Cenário 2B

Tabela 5.3 – Resumo das forçantes meteorológicas e oceanográficas para os eventos severos de erosão em Salvador durante o período de 1965-2006, onde FF - Frente Fria, AP - Alta Pressão e CV – Cavado nos Baixos Níveis da Atmosfera.

5.2.1 – Condições de Maré

Analisando os percentuais das fases de maré observadas durante os eventos erosivos, para a série em estudo (Figura 5.4), observa-se que as máximas frequências de maré de sizígia ocorreram nos meses de março e maio, com cerca de 16% em cada mês. Nos meses de julho e setembro observa-se que esta mesma fase de maré prevaleceu com cerca de 13 e 10%, respectivamente. Nos meses de abril e agosto verificou-se que 6,5 % dos eventos ocorreram sob influência de maré de sizígia. A maré de quadratura apresentou a máxima frequência durante o mês de agosto (cerca de 6,5%), enquanto que nos meses de março, abril e setembro foi observada uma frequência de cerca de 3%. Os eventos erosivos que ocorreram sob a influência de maré de transição concentraram-se nos meses de agosto (cerca de 6,5%), e de junho, julho e setembro, com cerca de 3%.

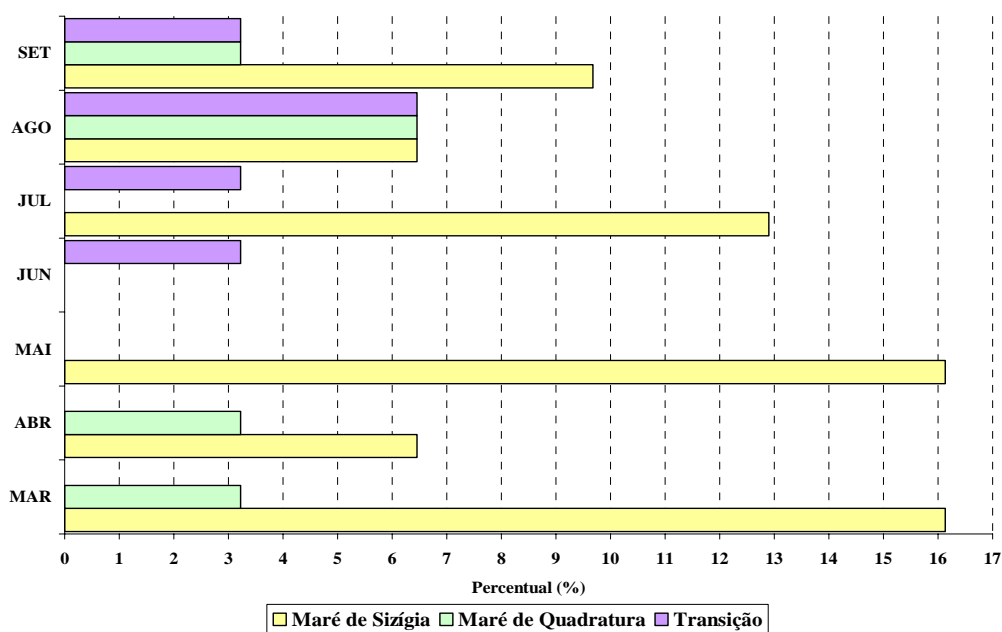


Figura 5.4 – Percentual das fases de marés durante os eventos erosivos no período de 1965 a 2006 (Jornal a Tarde e Observatório Nacional).

Com base nas análises apresentadas acima, pode-se constatar que a fase de maré com maior frequência, entre os eventos erosivos estudados, foi a situação de sizígia, com um percentual de 68%, enquanto que as situações de quadratura e de períodos de transição, representaram aproximadamente 16%, para cada uma das fases.

A Figura 5.5 mostra a variação das máximas alturas de maré (prevista) para as situações de sizígia, quadratura e transição comparadas com a média das máximas alturas de marés prevista para o porto de Salvador. A variação das máximas alturas de maré prevista para a série em estudo, ocorrida nos dias de registro de erosão, em média, esteve em torno de aproximadamente 2,4 m entre os 31 eventos de erosão observados. As alturas inferiores a esta média ocorreram em apenas 31% dos eventos erosivos. Nos eventos de 9 a 31 (Tabela 5.2) a máxima altura de maré prevista foi de 2,8 m, igualando-se por sua vez a média das máximas alturas de marés (prevista) para o porto de Salvador (Figura 5.5).

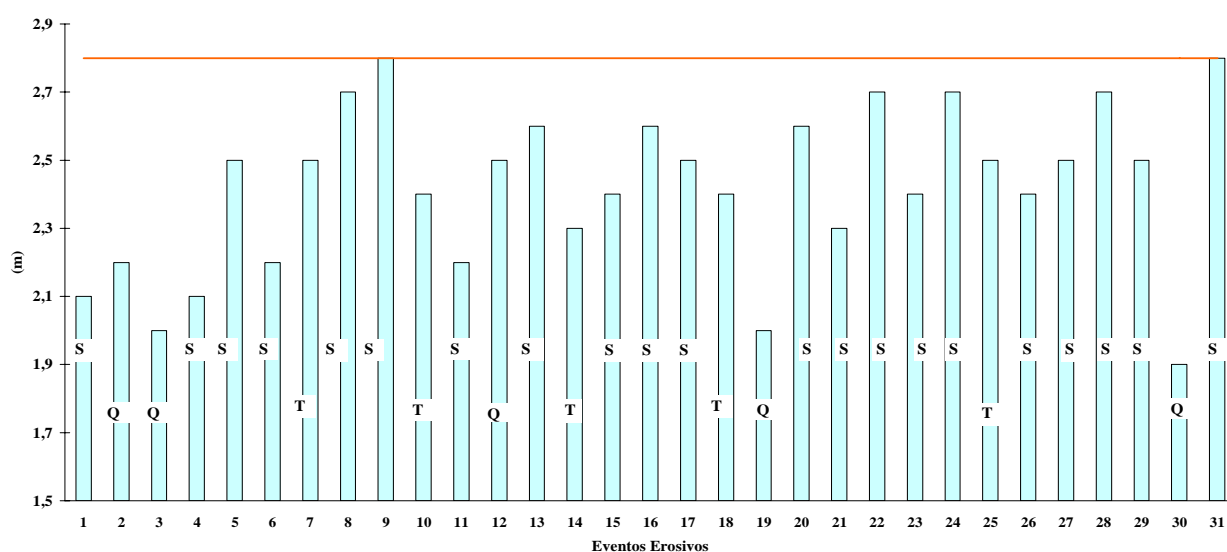


Figura 5.5 – Máxima altura de maré (prevista) no dia da erosão (verde) para as respectivas condições de maré de Sizígia (S), Quadratura (Q) e Transição (T), comparadas com a média das máximas alturas de maré (laranja) para o porto de Salvador durante os eventos erosivos, numerados conforme a Tabela 5.1.

5.2.2 – Condições Atmosféricas e os Padrões Sinóticos

A seguir são apresentadas as condições atmosféricas e os padrões sinóticos observados durante os eventos de erosão, descrevendo o comportamento dos parâmetros mais significativos (ventos, precipitação e pressão atmosférica ao nível médio do mar) do ponto de vista da atmosfera em relação ao processo de erosão costeira. Para a definição dos padrões sinóticos relacionados aos eventos erosivos foram utilizadas cartas sinóticas de superfície, além dos parâmetros atmosféricos mencionados acima, tendo os padrões sido agrupados em quatro cenários (A1, A2, B1 e B2), a

partir das características sinóticas relevantes e em comum observadas durante os episódios erosivos.

Observando a Tabela 5.3, em relação ao comportamento médio do vento (u e v), é possível verificar que a componente meridional (v), em relação à média observada nos períodos erosivos, apresentou-se predominantemente positiva e inferior (em módulo) em relação ao valor da componente zonal, com os valores de 3,0 m/s e -3,6 m/s, respectivamente para (v) e (u). Este padrão no campo médio dos ventos, com predominância de ventos de SE e S está de acordo com o modelo proposto, onde estes ventos estariam atuando para empilhar água contra a costa. Observa-se ainda que a componente meridional do vento apresentou desvios mais elevados do que a componente zonal, o que poderia atribuir uma maior contribuição a esta componente, em função do transporte de Ekman.

O transporte de Ekman foi quantificado observando o sinal da máxima componente meridional do vento em 27 eventos durante o período erosivo que prevaleceram na direção de S para N, totalizando 87% dos eventos em que o transporte de Ekman predominou. As variações extremas (máxima e mínima) das componentes zonal e meridional, em média durante o PE, observadas na Tabela 5.3, mostram os valores de -5,7 m/s e -0,25 m/s, e de 7,3 m/s e -0,8 m/s, respectivamente para (u) e (v), revelando que esta última assumiu, na maior parte do PE, intensidades maiores em relação à componente zonal. A climatologia mensal da velocidade média do vento em Salvador (Figura 5.6), com base em dados do INMET, mostra que os valores deste parâmetro oscilam entre 1,8 m/s e 2,3 m/s ao longo do ano, sendo que os máximos valores ocorrem entre os meses de junho a novembro, com o máximo anual ocorrendo no mês de julho. Se compararmos a intensidade média do vento durante os períodos erosivos, podemos observar que a média vetorial dos ventos que é de 4,7 m/s, corresponde ao dobro do máximo valor médio mensal observado. Apesar dos dados de vento apresentarem fontes distintas, isto demonstra de forma bastante clara como estes eventos são anômalos e necessitam de uma composição de vários fatores para ocorrerem.

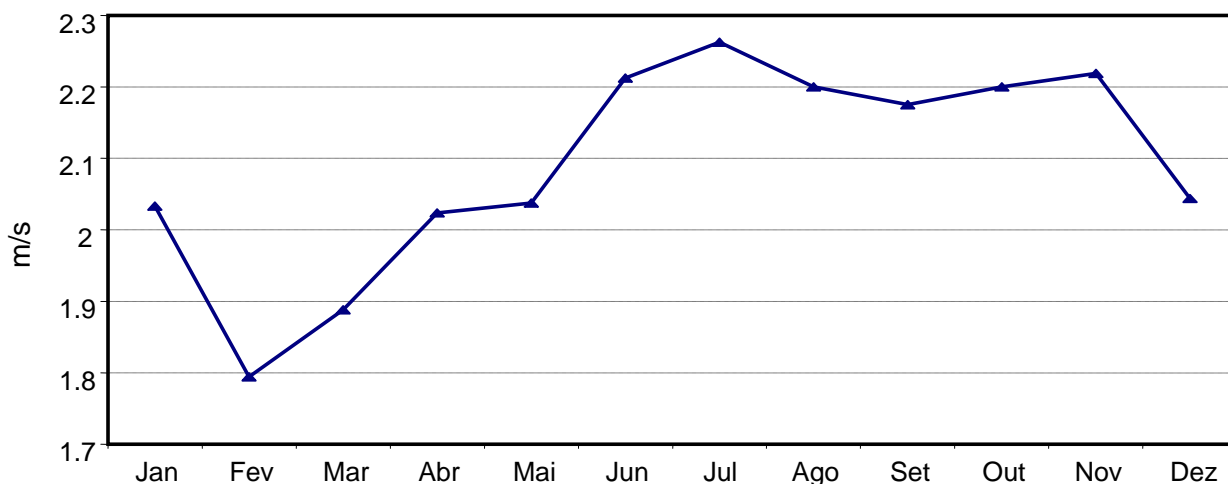


Figura 5.6 - Média climatológica mensal da velocidade do vento à superfície em Salvador para o período de 1975 a 1998 (INMET).

Finalmente, foram analisados os dados de pressão atmosférica ao nível do mar, onde a média dos eventos apresentou o valor de 1016 mb (Tabela 5.3). A variação da pressão ao nível médio do mar ao longo de uma série histórica (1968-1996), oscila em torno de 1010 mb de janeiro a maio e 1015 mb de outubro a dezembro, enquanto que, os máximos valores ocorrem durante o quadrimestre de junho a setembro, oscilando entre 1015 a 1020mb, estando de acordo com a alta frequência de sistemas frontais que chegam ao litoral leste do NEB. Comparando-se a pressão média (1016 mb) observada durante o período erosivo com a média climatológica, ao longo do ano, pode-se supor que os sistemas sinóticos estão intrinsecamente relacionados com a erosão costeira observada na costa de Salvador.

5.2.2.1 – Padrão Sinótico - Cenário 1A

Os eventos que se enquadraram nas características deste cenário são descritos em amarelo na Tabela 5.3. Seguem abaixo as análises do comportamento sinótico e dos parâmetros atmosféricos mais significativos, mencionados anteriormente, sob o aspecto de sua intensidade e influência nos eventos erosivos relacionados a este cenário. Os parâmetros atmosféricos analisados podem ser vistos nas Figuras A2.7 a A2.12.

As cartas sinóticas (Figuras A2.1 a A2.6) evidenciaram o posicionamento da FF na faixa latitudinal entre 15°S e 20°S, com orientação SE-NW, sendo que em todos os casos a FF encontrava-se interceptando esta faixa latitudinal com o setor NW de seu eixo no dia do evento

erosivo, quando estava posicionada sobre o oceano. Nos eventos com duração de mais de um dia (eventos 2, 9, 15 e 31 nas Tabelas 5.1 e 5.3), notou-se que predominantemente no segundo dia do PE, a FF deslocou-se para leste sobre o oceano, se distanciando do continente e cedendo lugar para a AP acoplada ao CV, nos baixos níveis, exceto no evento 9 (Figura A2.2), onde a FF se manteve estacionária nos dias de erosão interceptando a latitude de 15°S. Na maioria dos eventos, observou-se que o eixo principal do CV, esteve paralelo à costa leste do NEB, favorecendo movimentos ascendentes dos ventos à superfície com direções predominantemente de E, SE e S. Isso ocorreu principalmente no dia anterior e no dia do evento erosivo, exceto no evento 18 (Figura A2.5), em que no dia da erosão se observou o vento de superfície com direção de SW na orla de Salvador. Uma característica notável em todos os eventos deste cenário foi a presença AP sempre à retaguarda da FF, numa posição de interseção com o continente, oscilando entre as latitudes das regiões Sul e Sudeste do país.

As variações espaciais extremas (Figuras A2.7 a A2.12) da componente zonal (u) em praticamente todos os eventos deste cenário foram predominantemente negativas, ou seja, E→W, com intensidades variando entre -8,5 e 1,5 m/s. Nos eventos 2, 9 e 15 (Figuras A2.7, A2.8 e A2.10) observou-se que a componente (u) inverteu o sinal (sentido) do vento de W→E, enquanto que a componente meridional (v) apresentou mudança de sentido no dia anterior ou no dia da erosão e, por vezes, nas duas situações; evidenciando a passagem da FF na região. As variações de intensidade desta componente (v) oscilaram entre -5,2 e 12,5 m/s (Tabela 5.3). Em média, as variações durante o PE das componentes (u) e (v) oscilaram entre -5 e 2 m/s e -1 e 7 m/s, respectivamente. Os maiores valores do desvio padrão, em relação à média, foram observados para a componente meridional com mais de 50% dos valores acima de 3 m/s, refletindo uma alta variabilidade desta componente, tanto de intensidade quanto de sentido (Tabela 5.3).

O campo da Pressão ao Nível Médio do mar (PNM), em média, variou entre 1011,5 e 1022,0 mb (Tabela 5.3).

Os resultados aqui apresentados permitiram a idealização do padrão sinótico no tocante à circulação atmosférica (representados pelos sistemas sinóticos FF e AP/CV, e ainda pelos ventos à superfície), que predominou na costa de Salvador durante os eventos erosivos que compõem o cenário 1A (Figura 5.7).

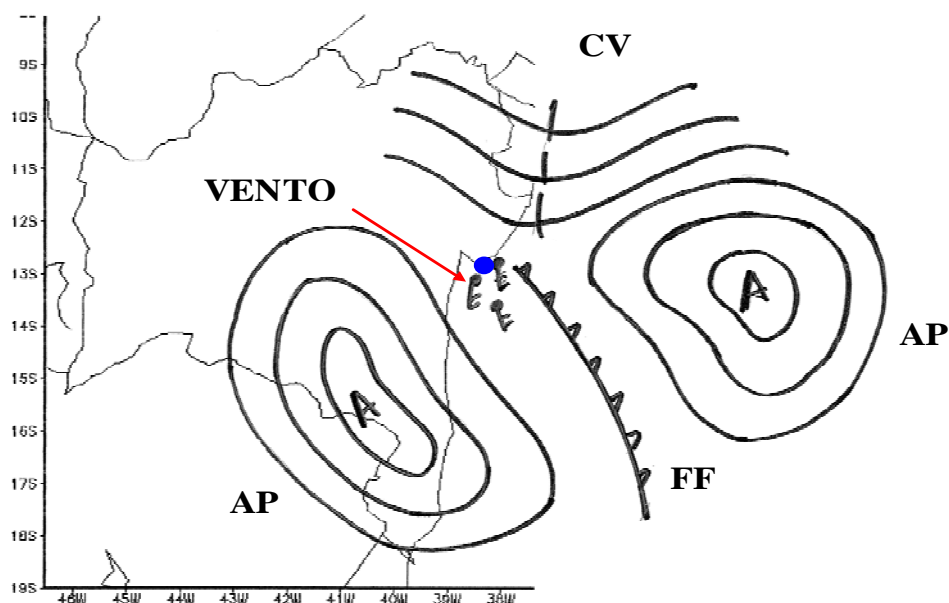


Figura 5.7 – Idealização do padrão sinótico observado em Salvador (azul) durante os eventos erosivos do Cenário 1A.

No capítulo 6 apresenta-se um estudo de caso do evento erosivo 9 (Tabelas 5.1 e 5.3).

5.2.2.2 - Padrão Sinótico - Cenário 1B

Os eventos que se enquadraram nas características principais deste cenário são descritos em laranja na Tabela 5.3. Seguem abaixo as análises dos parâmetros mais significativos, sob o aspecto de sua intensidade e influência nos eventos erosivos relacionados a este cenário. Os parâmetros atmosféricos analisados podem ser vistos nas Figuras A2.19 a A2.24.

A partir da análise das cartas sinóticas de superfície (Figuras A2.13 a A2.18) foi possível observar que a principal característica deste cenário deveu-se ao fato da FF apresentar-se na faixa latitudinal entre 15°S e 20°S, com orientação SE-NW, no dia que antecedeu ao evento erosivo. Entretanto, no dia da erosão, observou-se que em todos os eventos, as frentes frias avançaram rumo à direção Norte e interceptaram o continente, em algumas situações atingindo latitudes inferiores a 15°S, como nos eventos de 7, 14, 28, 29 e 30. No evento 19 (Figura A2.15), a FF interceptou o continente ao sul de Salvador no primeiro dia do evento erosivo e, no segundo dia, a mesma estava sobre o oceano em estado de oclusão (dissipação), cedendo lugar à AP e ao CV, que mantiveram os ventos de SE na costa de Salvador. Uma das características que mais se

destacou neste cenário, foi a fraca atividade do CV, observado a partir do fraco gradiente de pressão em alguns eventos, tendo ficado quase imperceptível, como pode ser visto nas cartas sinóticas dos eventos 28 (Figuras A2.16 e A2.22) e 30 (Figuras A2.18 e A2.24). Notou-se também que nos eventos em que o CV esteve melhor configurado, o seu eixo principal apresentou-se predominantemente sobre o oceano, com certo paralelismo em relação à costa leste do NEB, contribuindo dessa forma, para o estabelecimento dos ventos de SE, o que predominou em 2 dos eventos deste cenário, o evento 7 (Figuras A2.13) e o evento 19 (Figuras A2.15). Nas cartas sinóticas de superfície foi possível observar que em 83% dos eventos o vento assumiu as direções SE, S e SW, estando coerente com a conjunção dos sistemas sinóticos atuantes neste cenário: FF, AP e CV. O sistema de AP se apresentou sempre à retaguarda da FF, centrado no oceano e, em todas as situações, interceptou o continente com sua borda esquerda, oscilando entre as latitudes das regiões Sul e Sudeste do país.

As variações espaciais (Figuras A2.19 a A2.24) extremas da componente zonal (u) apresentaram intensidades variando entre -7,2 e 1,7 m/s, evidenciando que em 67% dos eventos erosivos a componente (u) foi predominantemente negativa, com direção de E→W, exceto nos eventos 14 e 29 (Figuras A2.20 e A2.23, respectivamente), onde a componente oscilou, mudando algumas vezes de sentido, de E→W→E. Quanto à componente meridional (v), estas variações oscilaram entre -5,0 e 11,8 m/s e, em 83% dos eventos esta componente apresentou mudança de sentido ou inversão de sinal nos dois dias que antecederam o evento erosivo marcando, portanto, a passagem da FF que ocorreu sempre quando o vento assumiu direções no quadrante de E a S (Figuras A2.19 a A2.24). As variações da velocidade, em média, de (u) e (v) estiveram entre -5 e -1 m/s e -1 e 6 m/s, respectivamente. Os maiores valores do desvio padrão foram observados na componente meridional, chegando a 5 m/s, refletindo uma alta variabilidade desta componente, tanto de intensidade quanto de sentido (Tabela 5.3).

O campo da pressão esteve variando em todos os eventos deste cenário entre 1011,0 e 1019 mb (Tabela 5.3).

Os resultados aqui apresentados permitiram a idealização do padrão sinótico no tocante à circulação atmosférica (representados pelos sistemas sinóticos FF e AP/CV, e ainda pelos ventos à superfície), que predominou na costa de Salvador durante os eventos erosivos que compõem o cenário 1B (Figura 5.8).

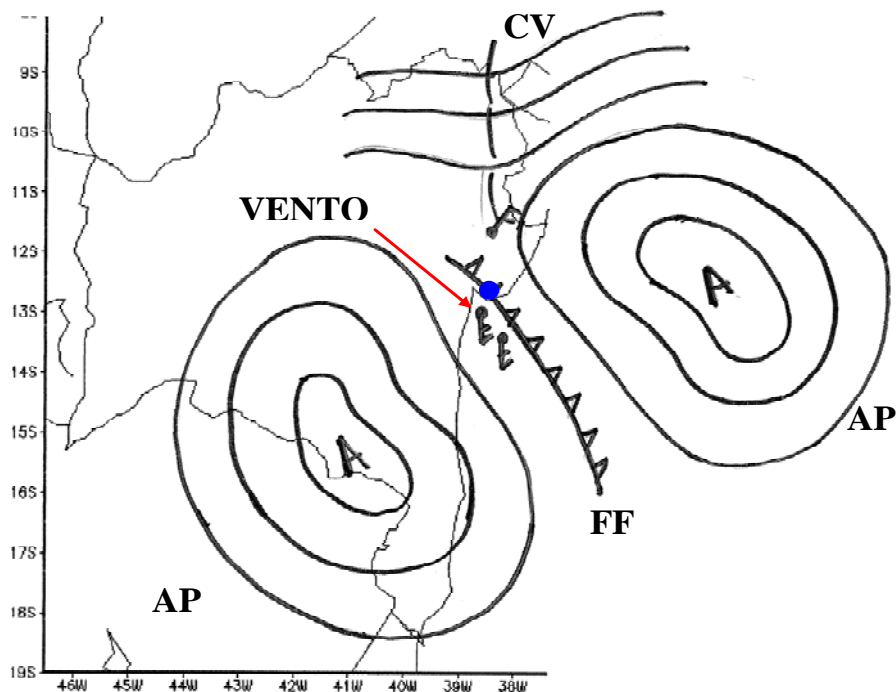


Figura 5.8 – Idealização do padrão sinótico observado em Salvador (azul) durante os eventos erosivos do Cenário 1B.

5.2.2.3 – Padrão Sinótico - Cenário 2A

Os eventos que se enquadraram nas características deste cenário são descritos em verde claro na Tabela 5.3. Seguem abaixo as análises dos parâmetros mais significativos mencionados anteriormente, sob o aspecto de sua intensidade e influência nos eventos erosivos relacionados a este cenário. Os parâmetros atmosféricos analisados podem ser vistos nas Figuras A2.34 a A2.42.

A partir da análise sinótica de superfície (Figuras A2.25 a A2.33) observou-se que o acoplamento entre a AP e o CV predominou com uma característica bem peculiar, que foi a presença da borda esquerda do eixo principal do CV posicionada em paralelo ao setor leste do NEB, entre a faixa latitudinal de 0° a 20°S, favorecendo na interface oceano-continente ventos de SE. Em algumas situações o eixo principal do CV esteve próximo à latitude de 25°S, como nos eventos 5 e 12 (Figuras A2.27 e A2.28, respectivamente), evidenciando um forte gradiente de pressão no dia do evento erosivo. Por outro lado, em 67% dos eventos observou-se que o gradiente de pressão do CV esteve fraco. O sistema de AP se apresentou sempre centrado no oceano, oscilando entre 15°S e 40°S e, na maioria dos eventos, sua borda esquerda esteve interceptando o continente. No evento 22 (Figura A2.29), a AP esteve deslocada para E sobre o

oceano. Outra característica evidente neste cenário foi que em 89% dos eventos, observou-se que os ventos estiveram oscilando entre as direções E e S, com predomínio da direção SE na maioria dos eventos, nos dias que antecederam a erosão e/ou no dia da erosão, exceto para o evento 26, que apresentou vento de NE no dia do evento erosivo (Figura A2.33).

As variações espaciais extremas (Figuras A2.34 a A2.42) da componente zonal (u) do vento apresentaram intensidades oscilando entre -9,2 e 1,0 m/s. Em 67% dos eventos erosivos a componente foi predominantemente negativa, exceto nos eventos 1, 5 e 6, quando a componente zonal oscilou mudando algumas vezes de sinal (Figuras A2.34, A2.35 e A2.36, respectivamente). Quanto à componente meridional (v) do vento, estas variações oscilaram entre -3,0 a 13,8 m/s e 44% dos eventos a componente apresentou inversão de sinal. Em 33% dos casos a mudança de sinal antecedeu a erosão, como nos eventos 23 e 24, ou foi no dia da erosão, como no evento 1. Em média, as variações da velocidade de (u) e (v) oscilaram entre -5 e -2 m/s e 0 e 5 m/s, respectivamente. Os maiores valores do desvio padrão foram observados para a componente meridional, chegando a 3,5 m/s, refletindo assim uma alta variabilidade desta componente, tanto de intensidade quanto de sentido durante os eventos (Tabela 5.3).

O campo da Pressão ao Nível Médio do mar (PNM) esteve variando em média entre 1012,5 e 1019,0 mb (Tabela 5.3).

Os resultados aqui apresentados nesta seção permitiram a idealização do padrão sinótico no tocante à circulação atmosférica (representados pelos sistemas sinóticos AP/CV, e ainda pelos ventos à superfície), que predominou na costa de Salvador durante os eventos erosivos que compõem o cenário 2A (Figura 5.9).

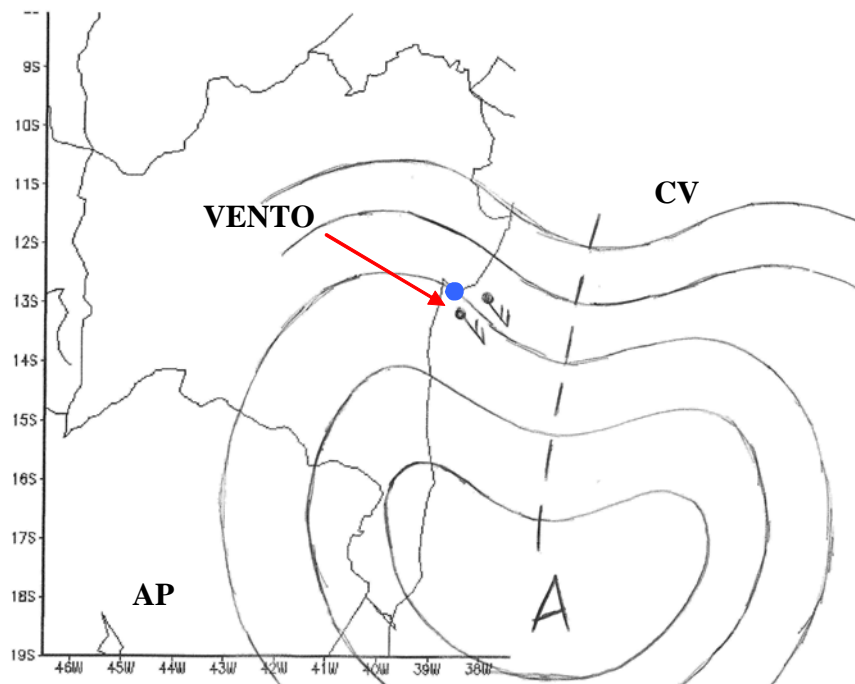


Figura 5.9 – Idealização do padrão sinótico observado em Salvador (azul) durante os eventos erosivos do Cenário 2A.

No capítulo 6 apresenta-se um estudo de caso para o evento 5.

5.2.2.4 – Padrão Sinótico - Cenário 2B

Os eventos que se enquadraram nas características deste cenário são descritos em verde escuro na Tabela 5.3. Seguem abaixo as análises dos parâmetros mais significativos, mencionados anteriormente, sob o aspecto de sua intensidade e influência nos eventos erosivos relacionados a este cenário. Os parâmetros atmosféricos analisados podem ser vistos nas Figuras A2.52 a A2.60.

A análise sinótica (Figuras A2.43 a A2.51) revelou como característica principal deste cenário, a presença na região costeira, dos sistemas sinóticos acoplados AP e CV, mas com uma diferença crucial em relação ao cenário 2A, que foi a presença em 78% dos eventos erosivos de uma FF oscilando na faixa latitudinal entre 15°S e 25°S, ora sobre o oceano, ora interceptando o continente (exceto nos eventos 4 e 27 – Figuras A2.43 e A2.51). Outra característica evidente neste cenário foi a direção do vento, a qual esteve em 78% dos eventos oscilando no quadrante de SE, no dia que antecedeu à erosão e no dia da erosão, exceto durante os eventos 8 e 17 (Figuras

A2.44 e A2.48). Foi verificado nas cartas sinóticas, para a região da costa de Salvador, que em 50% destes eventos o vento de superfície predominou na direção SE no dia da erosão.

As variações extremas espaciais (Figuras A2.52 a A2.60) da componente zonal apresentaram intensidades oscilando entre -10,7 e 2,2 m/s, evidenciando que em 78% dos eventos erosivos esta componente foi predominantemente negativa, com sentido de E→W, sendo que nos eventos 4 e 27 (Figuras A2.52 e A2.60), quando a componente oscilou, mudando algumas vezes de sentido: E→W→E. Entretanto, a componente meridional oscilou entre -0,7 a 11,0 m/s e, em apenas 22% dos eventos erosivos deste cenário foram observadas inversões de sentido para a componente meridional, com a mudança de sinal ocorrendo antes e depois do evento erosivo a exemplo do evento 8. Já no evento 17 a mudança ocorreu depois do evento de erosão, evidenciando, portanto, a oscilação de sentido da componente meridional de S→N→S (Figura A2.57). As variações das magnitudes médias de (u) e (v) estiveram oscilando entre -7,0 e -2,0 m/s e -1,0 e 8,0 m/s, respectivamente (Tabela 5.3). O máximo valor do desvio padrão foi de 2,0 m/s, observado em ambas as componentes, podendo-se supor que as componentes apresentaram uma alta variabilidade na intensidade durante os eventos (Tabela 5.3).

O campo da Pressão ao Nível Médio do mar (PNM) esteve variando em todos os eventos deste cenário entre 1011 e 1020 mb (Tabela 5.3).

Os resultados aqui apresentados permitiram a idealização do padrão sinótico no tocante à circulação atmosférica, representados pelos sistemas sinóticos e AP/CV, e ainda pelos ventos à superfície, que predominou na costa de Salvador durante os eventos erosivos que compõe o cenário 2B (Figura 5.10).

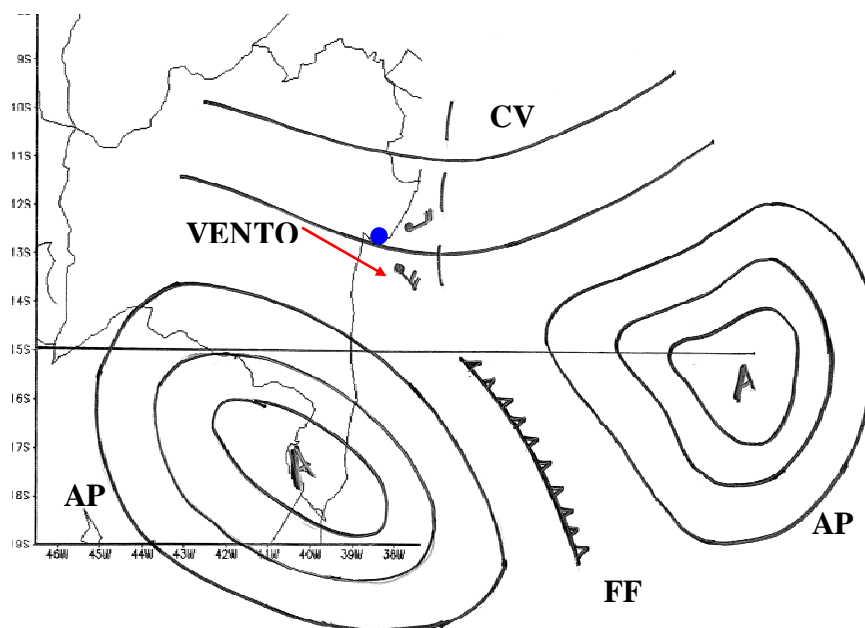


Figura 5.10 – Idealização do padrão sinótico observado em Salvador (azul) durante os eventos erosivos do Cenário 2B.

5.2.3 – Ondas

As abordagens deste item se referem à dados climatológicos de ondas, obtidos a partir de observações visuais (Hogben & Lumb, 1967), e ao diagrama de refração de ondas, ambos para a costa de Salvador.

5.2.3.1 – Climatologia de Ondas

A climatologia da direção da onda para a costa de Salvador ao longo do ano pode ser vista na Figura 5.11, tendo sido obtida a partir da variação trimestral destes parâmetros. As informações encontradas em Hogben & Lumb (1967) são expressas por 12 setores angulares com 20° cada um, separados entre si por setores de 10°, onde inexistem informações. Desse modo, a Figura 5.11 mostra os percentuais das diferentes direções médias de frentes-de-ondas correspondentes a cada um dos 12 setores para os trimestres MAM, JJA, SON e DJF.

Observa-se que para o trimestre MAM as direções de onda oscilam entre 330° a 180°, com predomínio na direção de ENE e E, que apresentaram percentuais de ocorrência de

aproximadamente 25% e 20%, respectivamente. Para o trimestre JJA, as direções de onda oscilam entre 360° a 150° com predomínio nas direções de E e ENE que apresentaram os percentuais de ocorrência de aproximadamente 35% e 25%, respectivamente. No trimestre SON as direções de onda oscilaram entre 330° a 120°, com predomínio nas direções de ENE, E, N e NNE que apresentaram percentuais de ocorrência de aproximadamente 27% para ENE, 19% para as direções E, N, NNE. Por fim, no trimestre DJF as direções oscilaram entre 330° a 120°, com predomínio nas direções de N, ENE, NNE e E, que apresentaram percentuais de ocorrência de aproximadamente 25%, 24%, 21% e 17%.

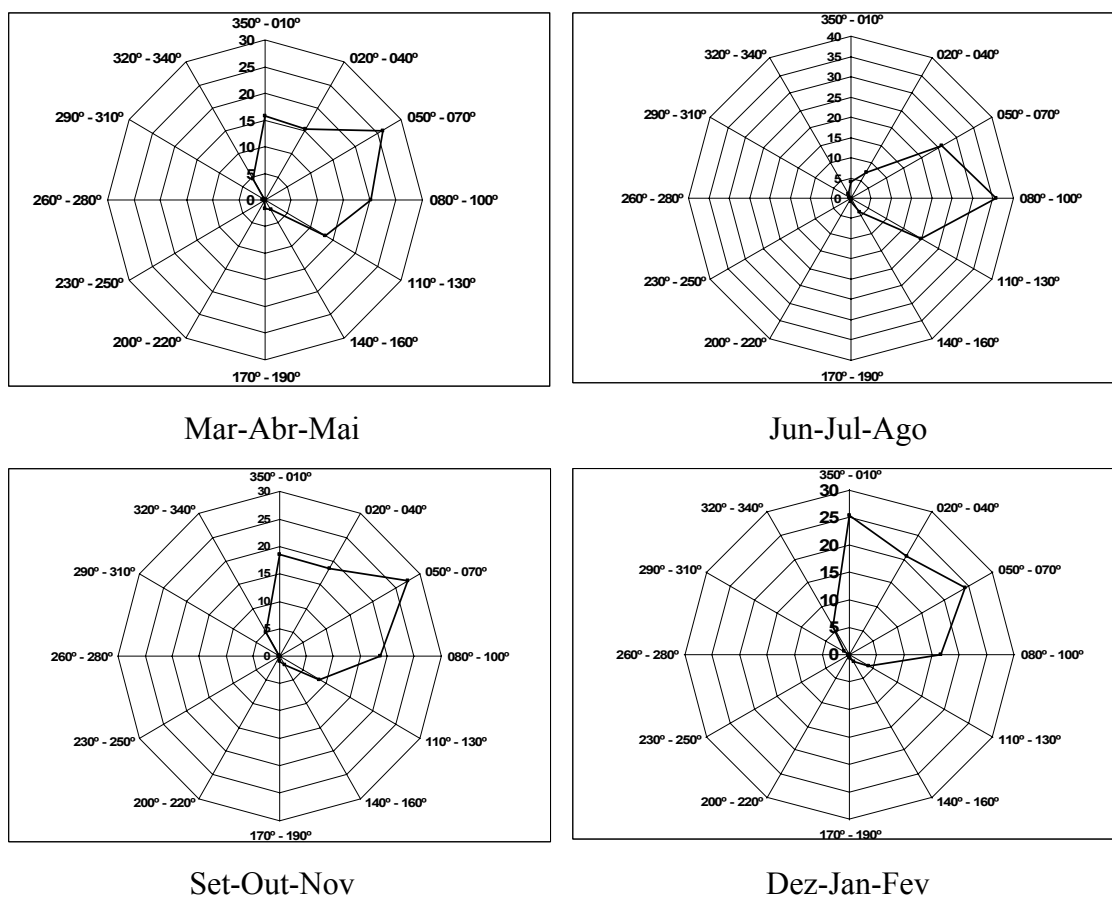


Figura 5.11 – Climatologia trimestral da direção da onda (°) ao longo do ano para a área costeira de Salvador (Adaptado de Hogben & Lumb, 1967), representada pelo percentual de ocorrência em cada direção.

A climatologia para o período de ondas na costa de Salvador (Figura 5.12) evidenciou que durante o trimestre MAM, se observa a máxima frequência de aproximadamente 58% para

períodos de ondas com valores inferiores ou iguais a 5 s. Nos trimestres de JJA e SON foram observadas as máximas freqüências para períodos de onda entre 6 e 7 s, com percentuais de aproximadamente 39% e 32%, respectivamente. Ondas com períodos variando entre 8 e 9 s, apresentam as maiores freqüências de ocorrência nos trimestres de JJA com o percentual de aproximadamente 14%. Por fim, ondas com períodos superiores a 9 s, apresentam percentuais insignificantes.

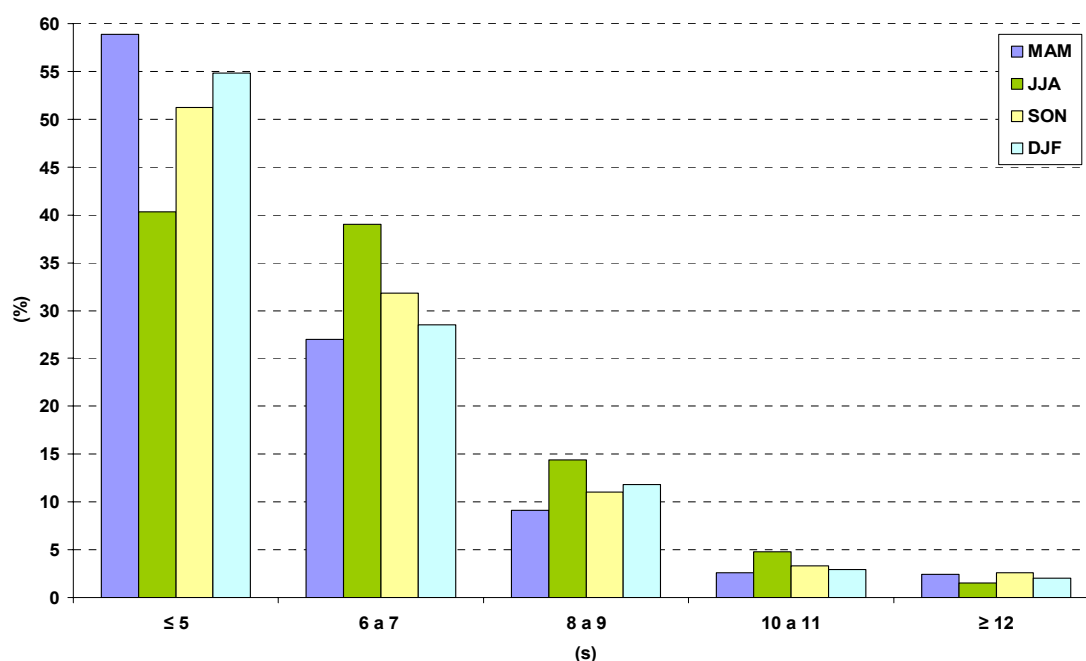


Figura 5.12 – Climatologia trimestral para o período da onda (s) ao longo do ano para a área costeira de Salvador (Adaptado de Hogben & Lumb, 1967), representada pelo percentual de ocorrência em cada faixa de período.

A climatologia da altura de onda para Salvador pode ser vista na Figura 5.13, onde pode-se observar que as ondas com alturas iguais ou inferiores a 1,5 m foram predominantes ao longo do ano, com uma freqüência máxima de aproximadamente 70% durante o trimestre de DJF. As ondas com alturas de 2 e 2,5 m atingem a máxima freqüência de aproximadamente 27 e 13%, respectivamente, durante o trimestre de JJA. As ondas com alturas iguais ou superiores a 3 m ocorrem com uma freqüência máxima de aproximadamente 7% durante o trimestre de JJA.

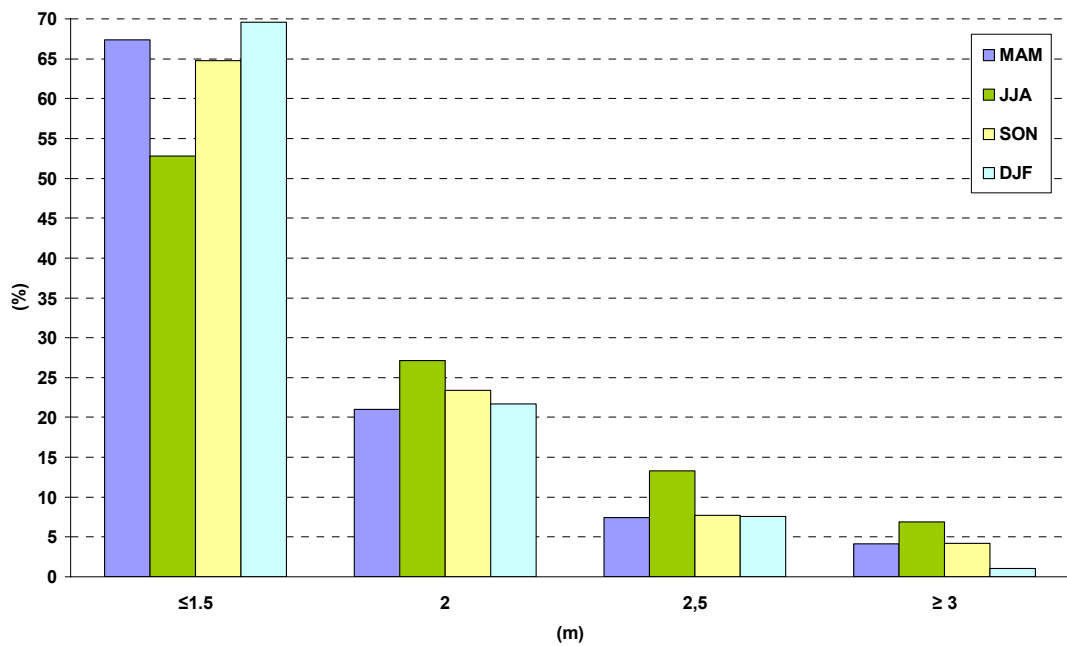


Figura 5.13 – Climatologia trimestral para a altura significativa da onda (m) ao longo do ano para a área costeira de Salvador (Adaptado de Hogben & Lumb, 1967), representada pelo percentual de ocorrência em cada faixa de período.

5.2.3.2 – Diagrama de Refração de Ondas

Com base na climatologia apresentada na seção anterior, a Figura 5.14 mostra um diagrama de refração para ondas provenientes de SE (135°), com altura e período em alto-mar de 2,0 m e 6,5 s respectivamente (Bittencourt et al., 2008). Este diagrama apresenta focos de convergência de ondas (com alturas superiores a 2 m) que coincidem com a localização das praias em que, historicamente, têm sempre ocorrido os eventos de erosão costeira severa na costa atlântica de Salvador (Medeiros, 2005; Bittencourt et al., 2008).

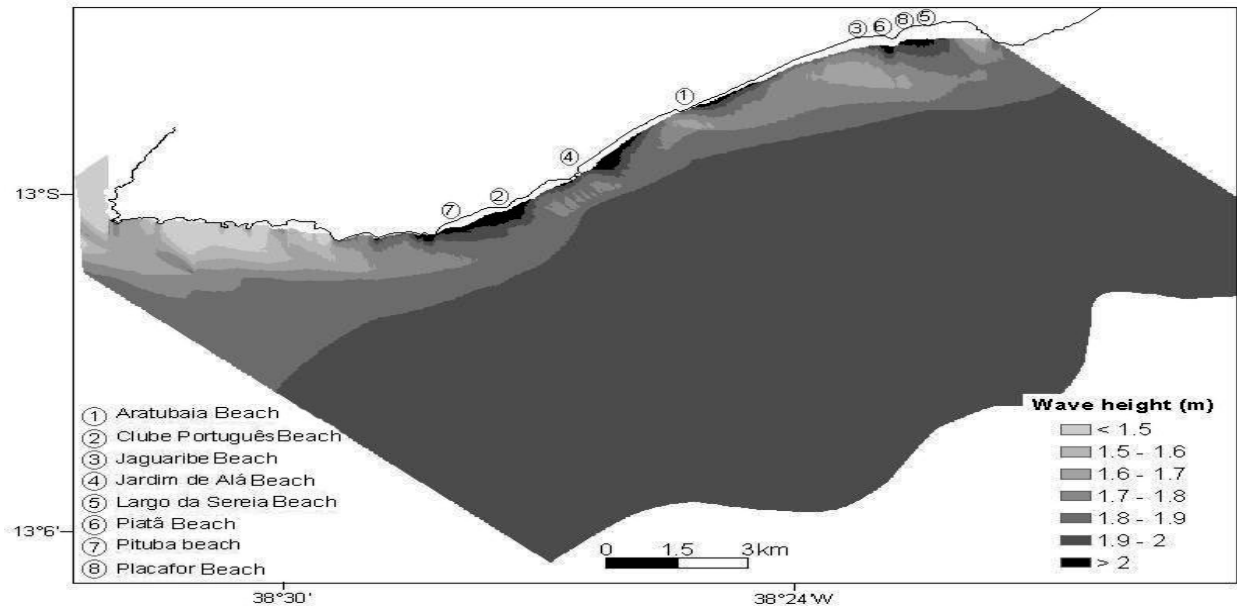


Figura 5.14 – Diagrama de refração de ondas para a orla de Salvador para ondas com período de 6,5 segundos e altura de 2,0 m e direção de SE (Bittencourt et al., 2008).

5.2.4 – Fenômenos Interanuais

O fenômeno ENOS é conhecido por alterar o padrão normal de circulação atmosférica, seja em sua fase quente ou fria (El Niño e La Niña, respectivamente), induzindo variações no regime dos ventos e precipitações em regiões tropicais e de latitudes médias, com impactos na escala regional e global, ocasionando alterações no clima em diversas regiões do planeta (Austrália, Indonésia, Índia, oeste da África, nordeste e sul do Brasil, Pacífico central e leste, Peru e Equador) (CPTEC). No Nordeste do Brasil, observa-se que em anos de El Niño, ocorreram secas de diversas intensidades na região norte do nordeste durante a estação chuvosa de fevereiro a maio, enquanto que o sul e oeste desta região não são significativamente afetados. Entretanto, durante os anos de La Niña ocorre maior frequência de chegada de frentes frias até a Região Nordeste, principalmente no litoral da Bahia, Sergipe e Alagoas (Ropelewski e Halpert, 1987; Lima 1991; Moura et al., 2000 e Aragão [s.d.]). Estes autores observaram que durante estes episódios ocorre uma maior probabilidade de chuvas acima da média na região semi-árida do nordeste quando, simultaneamente ao La Niña, são observados valores de TSM, no Atlântico Tropical Sul, acima da média e abaixo da mesma no Atlântico Tropical Norte. Considerando-se a importância do ENOS no clima do nordeste brasileiro, avaliou-se sua influência durante os eventos erosivos, que foram agrupados por ano de ocorrência da erosão e correlacionados com o

índice que define a intensidade do fenômeno. Este índice é obtido em função da intensidade do vento, a partir do padrão e magnitude das anomalias de TSM no Pacífico Tropical (CPTEC), (Tabela 5.4).

Anos de Ocorrência dos Eventos Erosivos	Intensidade do ENOS
1967	Neutro
1969	El Niño Moderado
1971	La Niña Moderada
1974	La Niña Forte
1975	La Niña Forte
1980	El Niño Fraco
1981	Neutro
1984	La Niña Fraca
1985	La Niña Fraca
1988	La Niña Forte
1993	El Niño Forte
1994	El Niño Moderado
1995	El Niño Moderado
1996	La Niña Fraca
1997	El Niño Forte
1999	La Niña Moderada
2001	La Niña Moderada
2002	El Niño Moderado
2005	Neutro
2006	El Niño Fraco

Tabela 5.4 – Intensidade do Fenômeno ENOS durante os anos de eventos erosivos (CPTEC).

A Tabela 5.4 mostra que os fenômenos erosivos registrados durante o período concentraram-se em apenas em 20 anos. Os eventos erosivos associados à La Niña ocorreram em 9 anos (1971, 1974, 1975, 1984, 1985, 1996, 1988, 1999 e 2001), associados ao El Niño em 8 anos (1969, 1980, 1993, 1994, 1995, 1997, 2002 e 2006), os associados a um padrão neutro ocorreram em 3 anos (1967, 1981 e 2005). É relevante abordar que nos anos de 1988 e 1995 foi verificado a ocorrência de ambos fenômenos, El Niño/La Niña, dentro de um mesmo ano, uma vez que estes se desenvolvem a partir do mês de julho de um dado ano e atinge sua máxima intensidade entre os meses de novembro e dezembro, e posteriormente ao mês de março do ano seguinte, atingem sua menor intensidade então, foram considerados neste trabalho apenas o fenômeno que atuava durante a ocorrência do evento de erosão. A intensidade do ENOS aparentemente parece não influenciar na frequência dos eventos erosivos, uma vez que os anos

com maior ocorrência de erosão (1996, 1999 e 2001) foram caracterizados por episódios de La Niña com intensidade variando de fraca a moderada, como mostra a Figura 5.15.

A análise da Figura 5.15 também mostra que a máxima frequência de erosão ocorreu sob a atuação dos episódios de La Niña, representando 60% do total de eventos. Por outro lado, apenas 30% dos eventos ocorreram sob a influência do El Niño. Observa-se ainda que 3 eventos ocorreram em anos neutros totalizando 10% dos eventos erosivos. A máxima frequência anual de erosão foi observada no ano de 1996, com 5 casos de erosão. Seguida dos anos de 1975, 1988, 1999 e 2001 com 2 casos de erosão nos dois primeiros anos e 3 nos dois últimos, todos sob atuação dos episódios de La Niña. No caso dos eventos de erosão associados ao El Niño, a máxima frequência anual foi de 2 eventos, ocorrendo no ano de 1994.

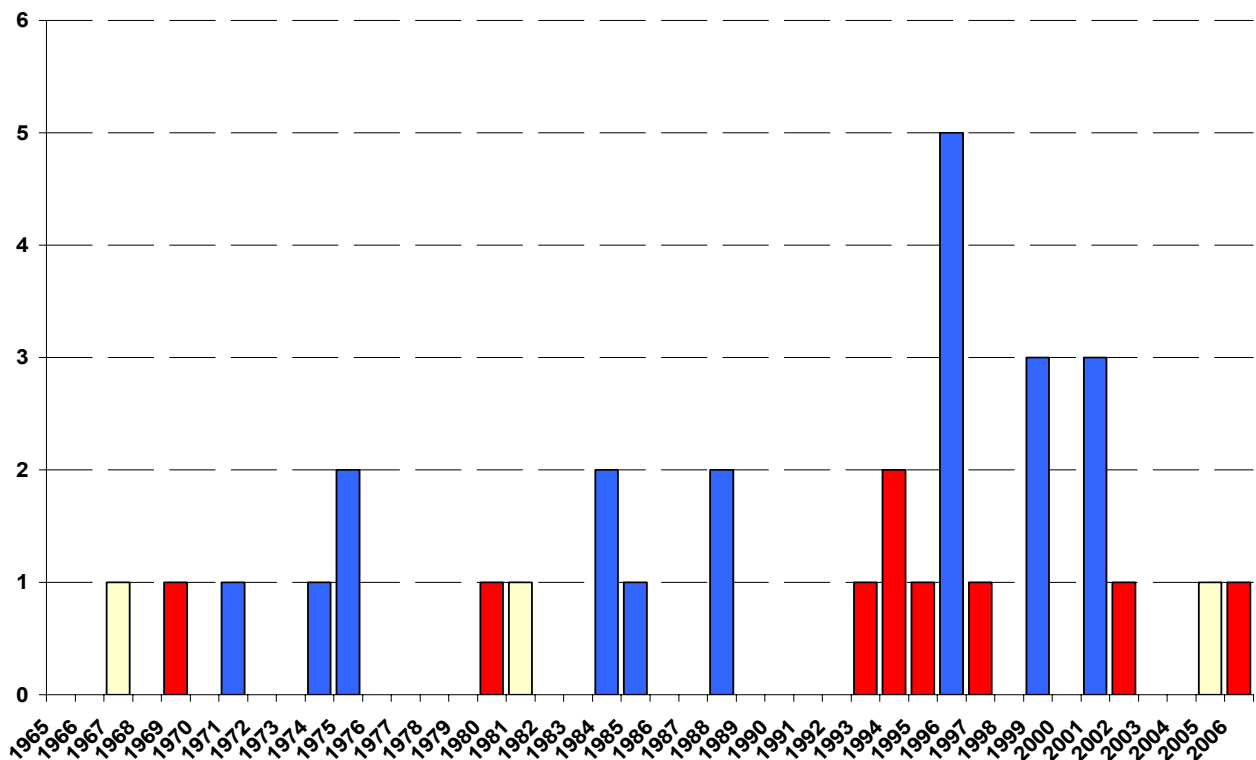


Figura 5.15 - Frequência anual de ocorrência de eventos erosivos e padrão de TSM's do Pacífico Equatorial Central para os anos com ocorrência de El Niño (vermelho), La Niña (azul) e Neutro (amarelo) (CPTEC).

A Tabela 5.5 mostra a associação do ENOS em função do padrão sinótico e da condição de maré prevista observada durante os eventos erosivos, a qual revelou que para os eventos descritos nos cenários 1A e 1B, que os episódios de El Niño e La Niña contribuíram com 42% e 50% de ocorrência para cada fenômeno, enquanto que o percentual restante 8%, se divide entre a

ocorrência dos dois fenômenos no mesmo ano e o padrão neutro ou normal. Com relação às marés, houve um predomínio de eventos ocorrendo durante a maré de sizígia, tanto nos episódios de La Niña como de El Niño. Entretanto, nos eventos descritos pelo padrão sinótico observado nos cenários 2A e 2B a influência dos episódios de La Niña foi predominante e explicou aproximadamente 72 % de todos os eventos, bem como a condição de sizígia.

	Evento (Nº.)	TSM				
		L	E	N		
Cenário 1A e 1B	15 a 19/03/84 (9)	X			S	
	12 a 16/07/88 (11)	X				
	08 a 12/07/94 (15)		X			
	16 a 19/09/01 (28)	X				
	24 a 27/05/02 (29)		X			
	05 a 10/09/06 (31)		X		T	
	27 a 30/08/80 (7)		X			
	07 a 10/03/94 (14)		X			
	18 a 21/04/96 (18)	X				
	03 a 06/06/69 (2)		X			
	21 a 25/07/96 (19)	X				
21 a 24/09/05 (30)			X	Q		
Cenário 2A e 2B	17 a 20/07/67 (1)			X	S	
	30/06 a 03/07/74 (4)	X				
	22 a 26/05/75 (5)	X				
	27 a 31/05/75 (6)	X				
	04 a 07/04/81 (8)			X		
	16 a 19/08/93 (13)		X			
	15 a 18/04/95 (16)		X			
	04 a 07/03/96 (17)	X				
	30/07 a 02/08/96 (20)	X				
	10 a 13/09/96 (21)	X				
	08 a 11/03/97 (22)		X			
	27 a 30/03/99 (23)	X				
	13 a 16/05/99 (24)	X				
	21 a 24/03/01 (26)	X				
	21 a 24/05/01 (27)	X				
	01 a 04/08/85 (10)	X				T
	26 a 29/09/99 (25)	X				
	31/07 a 03/08/88 (12)	X				
		Total	18	9	3	

Tabela 5.5 – Fenômenos La Niña (L), El Niño (E) e Neutro (N) agrupados por cenários sinóticos com o tipo de maré correspondente de Sizígia (S), Transição (T) e Quadratura (Q), respectivamente.

6 – Estudo de Caso

A principal motivação para a realização deste capítulo envolvendo estudos de caso foi o de investigar e compreender as condições atmosféricas e oceanográficas que influenciaram a erosão costeira na orla de Salvador. Neste capítulo são discutidas as principais forçantes sinóticas e oceanográficas (altura significativa e período da onda) para dois casos de eventos erosivos, sendo que cada um é descrito por um tipo de padrão sinótico, ou seja; cenários 1 e 2, discutidos no capítulo anterior. A análise em conjunto destas forçantes permitiu descrever as circunstâncias próximas e/ou dentro da realidade observadas durante um período erosivo, sendo também imprescindível como forma de validação do modelo proposto no Capítulo 5.

Os eventos analisados foram o 9 (de 15 a 19/03/84) e o 5 (de 22 a 26/05/75), listados na Tabela 5.3, dos cenários 1A e 2A, respectivamente que, a julgar pelas informações dos jornais, foram aqueles que aparentemente, causaram maiores danos materiais.

As análises apresentadas neste capítulo abrangem a extensão longitudinal de 26°W a 50°W e latitudinal de 0° a 25°S, tomando como referência principal a interação na fronteira continente-oceano-atmosfera no que concerne a área costeira da orla de Salvador.

6.1 - Evento Erosivo de 15 a 19/03/84 (Cenário 1 A)

Os danos materiais observados durante este evento erosivo foram danos à obras de alvenaria, tais como: balaustradas, muros, calçadas, queda de poste de iluminação e ainda danos à embarcações. Os locais atingidos foram as praias da Barra, Pituba e Rio Vermelho, como pode ser observado nas Fotos 6.1.

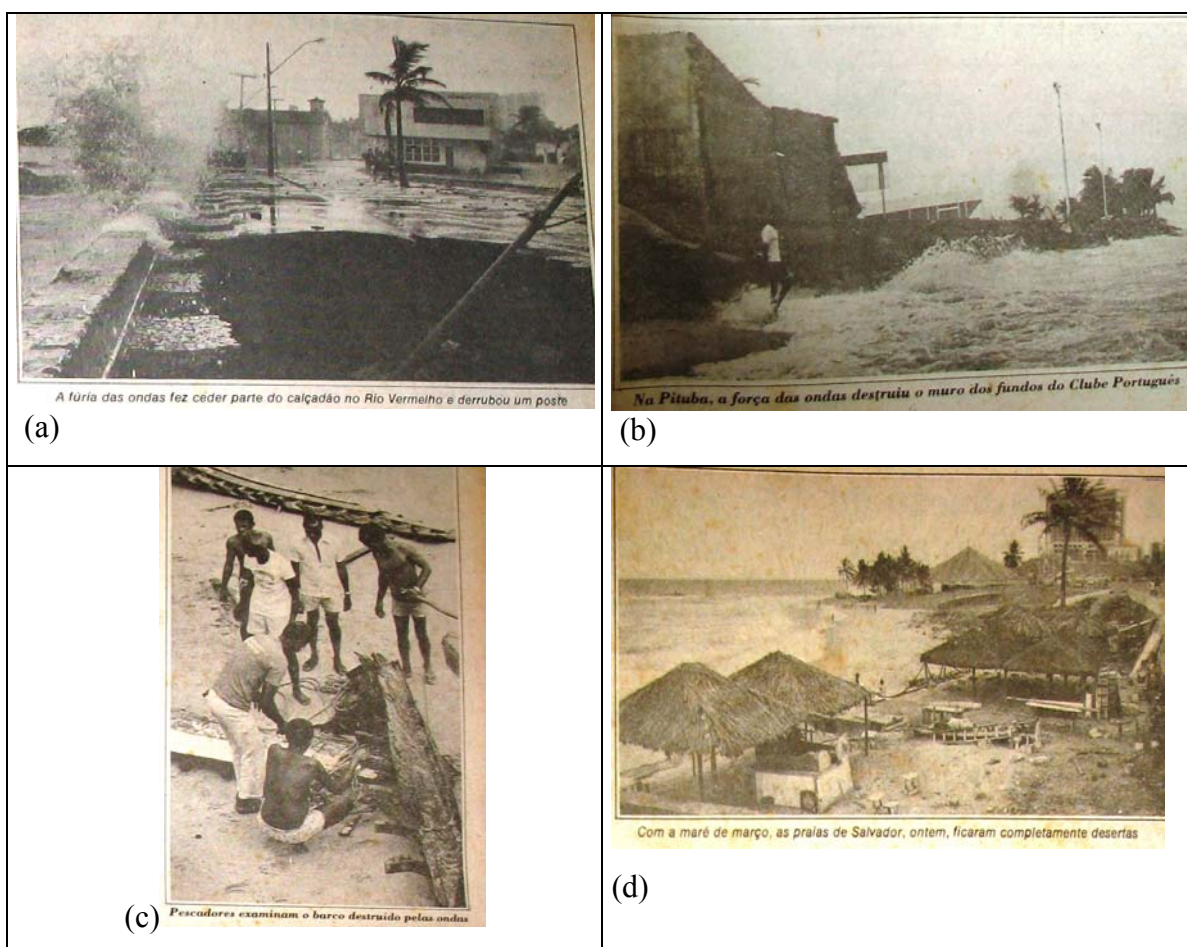


Foto 6.1 – (a) Calçada destruída próximo à Biblioteca Juracy Magalhães Júnior no Rio Vermelho, (b) muro danificado do Clube do Português na Pituba, (c) destruição de um barco pesqueiro no Rio Vermelho e (d) barraca de praia destruída no Rio Vermelho.

A manchete do Jornal a Tarde referente ao dia 17 narrava: “*FORTE RESSACA E TEMPORAL CAUSAM ABALOS EM SALVADOR*”: as fortes chuvas e não menos violenta ressaca do mar praticamente devastaram diversos locais da cidade. Em toda orla marítima o aspecto era de destruição. Parte da balaustrada entre o Farol e o Porto da Barra foi derrubada pela fúria das ondas

que cobriam toda a extensão de areia e arrebetavam com violência contra a murada de proteção. No Rio Vermelho: no calçadão da Biblioteca Juracy Magalhães Júnior, o mar abriu uma enorme cratera, na qual afundou um poste de iluminação (Foto 6.1a). Na Pituba, o muro do Clube do Português foi destruído pelo mar, que também arrastou barracas de praia e destruiu diversos barcos (Foto 6.1b). Na manchete referente ao dia 18 o Jornal a Tarde descreveu: “*MAR CAUSA ESTRAGOS E AGORA ESTÁ MAIS CALMO*”: no Rio Vermelho (Rua Borges dos Reis) fortes ondas continuavam atingindo o calçadão e parte da pista asfáltica, no trecho vizinho ao artesanato do SESI, além de provocar a destruição de um barco pescador (Foto 6.1c). Na Pituba, no Clube Português o muro dos fundos foi destruído, a barraca de praia neste local foi arrastada pelas ondas. Na Bacia das moças (Rio Vermelho) pelo menos uma barraca foi destruída (Foto 6.1d).

A altura máxima da maré (prevista) observada no período erosivo foi de 2,8 m com ocorrência de maré de sizígia entre os dias 17 e 18 e 2,7 m nos dias 16 e 19. A máxima maré prevista (2,8 m) excedeu em 40 cm a média associada aos eventos erosivos registrados durante a série analisada.

Os parâmetros atmosféricos observados durante o evento erosivo são apresentados nas Figuras 6.1 a 6.4.

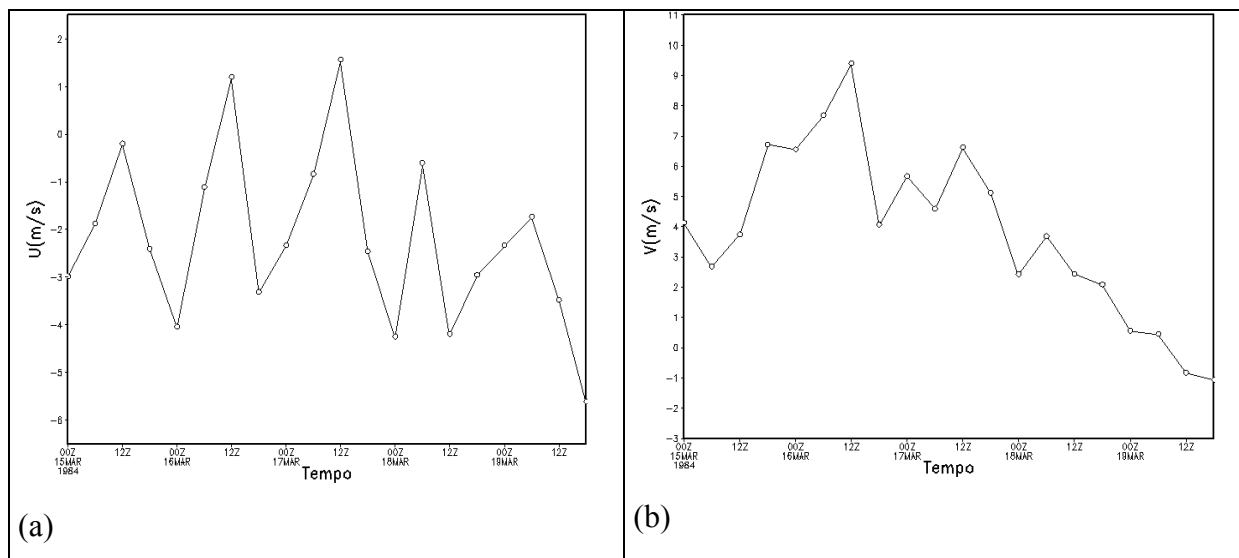


Figura 6.1 – Variação média das componentes zonal (a) e meridional (b) a 10 m, de reanálises do NCEP, entre as coordenadas (39,5°W, 14,0°S) e (37,0°W, 12,5°S) durante o PE de 15 a 19/03/84.

A Figura 6.1 (a) mostra que a componente zonal, inicialmente foi de aproximadamente - 3,0 m/s, em seguida a componente oscilou e atingiu o menor valor de intensidade observado no

período que foi de aproximadamente 1,5 m/s às 12Z do dia 17, enquanto que o máximo ocorreu às 12Z do dia 19, com o valor de aproximadamente -5,5 m/s. A mudança de sentido foi observada por duas vezes, inicialmente após às 06Z passando de E→W e logo após às 12Z desse dia, mudando de W→E, ambas as inversões ocorridas no dia 17. A amplitude da componente foi de 4,0 m/s.

A Figura 6.1 (b) mostra que a componente meridional do vento inicialmente foi de aproximadamente 4,1m/s, oscilando em seguida até o momento em que atingiu a máxima intensidade de aproximadamente 9,4 m/s às 12Z do dia 16. No dia 19 às 12Z, a componente atingiu o menor valor do período que foi de aproximadamente -1,0 m/s. Durante a maior parte do período a componente foi de S, invertendo o sentido apenas após às 06Z do dia 19, passando de S→N. A amplitude da componente no período foi de 10,4m/s.

A média e desvio padrão para a componente zonal (Figura 6.2 a) durante o PE foi de -2,5 m/s e 1,8 m/s, respectivamente, enquanto que para a componente meridional (Figura 6.2 b), a média foi de 4,0 m/s e desvio padrão de 3,0 m/s.

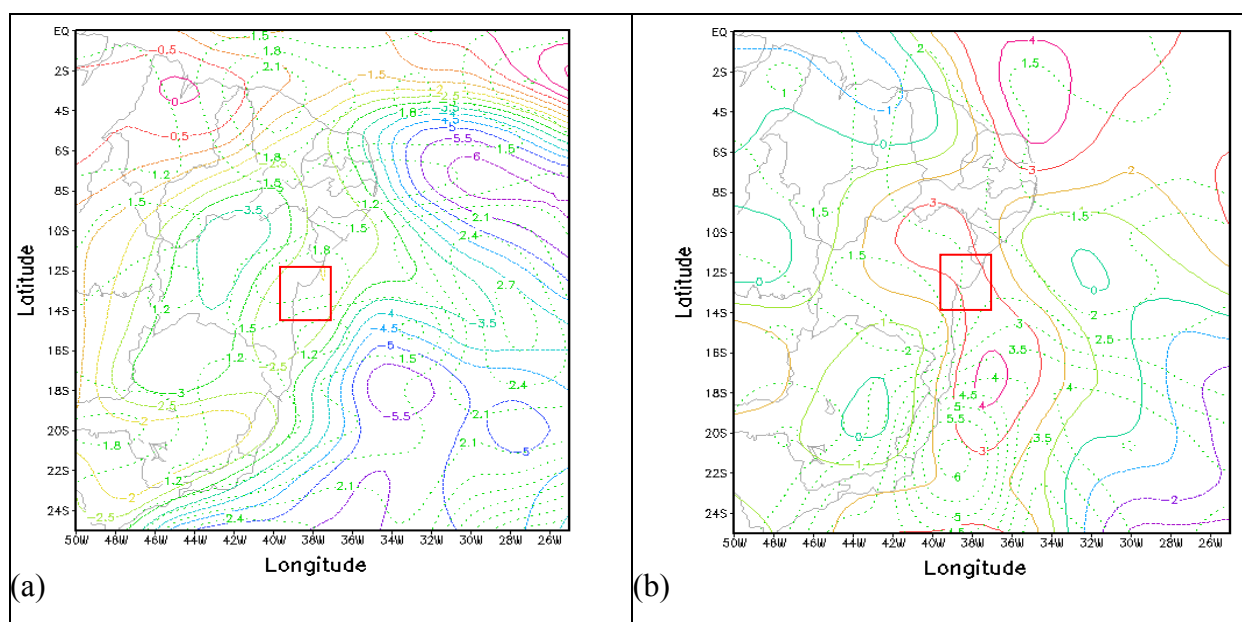


Figura 6.2 – Média (linha cheia) e desvio padrão (linha pontilhada) das componentes zonal (a) e meridional (b) a 10 m, durante o PE de 15 a 19/03/84 (NCEP).

A Figura 6.3 mostra que a pressão atmosférica reduzida ao nível médio do mar esteve, em média, em torno de 1011 mb durante o período erosivo, evidenciando a presença do sistema frontal.

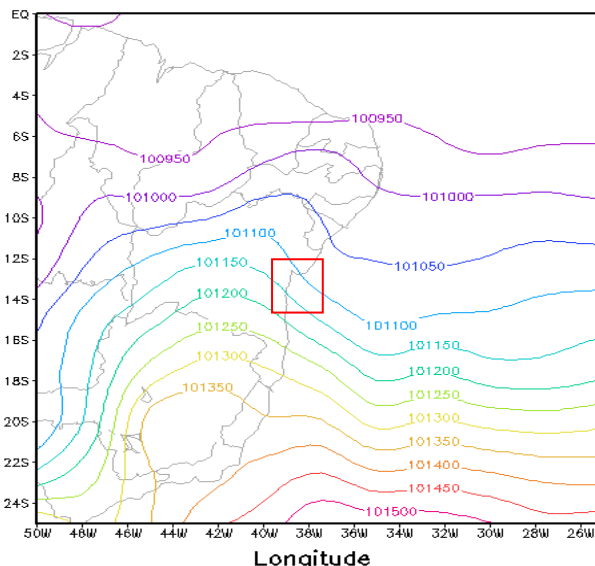


Figura 6.3 – Variação média da pressão ao nível médio do mar (mb) durante o PE de 15 a 19/03/84 (NCEP).

A análise feita através das cartas sinóticas de superfície apresentadas na Figura 6.4, evidenciou a presença de uma FF nas proximidades da altura latitudinal de Salvador no dia 15/03, com sua banda nebulosa orientada de SE-NW e localizada sobre o oceano. A presença de um centro de AP (1020 mb) na retaguarda da frente, ocasionou ventos de SE com intensidade em torno de 7,7 m/s no litoral de Salvador. No dia 16, observa-se a intensificação e o acoplamento do centro de AP (1024 mb) a um CV, nos baixos níveis da atmosfera. Este sistema apresentou-se com eixo no oceano, mas com orientação paralela à costa leste do NEB, o que devido a esta configuração fez os ventos atingirem a máxima intensidade de 15,3 m/s, com direção predominantemente de SE, nas proximidades do litoral de Salvador. Em contrapartida a FF, neste dia, esteve totalmente deslocada para o oceano. No dia 17, a FF recuou em direção ao continente e observa-se que sua banda convectiva apresenta orientação SE-NW, próximo à altura latitudinal de Salvador, favorecendo ventos de S com intensidade de aproximadamente 5,1 m/s ao sul de Salvador. No dia 18, a FF recuou em direção ao continente, mantendo as mesmas características observadas no dia anterior, diferindo apenas na direção do vento que mudou para SE com intensidade de 2,6 m/s, ao sul de Salvador. No último dia (19) do PE, a FF se dissipou e cedeu lugar a um sistema de AP (1016 mb) que se acoplou a um CV de fraca intensidade, favorecendo ventos fracos ($\leq 2,6$ m/s) com direção de SE em Salvador (Figura 6.4).

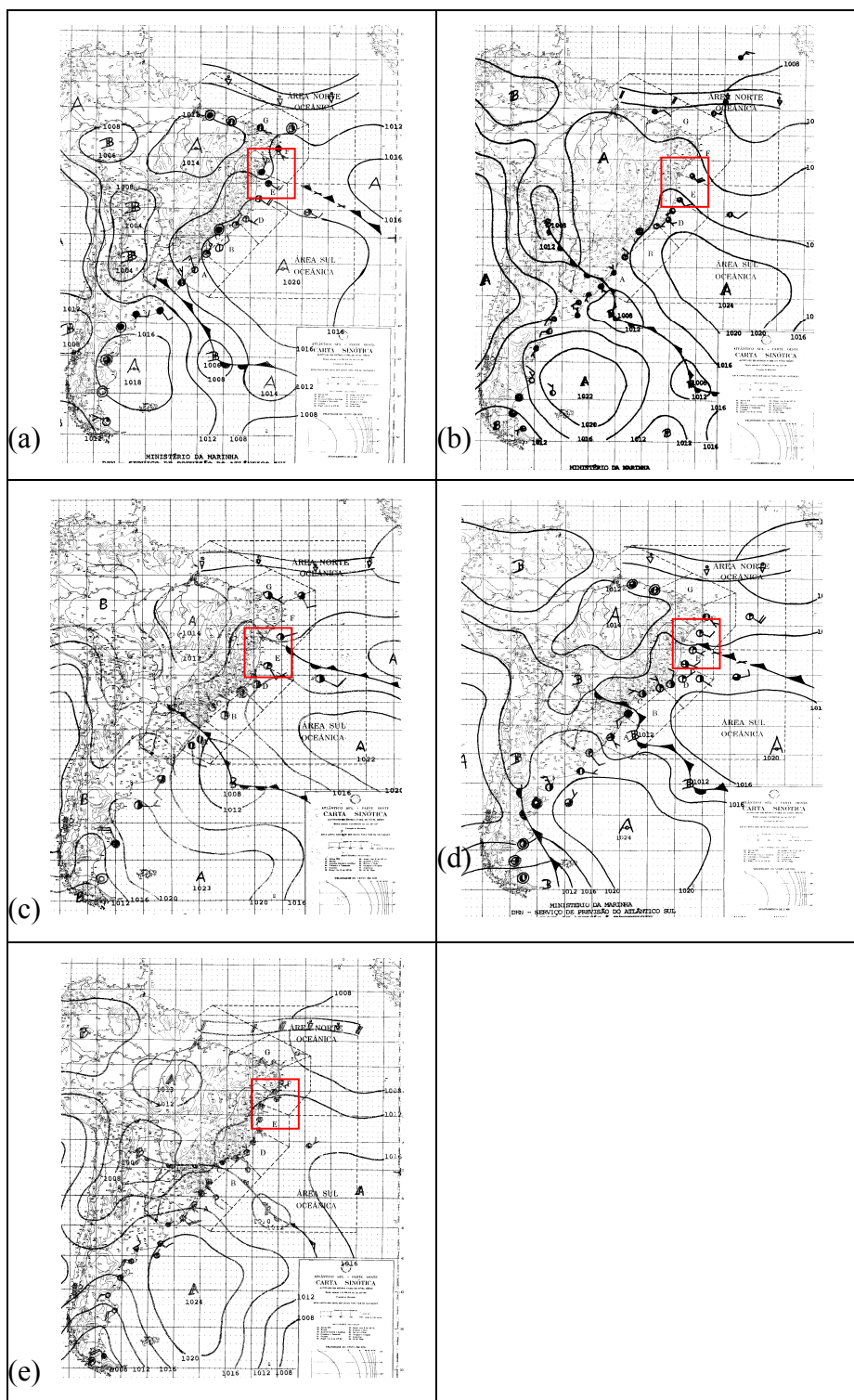


Figura 6.4 – Cartas sinóticas de superfície às 12Z para os dias: (a) 15/03 - dois dias antes da erosão, (b) 16/03 - um dia antes da erosão, (c) 17/03 e (d) 18/03 – dias de erosão e (e) 19/03 - um dia após a erosão (DHN).

Por fim, através dos resultados analisados dos parâmetros atmosféricos foi possível validar o modelo conceitual proposto no Capítulo 5, constatando-se que, através da inversão de sentido do vento de N para S, da componente meridional, pode-se explicar a ocorrência de grandes ondas nos focos de convergência identificados por Medeiros (2005) e Bittencourt et al. (2008) ao longo da costa. O resultado desta componente, obtido através do desvio padrão no valor de 3,0 evidenciou um comportamento atípico da mesma em relação ao padrão médio do escoamento do vento para este período, o que pode ser atribuído à passagem da frente fria na costa de Salvador durante os dias de erosão, sugerida por Medeiros (2005) e Bittencourt et al. (2008). Observa-se ainda que, em função da componente meridional do vento durante o período erosivo, o transporte de Ekman foi orientado em direção à costa, propiciando assim uma elevação do nível do mar e favorecendo e/ou amplificando o evento erosivo.

A Tabela 6.1 e a Figura 6.5 mostram os máximos valores para a altura significativa (1,8 m) e período (8,0 s) da onda que ocorreram no dia 16 às 12Z. A altura significativa da onda apresenta um intervalo de contorno de 0,4 m, enquanto que o período apresenta um intervalo de 1 s (Figura 6.5). Através dos dados se observa que as ondas foram provavelmente originadas localmente, pois possuem período inferior a 12 s, podendo portanto, estar relacionadas à passagem da frente fria.

Dias	Altura Significativa Máxima da Onda (m)	Período Máximo da Onda (s)	Horário (Z)
16/03/84 (AE)	1,8	8	12
17/03/84 (DE)	1,6	8	12 e 18
18/03/84 (DE)	1,6	8	00

Tabela 6.1 – Máximos valores observados da altura e período da onda no dia anterior à erosão 16/03/84 (AE) e nos dias da erosão 17 e 18/03/84 (DE) com os respectivos horários de ocorrência (ERA-40 do ECMWF).

Finalmente, cabe destacar que o fenômeno interanual atuante durante a ocorrência deste evento erosivo foi a La Niña, com intensidade do tipo fraca. Este fenômeno possivelmente influenciou o aumento da frequência de frentes frias no litoral da Bahia.

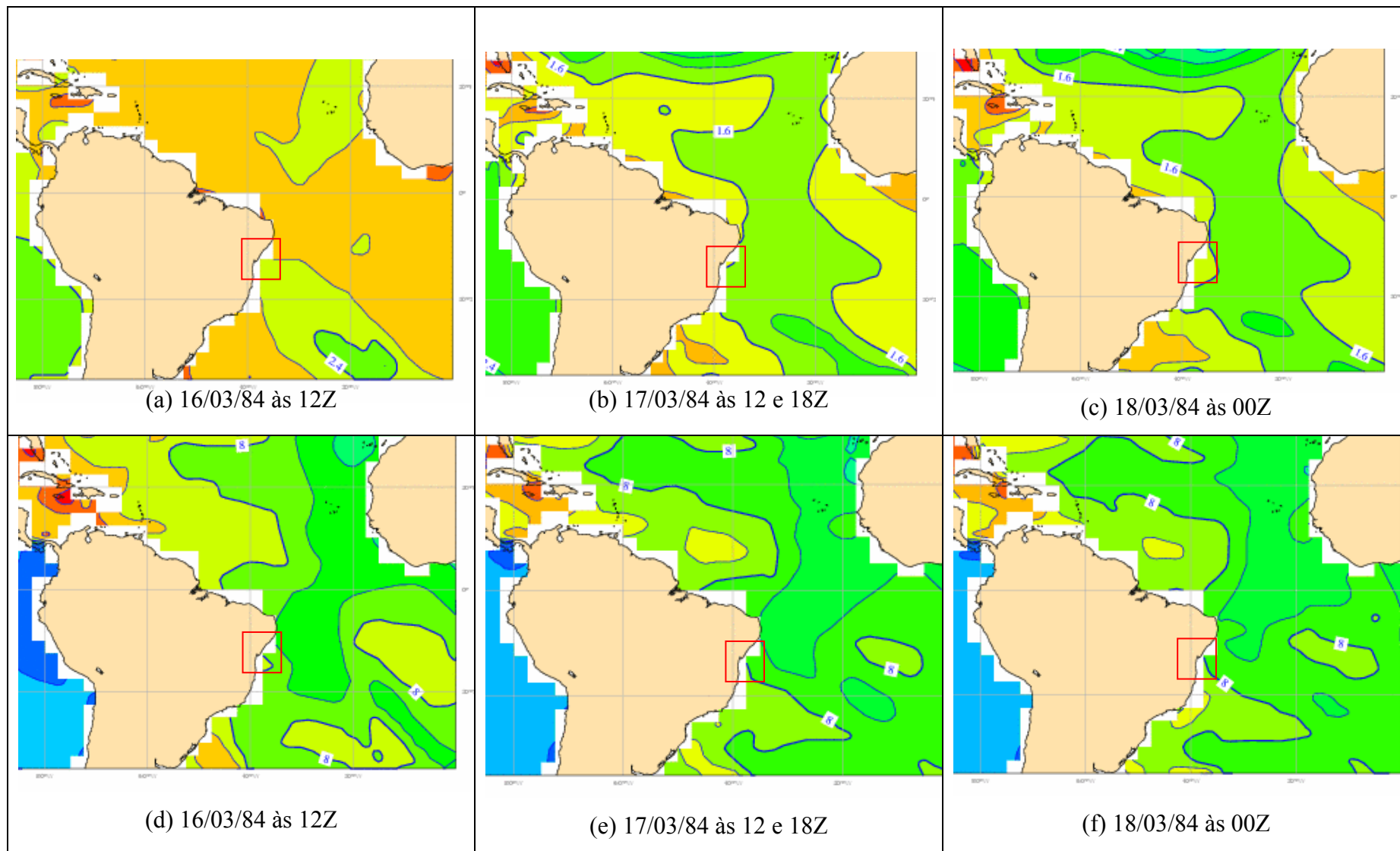


Figura 6.5 – Altura significativa da onda (a), (b) e (c) e período da onda (d), (e) e (f) no dia anterior (16/03) a erosão e nos dias da erosão (17 e 18/03), respectivamente. Intervalo de contorno na Figura a igual a 0,6, b e c de 0,4 m e d, e, f igual a 1 s, respectivamente (ERA-40/ECMWF).

6.2 - Evento Erosivo de 22 a 26/05/75 (Cenário 2A)

Os danos materiais observados durante este evento erosivo foram danos à obras de alvenaria, tais como: balaustradas, muros, calçadas, queda de poste de iluminação e ainda danos à estrutura de um emissário submarino, com consequências nas praias da Barra, Pituba, Cantagalo e Rio Vermelho como pode ser observado nas Fotos 6.2.

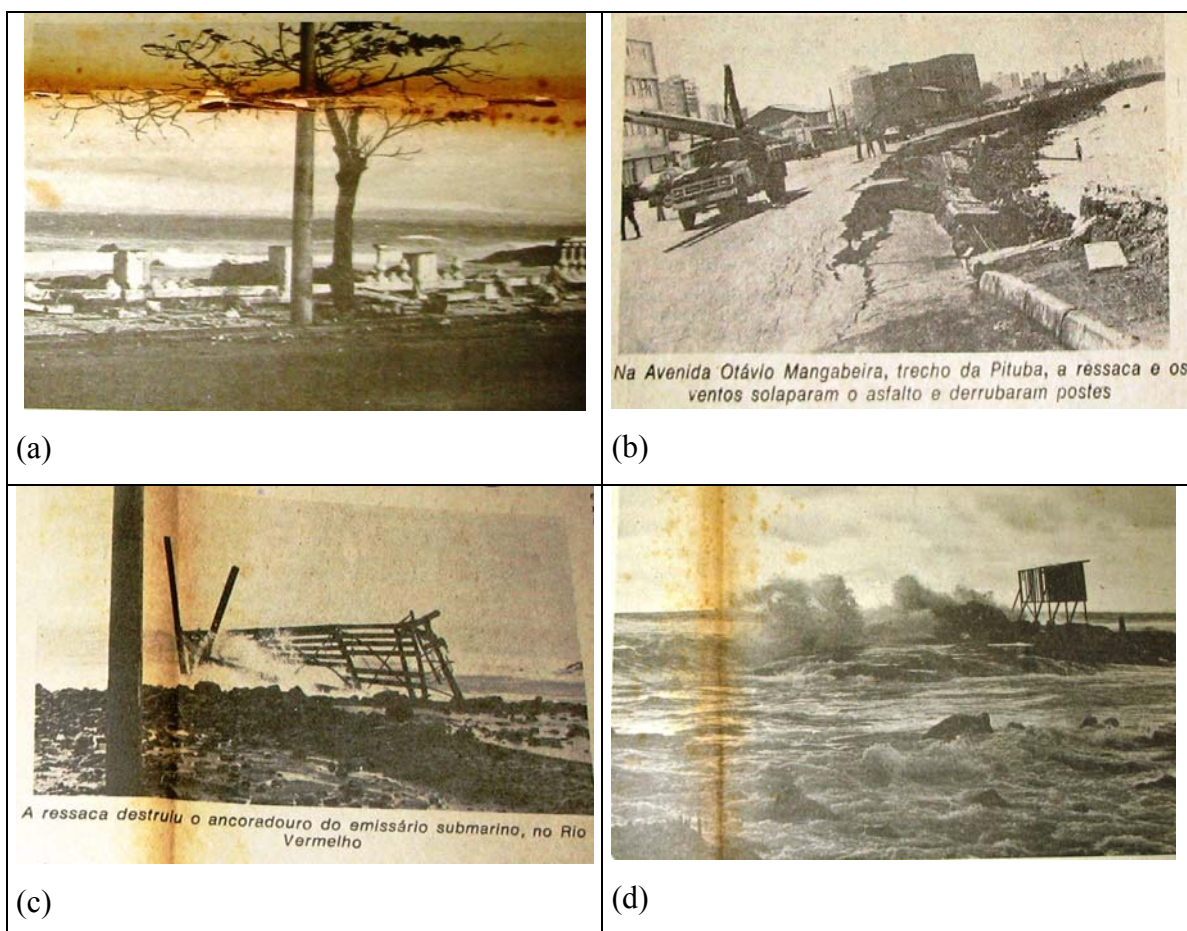


Foto 6.2 – (a) Muro e balaustrada destruídos na Barra, (b) calçada destruída na Pituba (c) e (d) danos à estrutura do emissário submarino no Rio Vermelho.

A manchete do Jornal a Tarde referente ao dia 24 narra: “*RESSACA DERRUBA AMURADA E BALAUSTRADA NA BARRA*” (Foto 6.2a): na avenida Otávio Mangabeira, na Pituba, a ressaca e os ventos solaparam o asfalto e derrubaram postes de iluminação (Foto 6.2b), invadiu casas na praia de Cantagalo, sendo que, em alguns trechos, as ondas derrubaram muros de armazém (sem foto). Na manchete referente ao dia 25 o Jornal a Tarde descreveu: “*MASSA DO*

PÓLO SUL CAUSA CHUVAS E FRIO NA CIDADE”: no Rio Vermelho o emissário submarino teve o ancoradouro de ferro arrancado e as bóias de marcação tiveram as correntes danificadas (Foto 6.2c e d).

A altura máxima da maré (prevista) observada no período erosivo foi de 2,5 m com ocorrência de maré de sizígia entre nos dias 23, 24 e 25 e de 2,4 m nos dias 22 e 26. A máxima maré prevista (2,5 m) excedeu em 10 cm a média obtida ao longo da série estudada.

Os parâmetros atmosféricos observados durante o evento erosivo são apresentados nas Figuras 6.6 a 6.9.

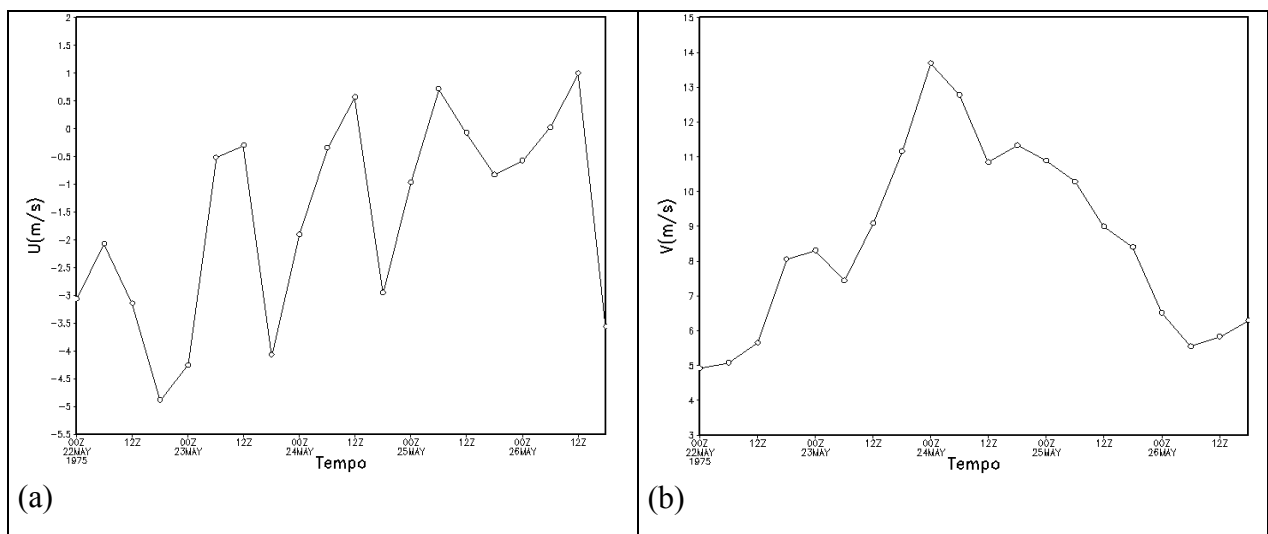


Figura 6.6 – Variação média das componentes zonal (a) e meridional (b) a 10 m de reanálises do NCEP, entre as coordenadas (39,5°W, 14,0°S) e (37,0°W, 12,5°S) durante o PE de 22 a 26/05/75.

A Figura 6.6 (a) mostra que a componente zonal do vento, inicialmente às 00Z do dia 22, foi de aproximadamente -3,0 m/s. Os valores máximos e mínimos foram de -4,9 m/s às 18Z do dia 22, e de 1,0 m/s às 12Z do dia 26. É importante observar que a componente mudou de sentido por 6 vezes entre os dias 24 e 26. A amplitude da componente zonal no período foi de -3,9 m/s.

A Figura 6.6 (b) mostra que a componente meridional do vento apresentou o máximo valor de aproximadamente 14,7 m/s no dia 24 às 00Z, enquanto que o valor mínimo foi de aproximadamente 4,9 m/s às 00Z do dia 22. A amplitude da componente foi de aproximadamente 9,8 m/s.

A média e desvio padrão para a componente zonal (Figura 6.7) durante o PE foi de aproximadamente -1,5 m/s e 1,8 m/s, respectivamente, enquanto que a componente meridional foi de 8,0 m/s com desvio de aproximadamente 2,7 m/s.

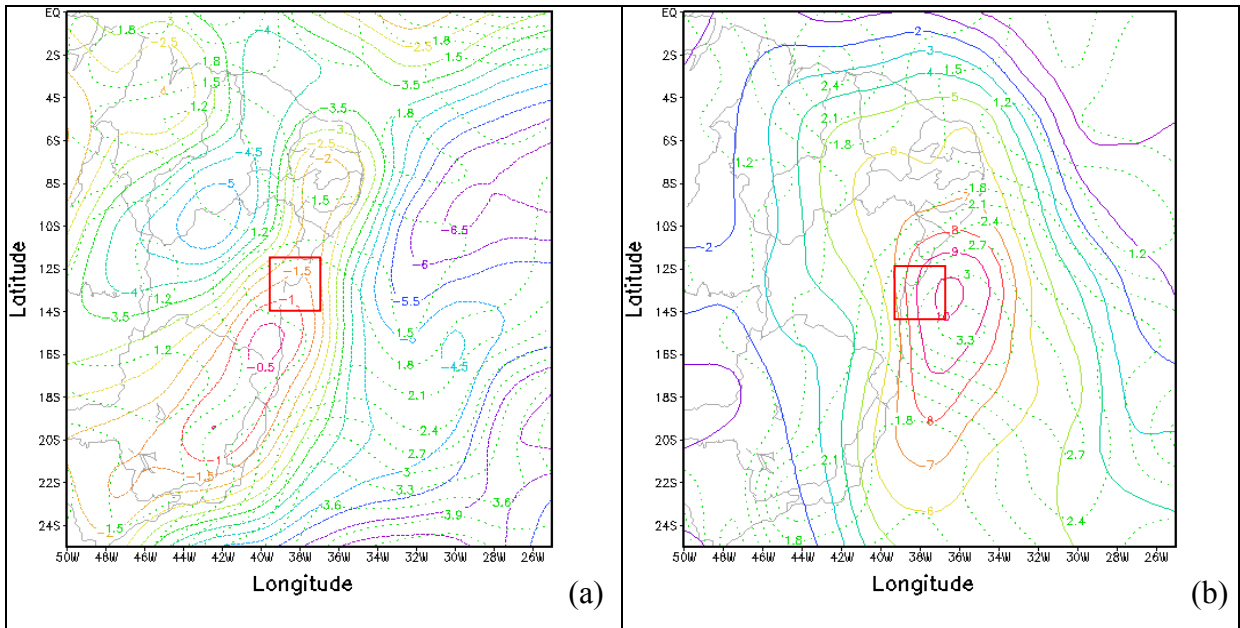


Figura 6.7 – Média (linha cheia) e desvio padrão (linha pontilhada) das componentes zonal (a) e meridional (b) a 10 m, durante o PE de 22 a 26/05/75 (NCEP).

A média da pressão atmosférica ao nível médio do mar esteve em torno de 1017mb durante o período (Figura 6.8).

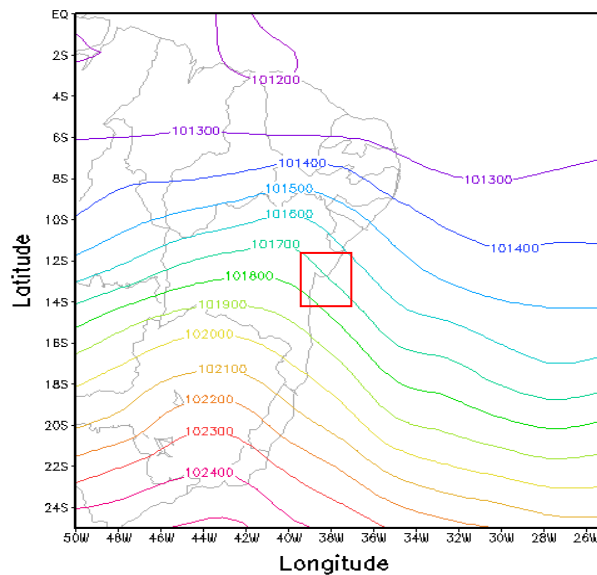


Figura 6.8 – Variação média da pressão ao nível médio do mar (mb) durante o PE de 22 a 26/05/75 (NCEP).

A análise feita através das cartas sinóticas apresentadas na Figura 6.9 mostra inicialmente no dia 22, um CV, nos baixos níveis, com o eixo principal centrado na costa leste, entre os estados de Pernambuco e Rio de Janeiro. Este sistema encontrava-se associado a um centro de AP (1028 mb), centrado no oceano atlântico, atuante sobre grande parte do centro-leste do país. A condição de tempo associada a estes sistemas meteorológicos era instável com ventos de S. No dia 23 é mantida a configuração observada no dia anterior, com ventos predominando de E com intensidade em torno de 7,7 m/s nas proximidades do litoral de Salvador. Nos dias 24 e 25, observa-se uma intensificação do gradiente de pressão do CV, confirmada através da máxima intensidade dos ventos que foi de aproximadamente 10,2 m/s com direção de SE e S. No último dia do PE, o CV apresentou-se enfraquecido, bem como a intensidade do vento, no entanto, a direção do mesmo permaneceu de SE.

Por fim, através dos resultados analisados dos parâmetros atmosféricos foi possível validar o modelo conceitual proposto no Capítulo 5, constatando-se que, através do predomínio dos ventos nas direções de S e SE, pode-se explicar, à semelhança do evento anterior (cenário 1A), a ocorrência de grandes ondas nos focos de convergência identificados por Medeiros (2005) e Bittencourt et al. (2008) ao longo da costa. O desvio padrão para a componente meridional foi de aproximadamente 2,7 m/s, o que evidencia que a componente assumiu um comportamento atípico em relação ao padrão médio do escoamento do vento para este período, o que pode ser atribuída a atuação dos sistemas sinóticos acoplados AP/CV, evidenciado nas cartas sinóticas, e que também é confirmado através do comportamento. Analogamente ao que foi discutido no evento de 22 a 26/05/75, ressalta-se que também neste evento, a componente meridional do vento durante o período, favoreceu o transporte de Ekman orientado em direção à costa, propiciando assim, uma elevação do nível do mar e favorecendo e/ou amplificando o evento erosivo.

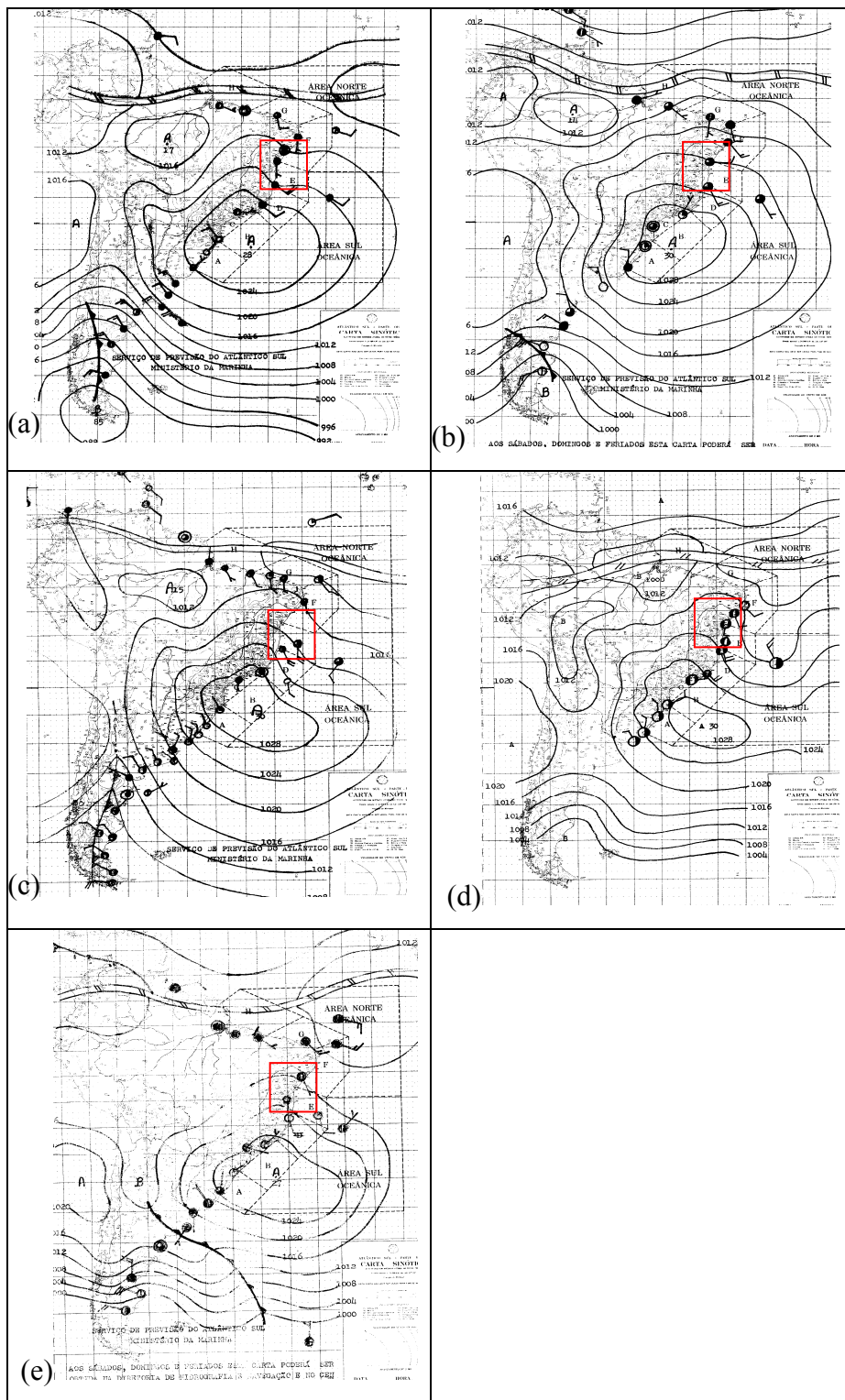


Figura 6.9 – Cartas sinóticas de superfície às 12Z para os dias: (a) 22/05 - dois dias antes da erosão, (b) 23/05 - um dia antes da erosão, (c) 24/05 e (d) 25/05 – dias de erosão, e (e) 26/05 - um dia após a erosão (DHN).

Analisando a Tabela 6.2 e a Figura 6.10, observa-se que os máximos valores para a altura significativa (2,5 m) e período (9,0 s) da onda ocorreram no dia 25 às 06Z. Através dos dados se observa que as ondas foram provavelmente, à semelhança do cenário 1A, originadas localmente, pois possuem período inferior a 12 s, podendo portanto, estar relacionadas à atuação dos sistemas sinóticos acoplados AP e CV.

Dias	Altura Significativa Máxima da Onda (m)	Período Máximo da Onda (s)	Horário (Z)
23/05/75 (AE)	2,5	8,0	18
24/05/75 (DE)	2,0	8,8	12
25/05/75 (DE)	2,5	9,0	00

Tabela 6.2 – Máximos valores observados da altura e período da onda no dia anterior à erosão 23/05/75 (AE) e nos dias da erosão 24 e 25/05/75 (DE) com os respectivos horários de ocorrência (ERA-40 do ECMWF).

Por fim, o fenômeno interanual atuante durante a ocorrência deste evento erosivo foi a La Niña com intensidade do tipo forte. Este fenômeno possivelmente influenciou as condições oceânico-atmosféricas na bacia do Atlântico Sul e favoreceu a intensificação dos sistemas sinóticos atuantes (AP/CV) e, conseqüentemente, dos ventos de superfície a estes associados. Durante o período erosivo observa-se que a máxima altura de maré prevista não foi tão expressiva (2,5 m), o que possivelmente faria com que outra forçante atuante, estivesse intensa o suficiente a ponto de sobrepor o efeito da maré.

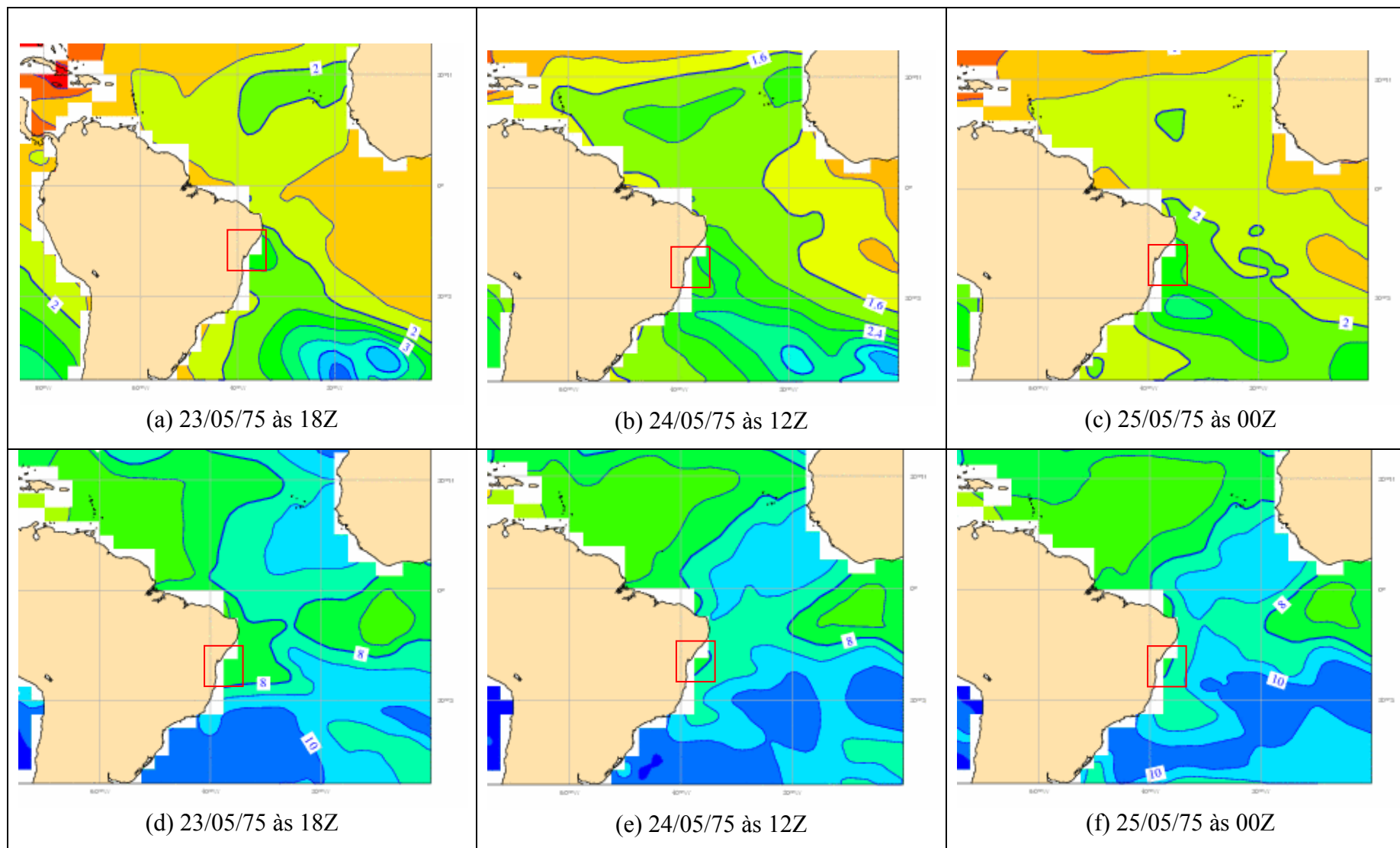


Figura 6.10 – Altura significativa da onda (a), (b) e (c) e período da onda (d), (e) e (f) no dia anterior (23/05) a erosão e nos dias da erosão (24 e 25/05), respectivamente. Intervalo de contorno na Figura **a** e **c** igual a 0,5 e **b** de 0,4 m e **d**, **e**, **f** igual a 1 s, respectivamente (ERA-40/ECMWF).

7 – Discussões e Considerações

Neste capítulo são apresentadas as discussões com base nos resultados obtidos durante o trabalho, a partir de análises das forçantes dinâmicas de origem meteorológica e oceanográfica, o que possibilitou explicar os eventos de erosão costeira severa no litoral de Salvador, quando associado às marés meteorológicas. O conjunto de todas estas análises culminou em conclusões que substanciam a validação do modelo conceitual proposto.

7.1 - Discussões

Nesta seção são discutidos os aspectos mais relevantes e que validaram o modelo conceitual proposto, segundo a ordem de importância de cada um dentro do processo de erosão costeira.

7.1.1 – Eventos Erosivos

A série de dados contemplados neste estudo evidenciou 14 eventos erosivos a mais em 28 anos (de 1965 a 1989 e de 2004 a 2006) do que os 17 eventos encontrados por Medeiros (2005) e Bittencourt et al. (2008) para uma série de 13 anos de dados (1990-2003). A frequência anual dos eventos erosivos foi de março a setembro, com os máximos valores de 6 ocorrências nos meses de março e agosto, respectivamente, e 5 ocorrências nos meses de maio, julho e setembro, respectivamente. Com isso, pode-se admitir a característica sazonal dos episódios de erosão na costa de Salvador, nitidamente percebida entre as estações de outono e inverno, o que pode estar relacionado ao fato de estas estações, segundo Kousky (1979) e Andrade (2005), experimentarem uma maior frequência na chegada de sistemas frontais no litoral da Bahia, devido principalmente ao maior contraste térmico entre as massas de ar.

7.1.2 – Marés

A fase de maré observada com maior frequência durante os eventos erosivos foi de sizígia, com 68% do total de eventos erosivos, seguida igualmente das fases de quadratura e de transição com 16%. Numa análise da série ao longo do ano, as ocorrências de erosão com maré de sizígia

predominaram nos meses de março, maio e julho. Em contrapartida, as marés de quadratura e transição estiveram concentradas entre os meses de junho a setembro.

A alta frequência de ocorrência durante o mês de março pode ser atribuída à influência das grandes marés equinociais, enquanto que, as ocorrências nos meses de maio, junho, julho e setembro, podem estar associadas a outras forçantes, uma vez que neste período a climatologia mensal dos ventos (INMET) evidencia os maiores valores de intensidade e, possivelmente, estes valores máximos observados nestes meses foram muito mais significativos na contribuição da ocorrência da erosão, principalmente pelo fato de que também durante o inverno se observa um aumento da frequência de frentes frias, no litoral baiano nestes meses de acordo com os trabalhos de Andrade (2005) e Chaves (1999).

A variação das máximas alturas de maré prevista para a série em estudo, em média, esteve em torno de aproximadamente 2,4 m entre os 31 eventos de erosão observados. As alturas inferiores à média ocorreram em aproximadamente 31% de todos os casos de eventos erosivos, enquanto que os valores superiores aconteceram em aproximadamente 50% de todos os eventos. Nos eventos de 04 a 07/04/81 e de 05 a 10/09/06 a máxima altura de maré prevista foi de 2,8 m, em ambos os eventos, igualando-se por sua vez à média das máximas alturas de marés para o porto de Salvador. Em 19% dos eventos restantes observou-se alturas de maré próximas da média de 2,4 m.

7.1.3 – Padrões Atmosféricos

As análises mais relevantes sobre a contribuição dos ventos foi que segundo a climatologia mensal da velocidade média em Salvador os máximos valores oscilaram entre 1,8 e 2,3 m/s, aproximadamente, entre os meses de junho a novembro, com o máximo anual ocorrendo no mês de julho. Com base nesta avaliação pode-se supor que a intensidade máxima do vento, especificamente, nos meses de julho a setembro foi relevante no aumento da frequência de eventos erosivos observada nestes meses.

As oscilações espaço-temporal da componente zonal foram predominantemente negativas, com direção de leste para oeste, em toda a série analisada, atestando a predominância do fluxo zonal de leste para oeste na costa de Salvador, enquanto que, a componente meridional apresentou em 53% dos eventos estudados inversão de sinal (sentido), evidenciando a passagem dos sistemas frontais de acordo com Justi da Silva e Silva Dias (2002), os quais constataram em seus estudos que a mudança no sinal da componente meridional do vento é um parâmetro

indicativo de uma situação pré-frontal para as Regiões Sul e Sudeste do Brasil, onde o vento é tipicamente de noroeste depois gira de sudoeste e de sudeste à medida que a frente se desloca, devido à influência do centro de Alta Pressão do Atlântico Sul, então para a costa de Salvador nas situações pré-frontal o vento de superfície predominava no quadrante N-E, em seguida passando ao quadrante S-W e após a passagem da FF predominou de S. Nas situações de eventos erosivos com predomínio do acoplamento dos sistemas AP/CV, predominou o vento de SE, devido principalmente ao posicionamento paralelo à costa leste do eixo principal do Cavado (borda esquerda), estando de acordo com Andrade (2005) que verificou em suas análises que o grupo de sistemas frontais com rota litorânea que atingem o sul da Bahia durante o inverno verifica-se que a confluência dos ventos no dia do evento, durante a passagem da frente fria, é mais bem configurada do que no verão, devido à circulação anticiclônica na retaguarda do sistema estar mais intensa. Então, pode-se concluir que a componente meridional seria um ótimo preditor de chegadas de FF e/ou atuação do acoplamento do AP/CV, em baixos níveis da atmosfera, para a costa de Salvador e conseqüentemente, teve um papel relevante como forçante da erosão quando em conjunção com as marés de sizígia.

7.1.3.1 - Cenário 1A e 1B

Os eventos erosivos caracterizados pelo cenário 1A e 1B, ocorreram sob a atuação de frentes frias com predomínio de marés de sizígia. Verificou-se que em aproximadamente 67% do total de 12 eventos com este padrão sinótico ocorreram em conjunção com marés de sizígia e a atuação predominante da componente meridional de S e SE, decorrente da passagem destes sistemas frontais, evidenciado através da variação espacial desta componente, nos dias que antecederam a erosão e/ou no próprio dia da erosão, se observou a mudança de sinal ou inversão de sentido desta componente.

7.1.3.2 - Cenário 2A e 2B

Este tipo de cenário foi caracterizado pela modulação da célula de Alta Pressão e Cavado (AP/CV) nos baixos níveis. Foi verificado que neste acoplamento na maioria dos eventos o vento esteve oscilando entre as direções de NE-S com predomínio da direção de SE, sempre que houve um posicionamento, do lado esquerdo (ramo ascendente), do eixo principal do cavado paralelo ao setor leste do NEB, este quadro favoreceu a atuação da componente meridional de SE na costa de

Salvador. Apesar da configuração deste padrão sinótico não ter sido modelada por frentes frias constatou-se que os eventos caracterizados por este cenário apresentaram um caráter não menos destrutivo do que os eventos modulados pelas frentes frias (cenário 1A e 1B), em relação ao tipo de danos materiais causados na orla. Também neste cenário foi observado uma frequência maior de eventos, que possivelmente poderia ser justificado pelo tipo de convecção associada à presença da borda esquerda do CV, interagindo na fronteira oceano-continente, que favorece o rápido desenvolvimento da convecção vertical, e por vezes, também a rápida dissipação da mesma. Segundo Freitas & Silva Dias (2004), isto pode está associado com a circulação local de brisa marítima, onde os autores verificaram através de um estudo de caso, uma relação existente entre a propagação e a intensidade da brisa marítima e alguns sistemas de grande escala para a região metropolitana de São Paulo. Esses autores constataram ainda que, o posicionamento da zona de Alta Pressão é determinante na intensificação/desintensificação da célula de brisa e na sua propagação. Franchito et al. (1998) numa análise para uma série temporal de ventos costeiros, observaram uma forte brisa marítima próximo à costa de Cabo Frio no Rio de Janeiro, quando ocorria ressurgência e constataram que esta interação pode intensificar os processos dinâmicos que envolvem a interface oceano-atmosfera. Cavalcanti et al., (2006) mostraram que a interação de um cavado invertido juntamente com a atuação da brisa foi o responsável pelo evento de precipitação extrema em Caraguatatuba-SP.

7.1.4 – Padrões Oceanográficos

O transporte de Ekman apresenta-se perpendicular à componente do vento com direção no hemisfério sul para esquerda. O deslocamento da massa d'água em direção à costa, ocorreu sempre que a componente assumiu direções de S e de SE, que foi quantificado em 87% de todos os eventos analisados. Então de fato, pode-se inferir que esta forçante foi imprescindível na sobrelevação do nível médio do mar na costa de Salvador, de acordo com Middleton e Cirano (1999), verificaram que a contribuição deste mecanismo na elevação do nível do mar para um determinado setor da costa da Austrália explicava até 33% de aumento na elevação do mar.

As máximas frequências de erosão verificadas durante os meses de agosto, que ocorreram durante marés de transição e de quadratura, possivelmente podem ser atribuídas a maior frequência de frentes fria e incidência de ondas oceânicas (externas) na orla de Salvador.

7.1.4.1 – Clima de Ondas

As maiores frequências de erosão na orla de Salvador ocorreram nas praias de Amaralina, Pituba, Piatã, Placafor e Itapuã, correspondendo aos locais definidos por Medeiros (2005) e Bittencout et al. (2008) como focos de convergência “hotspots” de ondas proveniente de SE e com período e altura em alto-mar de 6,5 s e 2,0 m, respectivamente. Nas praias da Barra e do Rio Vermelho, constatou-se 6 e 7 ocorrências de erosão, respectivamente, e que não são identificadas por estes autores como focos de convergência de ondas. Nesses casos, há possibilidade de que esses eventos estejam relacionados a focos de convergência para ondas se dirigindo para a linha de costa com direção mais para sul (SSE). Quanto aos eventos severos de erosão costeira constatados nas praias de Salvador voltadas para a BTS, há também a possibilidade dos mesmos poderem estar relacionados às ondas de SSE e S.

Os dados da climatologia da direção de onda mostram aquelas com direção no octante ESE aparecem com uma frequência de 20% para a costa de Salvador no trimestre de JJA e que, possivelmente, podem estar relacionadas à alta frequência dos sistemas frontais, observada neste período (Kousky, 1979 e 1980; Andrade, 2005; e Chaves, 1999). A máxima frequência de ondas com períodos superiores a 6 e 7 s é de 39% e 32%, respectivamente para os trimestres JJA e SON. As ondas com períodos de 12 a 13 s identifica a presença de ondas externas, as quais são observadas durante os trimestres de MAM e SON, com o valor de aproximadamente 2%, em ambos os trimestres. As ondas com alturas entre 2 e 2,5 m atingem a máxima ocorrência de aproximadamente 27 e 13%, respectivamente, durante o trimestre de JJA, também neste trimestre são observadas cerca de 7% de ondas com altura igual ou superior a 3 m atuando na costa de Salvador. Embora não tenham sido possível quantificar estes parâmetros, é importante mensurar que a onda possui um papel relevante na hidrodinâmica costeira e que possivelmente teria um papel relevante também no processo erosivo e deve atuar como forçante dinâmica para à erosão costeira, de acordo com os resultados de Oliveira et al., (2006 e 2007). Através das informações climatológicas da onda para a costa de Salvador, observou-se que no trimestre JJA, ocorrem as máximas ocorrência de ondas na direção de ESE, com período de 6 a 7 s e altura significativa da onda entre 2 e 2,5, favorecendo a formação de focos de convergência de ondas, e conseqüentemente, a erosão na costa de Salvador, estando de acordo com os resultados de Bittencourt et al. (2008).

7.1.5 – Fenômenos Interanuais

No levantamento da série estudada quanto à frequência anual de erosão na orla de Salvador, analisou-se o índice de Temperatura da Superfície do Mar – TSM no Pacífico Equatorial Central, uma vez que, é conhecida na literatura a influência direta ou indireta dos episódios de La Niña e El Niño do ENOS, no regime climático do NEB de acordo com Kousky, (1980); Ropelewski e Halpert, (1987); Lima, (1991); Chaves, (1999) e Vitorino, (2003).

Analisando os percentuais dos índices das TSM's no Pacífico Equatorial em função dos anos de ocorrência de erosão na orla de Salvador, verificou-se que nos anos de 1971, 1974, 1975, 1984, 1985, 1988, 1996, 1999 e 2001 o padrão das TSM's observadas foi de La Niña. Outro dado importante é que os anos que apresentaram maiores frequências de erosão ocorreram num padrão positivo do ENOS (La Niña) a exemplo do ano de 1996, com 5 casos de erosão, seguido dos anos de 1975, 1988, 1999 e 2001 que apresentaram 2, 2, 3 e 3 casos de erosão, respectivamente, equivalendo a 60% do total de eventos de erosão para a série estudada. Os eventos erosivos nos anos de 1969, 1980, 1993, 1994, 1995, 1997, 2002 e 2006 ocorreram sob a influência do fenômeno El Niño, sendo que a frequência de eventos ao ano em que se verificou a ocorrência deste padrão foi de 30%. E por fim, observou-se que 3 eventos ocorreram em anos neutros, totalizando 10% dos eventos erosivos. Com base nas análises acima pode-se supor que os fenômenos La Niña e El Niño teriam uma contribuição indireta no que diz respeito a maior e menor frequência, respectivamente, de eventos erosivos observados na costa de Salvador. Observou-se ainda, que durante os eventos erosivos de La Niña a componente meridional do vento esteve mais intensa do que nos anos de El Niño com média de 3,5 e 2,5 m/s, respectivamente.

Com relação à distribuição dos eventos classificados nos cenários 1A e 1B, verificou-se que os fenômenos interanuais El Niño e La Niña contribuíram com aproximadamente 50% e 42% de ocorrência para cada fenômeno, enquanto que o percentual restante de 8% foi verificado um padrão neutro ou normal (evento ocorrido de 21 a 24/09/05). Com base nestas evidências, possivelmente estes fenômenos não teria uma contribuição tão notória e direta na ocorrência dos eventos de erosão destes cenários. Entretanto, nos eventos erosivos dos cenários 2A e 2B, verificou-se que o padrão de La Niña contribui com aproximadamente 72% das ocorrências, sendo que 55% destes eventos ocorreram simultaneamente com a maré de sizígia. Os 28% restantes dos eventos ocorreram sob a influência do El Niño (17%) e do padrão neutro (11%).

Para os eventos que ocorreram em maré de transição e quadratura durante o episódio do fenômeno El Niño e em anos normais (03 a 06/06/69, 27 a 30/08/80, 07 a 10/03/94, 21 a 24/09/05), pode-se supor que há uma outra forçante externa ou até mesmo as demais forçantes definidas no modelo conceitual (frentes frias, ondas, transporte de Ekman), estariam todas ou pelo menos uma delas intensas o suficiente, a ponto de sobrepor o efeito das marés e favorecer o mecanismo gerador de erosão costeira na orla de Salvador.

7.2 – Considerações Finais

Com base nos resultados do presente trabalho, constatou-se que, efetivamente a penetração de frentes frias, conforme os eventos descritos pelo padrão sinótico observado no cenário 1 (A e B), bem como a atuação de centros de Alta Pressão acoplados à Cavados nos baixos níveis (cenários 2A e 2B), são importantes para explicar o desenvolvimento do processo erosivo nos focos de convergência de onda, quando associados à ocorrência de marés meteorológicas. Nesses cenários a conjunção de forçantes astronômicas (marés), oceânicas (ondas e transporte de Ekman) e meteorológicas (frentes frias, cavados/alta pressão e brisas marítimas), ao lado dos focos de convergência de onda, é que vão gerar os eventos de erosão severa nas praias de Salvador. Após a passagem de um desses sistemas meteorológicos, os ventos alísios, predominantemente de leste, são substituídos por ventos de sul e sudeste. O resultado no oceano é que a circulação costeira associada ao transporte de Ekman, causa um empilhamento de água em direção à costa e esta sobrelevação é função direta da velocidade do vento. O empilhamento de água sobreleva a maré fazendo com que as águas avancem para além da linha de costa, alcançando locais mais altos da praia, e retirando sedimentos da mesma através da atuação das ondas. No caso do litoral das praias de Salvador os ventos de quadrantes sul e sudeste acentuam o potencial destrutivo da erosão.

Sugere-se mais estudos e aprofundamento, no que concerne ao conhecimento das principais forçantes causadoras de erosão na costa de Salvador, quanto:

- i) a avaliação e cálculo do grau de relação entre as forçantes;
- ii) quantificar a contribuição das ondas nos eventos modulados por Alta Pressão/Cavado, quando acontecem sob episódios de El Niño;
- iii) ampliar os diagramas de refração de onda para outras direções no octante SSE com diferentes períodos e alturas de ondas;

- iv) elaborar estudos que possam apontar medidas de mitigação para os impactos causados , a partir de um modelo dinâmico que precisem a ocorrência de tais eventos.

Por fim, não se pode desconsiderar a perspectiva de subida do nível do mar, como uma consequência do aquecimento global em função do efeito estufa, que poderá acentuar os eventos erosivos nos focos de convergência de onda identificados no presente trabalho.

8 – Referências Bibliográficas

ALLAN, J.C.; KOMAR, P.D. Extreme storms on the Pacific Northwest coast during the 1997-98 El Niño and 1998-99 La Niña. *Journal of Coastal Research*, 18(1), 175-193 p., 2002.

ALLAN, J.C.; KOMAR, P.D.; PRIEST, G.R. Shoreline Variability on the high-energy Oregon coast and its usefulness in erosion-hazard assessments. *Journal of Coastal Research*, SI (38), 83-105 p., 2003.

AMORIM, F. N. Caracterização oceanográfica da Baía de Camamú e adjacências e mapeamento das áreas de risco à derrames de óleo. Salvador-BA, Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, 191 p., 2005.

ANDRADE, K. M. Climatologia e comportamento dos sistemas frontais sobre a América do Sul. Dissertação de Mestrado do INPE, São José dos Campos-SP, 185 p., 2005.

ANJOS, G. S. Sensibilidade Ambiental da Baía de Todos os Santos (BA). Trabalho Final de Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia, 74 p., 2002.

ARAGÃO, J.O.R. O Impacto do Enso e do Dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil, divulgado pela Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (Sectma) do Governo do Estado de Pernambuco, Recife. [s.d.], Disponível em: <http://www.unesco.org.uy/phi/libros/enso/oribe2.pdf>. Acessado em: 05/12/2005.

BAHIATURSA. Disponível em: <http://www.bahiatursa.ba.gov.br/site/links.htm>. Acessado em 05/11/2007.

BARLETTA, R.C.; CALLIARI, L.J. Determinação da intensidade das tempestades que atuam no litoral do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, 28 (2): 117-124 p., 2002.

_____. An assessment of the atmospheric and wave aspects determining beach morphodynamic characteristics along the central coast of RS State, Southern Brazil. *Journal of Coast Research*, 300-308 p., Itajaí, SC-Brazil, 2003.

BASCON, W. The control of stream outlets by wave refraction. *Scripps Institution of Oceanography, Geological Notes*, 600-605 p., 1953.

- BASTOS, C. C., FERREIRA, N. J. Análise Climatológica da Alta Subtropical do Atlântico Sul. 2005. Disponível em:
(http://mtcm15.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1915/2005/03.15.19.20/doc/Bastos_Analise%20climatologica.pdf). Acessado em 06/11/2007.
- BEER, T. Natural Hazards: Library of Congress cataloguing-in-publication data, 59-61 p., 1983.
- BITTENCOURT, A.C.S.P. Sedimentação recente na costa atlântica de Salvador, Revista Brasileira de Geociências, 5, 46-63 p., 1975.
- BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L; SILVA, I.R. Patterns of sediment dispersion coastwise the State of Bahia-Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 70 (2), 271-287 p., 2000.
- _____. Uma aproximação de primeira ordem entre o clima de ondas e a localização, de longa duração, de regiões de acumulação flúvio-marinha e de erosão na costa Norte do Brasil. Revista Brasileira de Geociências, 33(2), 159-166 p., 2003.
- _____. Longshore transport on the northeastern Brazilian coast and implications to the location of scale accumulative and erosive zones. Marine Geology, 219 (4), 219-234 p., 2005.
- BITTENCOURT, A.C.S.P.; MEDEIROS, K.O.P.; DOMINGUEZ, J.M.L. GUIMARÃES, J.K., DUTRA, F.R.L.S. Severe Coastal Erosion Hotspots in the City of Salvador, Bahia, Brazil, Shore & Beach, 76 (1), 8-14 p., 2008.
- BRYANT, E. A. Hazards Natural: Library of Congress cataloguing-in-publication data, 73-75 p., 1988.
- CALLIARI, L.J; TOZZI, H.M.; KLEIN, A.H.F. Beach morphology and coastline erosion associated with storm surges in Southern Brazil- Rio Grande to Chuí, R.S. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 70, 231-247 p., 1998.
- CALLIARI, L.J.; FARIAS, A.F.G. Bancos de lama: na praia do Cassino: formação, implicações geomorfológicas, ambientais e riscos costeiros, estudo do caso. II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa, Recife, 2003.

CAMARGO, R.; HARARI, J. Modelagem numérica das ressacas na plataforma sudeste do Brasil a partir de cartas sinóticas de pressão atmosférica na superfície. Boletim do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 42 (1), 19-34 p., 1994.

CPTEC/INPE. Dados climatológicos da pressão atmosférica ao nível médio do ar. Disponível em: http://www.cptec.inpe.br/clima/monit/monitor_global.shtml. Acessado em 20/12/2007.

CAVALCANTI, I. F. A.; CERQUEIRA, F. A.; ROZANTE, J. R. Caso extremo de precipitação com ocorrência de deslizamento na Serra do Mar. In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, Florianópolis-SC, 2006.

CARVALHO, M. P. Fatores Oceanográficos, Meteorológicos, Morfodinâmicos, Geológicos e Urbanos Relacionados à Incidência de Afogamentos nas Praias da Costa Atlântica de Salvador. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal da Bahia, 146 p, 2002.

CASTRO, B. M., LEE, T. N. Wind-forced sea level variability on the southeast Brazilian shelf. *Journal of Geophysical Research* 100, 16045-16056 p., 1995.

CAZZOLI, S.G.; TESSLER, M.G.; RODRIGUEZ, M. Caracterização do transporte sedimentar litorâneo junto à foz do rio Itanhaém sob ação do anticiclone tropical continental e dos ciclones extra-tropicais. *Pesquisa em Geociências*, 28 (2), 141-149 p., 2001.

CERQUEIRA, F.A. Estudo climatológico-dinâmico dos sistemas sinóticos que afetam o Sudeste do Brasil. Monografia. Cachoeira Paulista-SP, 41 p., 2006.

CHAVES, R. R. Variabilidade da precipitação na região sul do Nordeste e sua associação com padrões atmosféricos. Dissertação de mestrado, São José dos Campos-SP, INPE, 159 p., 1999.

CIRANO, M.; LESSA, G. C. Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. *Revista Brasileira de Geofísica*, 25 (4), 363-387 p., 2007.

DAVIS, R.A. & HAYES, M.O. What is a wave-dominated coast? *Marine Geology*, v. 60, 313-329 p., 1984.

DAMIÃO, M.C. Um estudo das condições atmosféricas em janeiros secos e chuvosos no semi-árido do Nordeste do Brasil e sua relação com a chuva em meses posteriores na região. Dissertação de mestrado, Campina Grande-PB, 160 p., 1999.

DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C.S.P. Regional assessment of long-term trends of coastal erosion in Northeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 68, 355-371 p., 1996.

FARIAS, F.F.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; ZANINI JR., A.; DOMINGUEZ, J.M.L.; Variações temporais e espaciais na dinâmica de sedimentação da praia de Armação–Salvador (BA). *Rev. Brasileira de Geociências*, 15 (1): 48-54 p., 1985.

FERREIRA, N.J., CHAN, C.S. & SATYAMURTI, P. Análise dos distúrbios ondulatórios de leste sobre o oceano Atlântico Equatorial Sul, XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro, 462-466 p., 1990.

FILIPPO, A.M. Variabilidade do nível do mar em função de eventos meteorológicos de baixa frequência. Niterói-RJ, Tese de Doutorado em Geociências (Geoquímica Ambiental), 100 p., 2003.

FLICK, R. E. Comparison of California tides, storm surges, and mean sea level during the El Niño winters of 1982-83 and 1997-98. Instituto of Oceanography, La Jolla, Shore & Beach; July, 7-11 p., 1998.

FRANCHITO, S. H.; RAO, V. B.; STECH, J. L.; LORENZZETTI, J. A. The effect of coastal upwelling on the sea-breeze circulation at Cabo Frio, Brazil: a numerical experiment. *Annales Geophysicae*, 16, 866-881 p., 1998.

FREITAS, E. D. & SILVA DIAS, P. L. Desenvolvimento da brisa marítima sob diferentes situações de grande escala: um estudo de caso. In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza-CE, 2004.

GIRARDI, L.C. Análises sinóticas de ciclones extratropicais. Instituto de Atividades Espaciais, IAE-001,126 p., 1972.

GUIMARÃES, M.R.F. MARONE, E. Oceanografia física com ênfase em ambientes estuarinos. Apostila de curso em Ciências do Mar da Universidade Federal do Paraná. Impresso, 39 p., 1996.

GRIGGS, G.B.; BROWN, K.M. Erosion and shoreline damage along the central California coast: a comparison between the 1997-98 and 1982-83 ENSO winters. University of California, Santa Cruz-California, Magazine Shore & Beach, 18-23 p., 1998.

GORING, D. G. Short-term variations in sea level (2-15 days) in the New Zealand region. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 29, 69-82 p., 1995.

HAPKE, C.; GIBBS, A.; RICHMOND, B.; HAMPTON, B.J.; DINGLER, J. A collaborative program to investigate the impacts of the 1997-98 El Niño winter along the California coast. (USGS/UC Santa Cruz/NASA/NOAA Collaborative Research Group), [s.l.], *Maganize Shore & Beach*, July, 24-32 p., 1998.

HASLETT, S. K. *Coastal Systems*. Routledge Introductions to Environment Series, Edited by Rita Gardner and A.M. Mannion, 218 p., 2000. Disponível em: <http://books.google.com/books>. Acessado em 10/10/2007.

HOGBEN, N.; LUMB, F.E. *Ocean Wave Statistics*, National Physical Lab., Ministry of Technology, London, 263 p., 1967.

HOLTON, J. R., *An introduction to Dynamic Meteorology*. Elsevier Academic Press, San Diego, California, 4th Edition, 535 p., 2004.

INMET. Dados climatológicos de precipitação (1931-1990). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/clima.php#>. Acessado em 15/07/2007.

JANZEN C. D., WONG K. C. Wind-forced dynamics at the estuary-shelf interface of a large coastal plain estuary. *Journal of geophysical research-oceans*, 107 (c10), art. nº. 3138, 2002.

JUSTI DA SILVA, M. G. A.; SILVA DIAS, M. A. F. A frequência de fenômenos meteorológicos na América do Sul: uma climatologia. In: *Congresso Brasileiro de Meteorologia. Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, SBMET*, 2002.

KOMAR, P.D. *Natural Hazards: Library of Congress cataloguing-in-publication data*, p. 59-63 p., 1976.

KOMAR, P.D.; ENFIELD, D.B. Short-term sea-level changes and coastal erosion. *Soc. Econ. Paleo. and Mineral, Special Publication*, nº. 41, 17-27 p., 1987.

KOMAR, Paul D. The 1997-98 El Niño and Erosion on the Oregon Coast. *Shore & Beach*, 66 (3), 33-41 p., 1998.

KOUSKY, V. E.; CHU, P. S. Fluctuations in annual rainfall in northeast Brazil. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. 56 (5), 457-465, 1978.

KOUSKY, V. E. Frontal influences on Northeast Brazil, *Monthly Weather Review.*, 107, 1142-1153 p., 1979.

_____. V. E. Diurnal rainfall variations in Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, 108, 488-498 p., 1980.

LEE, T. N., HO, W. J., KOURAFALOU, V., WANG, J. D., Circulation on the continental shelf of the southeastern United States. Part I: subtidal response to wind and Gulf Stream forcing during winter. *Journal of Physical Oceanography*, 14, 1001-1012 p., 1984.

LENTZ, S. J. Current dynamics over the northern California inner shelf. *Journal of Physical Oceanography*, 4, 2461-2478 p., 1994.

LIMA, M.C. Variabilidade da precipitação no litoral leste da Região Nordeste do Brasil. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. São José dos Campos, Dissertação de Mestrado em Meteorologia, 222 p. 1991.

LISITZIN, E.: Sea-level changes. Elsevier Oceanography Series 8, Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam, Oxford-New York, 1974.

MMA/UFRJ/FUJB/LAGET/UFRS. Macrodiagnóstico da Zona Costeira do Brasil na Escala da União. PNMA - Programa Nacional do Meio Ambiente. Brasília, 280 p., 1996.

MARONE, E.; CAMARGO, R.. Marés meteorológicas no litoral do Estado do Paraná: O evento de 18/08/93, *Nerítica*, 8 (1-2), 73-85 p., 1994.

MEDEIROS, K.O.P. Relação entre episódios de erosão severa na costa atlântica de Salvador com fenômenos meteorológicos, marés e zonas de convergência de ondas: subsídio para o gerenciamento costeiro. Salvador-Bahia, Trabalho Final de Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia, 36 p., 2005.

MIDDLETON, J. F.; CIRANO, M. Wind-forced downwelling slope currents: a numerical study. *Journal of Physical Oceanography*, 29:1723–1743 p., 1999.

MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M.; KJERFVE, B. Princípios de Oceanografia Física de Estuários, Editora da Universidade de São Paulo-SP, 57-63 p., 2002.

MORTON, R.A. Factors controlling storm impacts on coastal barriers and beaches: A preliminary bases for near real-time forecasting. Journal of Coastal Research, West Palm Beach, Florida, 2002.

MOURA, G. B. de A., ARAGÃO, J. O. R., LACERDA, F. F. & PASSAVANTE, J. Z. de O. Relação entre a precipitação no setor leste do Nordeste do Brasil e a temperatura da superfície nos oceanos Atlântico e Pacífico. Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 4, 2, 247-251 p., 2000.

NEVES, C. F.; MUEHE, D. Potential Impacts of sea-level rise on the metropolitan region of Recife, Brazil. Journal of Coastal Research, Special Issue 14, 116-131 p., 1995.

NEVES, S. M. Erosão Costeira no Estado da Paraíba. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, 152 p., 2003.

NCEP - National Center of Environmental Prediction Reanalysis Data. National Oceanic and Atmospheric Administration, Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences (NOAA-CIRES). Climate Diagnostics, Center, Boulder, Colorado, USA, <http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.html>. Acessado em: 20/01/2007.

NOBRE, C.A.; MOLION, L.C.B. The climatology of drought prediction. Kluwer Academic Publishers. The impact of variation on agriculture, 2, 305-323 p., 1988.

OLIVEIRA, M. M.; EBECKEN, N. F.; SANTOS, I. A.; NEVES, C. F.; CALOBA, L. P.; OLIVEIRA, J. L. F. Modelagem da maré meteorológica utilizando redes neurais artificiais: Uma aplicação para a Baía de Paranaguá – PR, Parte I: dados meteorológicos da estação de superfície. Revista Brasileira de Meteorologia, 21, 2, 220-231 p., 2006.

_____. Modelagem da maré meteorológica utilizando redes neurais artificiais: Uma aplicação para a Baía de Paranaguá – PR, Parte II: dados meteorológicos de Reanálise do NCEP/NCAR. Revista Brasileira de Meteorologia, 22, 1, 53-62 p., 2007.

ONLINE OCEAN STUDIES. The American Meteorological Society Education Program/published by the American Meteorological Society 45 Beacon Street, Boston, 2005.

PIVEL, M.A.G.; SPERANSKI, N.; CALLIARI, L.J. A erosão praial na costa Atlântica Uruguaia. *Pesquisas em Geociências*, 28 (2), 447-457 p., 2002.

PORE, N. A. Marine conditions and automated forecasts for the Atlantic Coastal storm of february 18-20. *Monthly Weather Review*, 101, 4, 363–370 p., 1973.

PUGH, D.T. Tides, surges and mean sea level. John Wiley & Sons, Chichester, 450 p. 1987.

ROPELEWSKI, C.F.; HALPERT, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 115, 1606-1626 p., 1987.

RUGGIERO, P.; KOMAR, P.D.; MC DOUGAL, W.G.; MARRA, J.J.; BEACH, R.A. Wave run-up, extreme water levels and the erosion of properties backing beaches. *Journal of Coastal Research*, 17 (2), 407-419 p., 2001.

SARAIVA, J.M. B.; BREDAN, C.; CARNEIRO, C. Monitoring of storm surges on Cassino beach, R.S. Brazil. *Journal of Coastal Research*, 323-337 p., 2003.

SCHWING, F. B. Subtidal response of Scotian Shelf Circulation to Local and remote forcing, part I: observations. *Journal of Physical Oceanography*, 22, 523-541 p., 1992.

SERAU, A.K.; CALLIARI, L. Alterações morfológicas sazonais e diárias induzidas por eventos de alta energia. Praia dos Concheiros do Albardão-RS. VI Congresso da Associação Bras. de Estudos Quaternários e Reunião sobre o Quaternário da América do Sul (Resumos), 1997.

SILVA, G. S.; DOURADO, M. S.; CANDELLA, R. N. Estudo preliminar da climatologia da ressurgência na região de Arraial do Cabo, RJ. Disponível em: http://www.enapet.ufsc.br/anais/ESTUDO_PRELIMINAR_DA_CLIMATOLOGIA_DA_RESSURGENCIA_NA_REGIAO_DE_ARRAIAL_DO_CABO_RJ.pdf [s.d.]. Acessado em 20/08/2007.

SILVA, I.R. Praias da Costa do Descobrimento: uma contribuição para a gestão ambiental. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, 230 p., 2004.

SPERANSKI, N.; CALLIARI, L. Bathymetric lenses and coastal erosion in Southern Brazil. Abstracts of the International Coastal Symposium, Rotorua, New Zealand, 81-82 p., 2000.

STEWART, R.H. Introduction to physical oceanography. Department of Oceanography. Texas A&M University, 2005. Disponível em:

(http://oceanworld.tamu.edu/resources/ocng_textbook/contents.html). Acessado em 07/11/2007.

STORLAZZI, C. D.; GRIGGS, G. B. The 1997-98 El Niño and erosion processes along the central coast of California. Magazine Shore & Beach. Department of Earth Sciences and Institute of Marine Sciences, University of California Santa Cruz, California, 12-17 p., 1998.

SUGUIO, K. Dicionário de Geologia Sedimentar e áreas afins. Editora Bertrand, RJ-Brasil, 1998.

TESSLER, M. G.; GOYA, S. C. Processos Costeiros Condicionantes do Litoral Brasileiro. Revista do Departamento de Geografia, 17, 11-23 p., 2005

THOMPSON, K.R. The response of southern North Sea elevations to oceanographical and meteorological forcing. Coast and shelf science, 13, 287-301 p., 1981.

TRUCCOLO, E. C. Maré meteorológica e forçantes atmosféricas locais em São Francisco Sul. Dissertação de Engenharia Ambiental – UFSC, Florianópolis, 100 p., 1998.

TRUCCOLO, E. C.; FRANCO, D.; SCHETTINI C. A. F. The low frequency sea level oscillations in the northern coast of Santa Catarina, Brazil. Journal of Coastal Research, SI 39, 547-552 p., 2004.

UAISSONE, A. J. R. Influência das forçantes atmosféricas em mesoescala sobre o nível médio do mar em Piraquara, RJ. Dissertação de Mestrado em Engenharia Oceânica – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 138 p., 2004.

VITORINO, M. I. Análises das oscilações intrasazonais sobre a América do sul e oceanos adjacentes utilizando análise de ondeletas. Dissertação de mestrado, São José dos Campos-SP, 346 p., 2003.

WIEGEL, R. L. Natural Hazards: Library of Congress cataloguing-in-publication data, 61-63 p., 1964.

WONG, K.-C., The wind driven currents on the middle Atlantic Bight inner shelf. Continental Shelf Research, 19, 757-773 p., 1998.

WONG, K.-C., MOSES-HALL, J. E. On the relative importance of the remote and local wind effects to the subtidal variability in a coastal plain estuary. *Journal of Geophysical Research*, 103, 18.393-18.404 p., 1998.

YAMAZAKI, Y. & RAO, V.B. Tropical cloudness over the South Atlantic Ocean, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 55(2), 205-207 p., 1977.

Anexo I
(Fotos e Manchetes)

Neste anexo são apresentadas as fotos com as principais evidências dos danos causados pela a erosão (obtidas de arquivos de jornais) com as respectivas manchetes. Alguns eventos existe apenas a manchete descrevendo a erosão, sem evidências fotográficas.

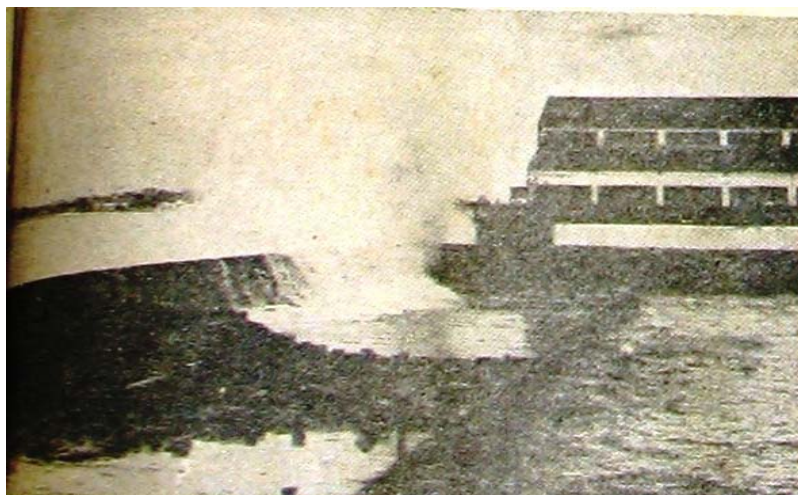
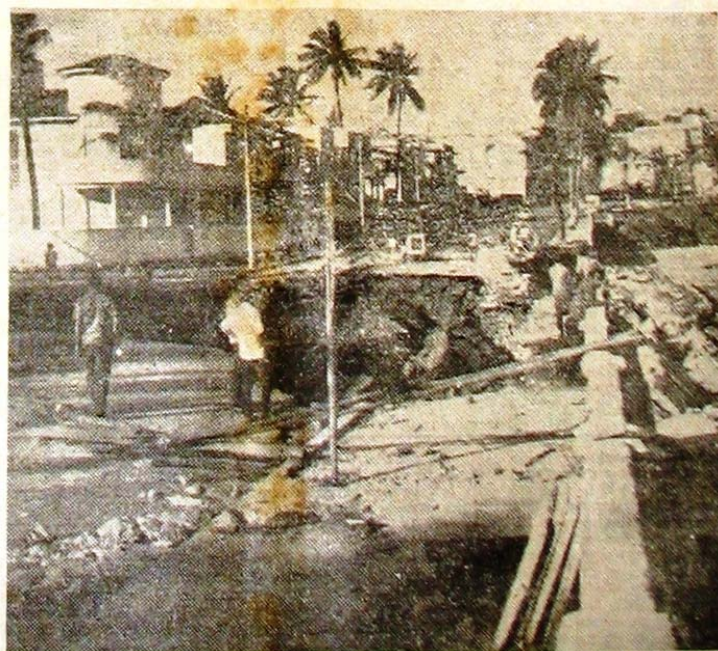


Foto A1.1 - JORNAL A TARDE 20/07/67: -A MAIS FORTE RESSACA: A forte ressaca destruiu ontem na praia de São Joaquim as instalações de uma firma do Ministério dos Transportes, um depósito de cereais na feira. No Cantagalo duas casas ficaram em ruínas e seis outras com sérios danos.



(a)



(b)

Foto A1.2 (a) - JORNAL ESTADO DA BAHIA 06/06/69 - CIDADE ACORDA INUNDADA POR TROMBA D'ÁGUA: Ontem houve destruição da balaustrada que estava sendo reconstruída na Avenida Getúlio Vargas.

Foto A1.2 (b) - JORNAL A TARDE 07/06/69 - CONSEQÜÊNCIAS DO TEMPORAL: Na Av. Presidente Vargas (Av. Oceânica) uma parte da velha balaustrada ruiu completamente, levando a nova que estava sendo construída (refere-se ao dia anterior).

Manchete A1.1 - JORNAL A TARDE 27/04/71 (SEM FOTO) – RESSACA DESTRÓI DEZ CASAS: cerca de dez localizadas atrás do Hospital São Joaquim – em Roma – desabaram, ontem, em consequência de forte ressaca deixando outras ameaçadas.

Manchete A1.2 - JORNAL A TARDE 28/04/71 (SEM FOTO) – MARÉ ALTA, PRINCIPAL CAUSA DE CATÁSTROFE: Destruição de 15 casas em Roma. Na Av. Oceânica trecho em Ondina é danificado pelo mar e ameaçando cair, pondo em perigo o tráfego; na Avenida Amaralina trecho cedeu.



Foto A1.3 - JORNAL A TARDE 03/07/74 - NUNCA FEZ TANTO FRIO EM SALVADOR: Durante toda a madrugada quando o preamar atingiu a mais de 2m 20cm, os que estavam ao longo das praias do Unhão e da Gamboa assistiram com tristeza a destruição dos poucos barcos que estavam ancorados a uma distância de cem metros da orla. Violência da maré destruiu a muralha e o asfalto em Amaralina.



Na Avenida Otávio Mangabeira, trecho da Pituba, a ressaca e os ventos solaparam o asfalto e derrubaram postes

(a)



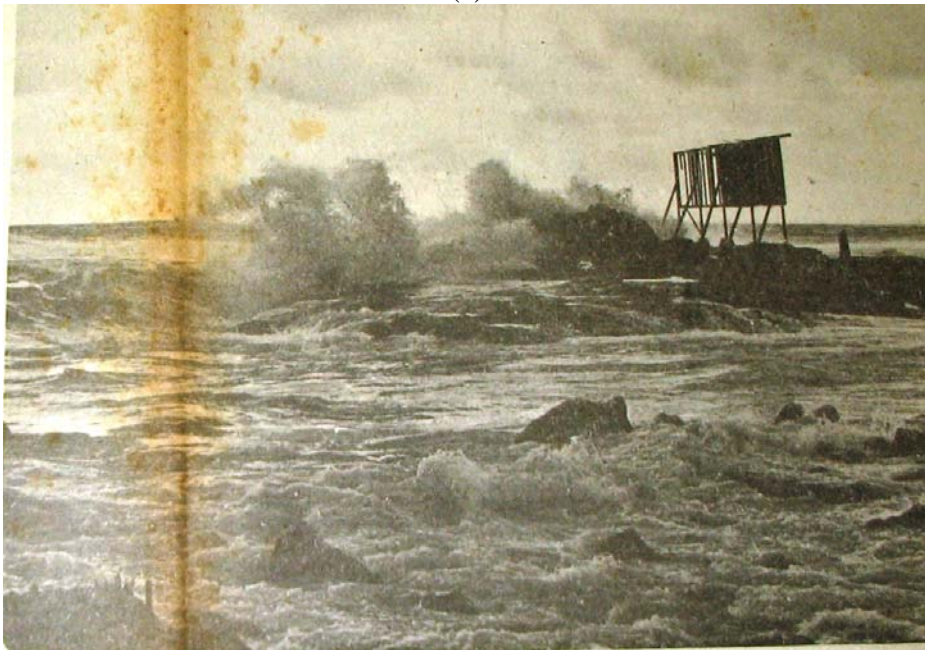
(b)

Continua na página seguinte.



A ressaca destruiu o ancoradouro do emissário submarino, no Rio Vermelho

(c)



(d)

Foto A1.4 (a) e (b) - JORNAL A TARDE 26/05/75 – RESSACA DERRUBA A MURADA E BALAUSTRADA NA BARRA: Ressaca das ondas invade casas na praia de Cantagalo, em alguns trechos, as ondas derrubaram muros de armazém.

Foto A1.4 (c) e (d) - JORNAL A TARDE 27/05/75 – MASSA DO PÓLO SUL CAUSA CHUVAS E FRIO NA CIDADE: No Rio Vermelho o emissário submarino teve o ancoradouro de ferro arrancado e as bóias de marcação tiveram as correntes danificadas.



A violência das ondas tem colocado em sobressalto moradores da praia do Cantagalo. O muro de proteção está completamente destruído

(a)

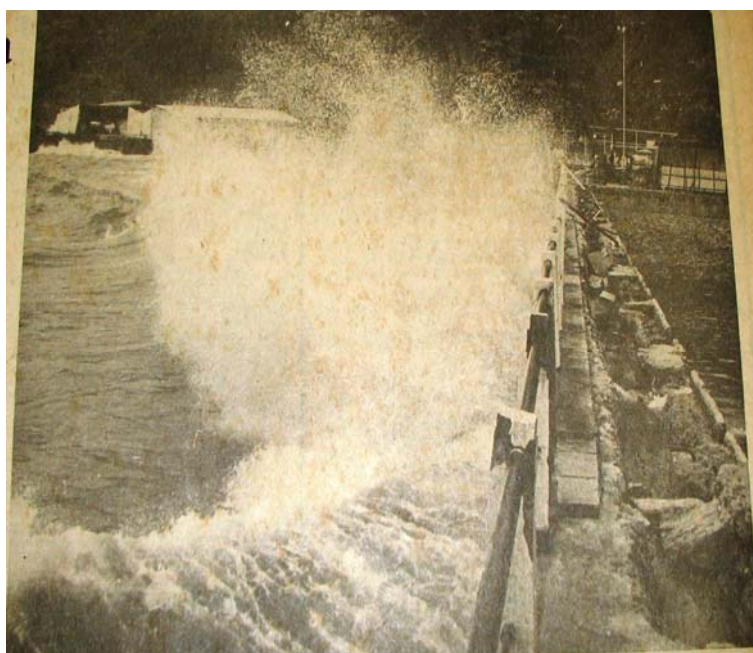


O mar retomou o trecho da Avenida Otávio Mangabeira, à altura da Pituba e a Prefeitura acha inviável reconstruí-lo

(b)

Foto A1.5 (a) - JORNAL A TARDE 30/05/75: -MAR VIOLENTO AMENDRONTA ATÉ OS VELHOS PESCADORES: A violência do mar está danificando quase toda a extensão da Av. Oceânica, derrubando a muradas e rompendo o asfalto até onde as ondas conseguem atingir. Atingindo um trecho na Pituba, Amaralina, o mesmo ocorrendo na Barra, com estragos de muros pelos impactos constantes das fortes ondas. Na praia de Cantagalo ondas ameaçam invadir residências.

Foto A1.5 (b) - JORNAL A TARDE 31/05/75 – PREFEITURA NÃO RECONSTRÓI TRECHO QUE O MAR DESTRUÍU: ontem contemplado o quadro real escrito pelos dias seguidos de ressacas que se abateram sobre Salvador, o secretário de obras públicas decidiu que será devolvido ao mar o trecho da Av. Otávio Mangabeira, nas imediações do Largo de Amaralina, recentemente urbanizado e que foi parcialmente destruído pelas furiosas ondas que se abateram sobre o concreto.



A forte ressaca atingiu vários pontos da cidade e no Iate causou danos avaliados em 2 milhões de cruzeiros

(a)



Ventos fortes, aliados a uma massa fria, provocaram a ressaca

(b)

Foto A1.6 (a) e (b) - JORNAL A TARDE 30/08/80 – PREJUÍZO DE 2 MILHÕES COM A RESSACA DE ONTEM: Destruição da murada do Iate Clube da Bahia, da ponte de atracação e da piscina em construção, além de avariar diversas lanchas fotos (a) e (b). Rua Barão de Cotegipe (na calçada): as águas sopradas do mar causaram inúmeros danos a residências e transversais no sentido da praia (trecho do litoral anualmente atingido pela ressaca).



Foto A1.7 - JORNAL A TARDE 07/04/81: -CASAS DO RIO VERMELHO SÃO INVADIDAS PELO MAR: A alta maré, que acaba invadindo cozinhas, varandas e copas de residências, além de estragar as paredes, portas e objetos de utilidade doméstica. Na tarde de ontem, enquanto as fortes ondas invadiam casas, as águas ultrapassavam a balaustrada que contorna o mar, no trecho do calçadão – que fica defronte aos fundos do Cine Rio Vermelho, onde está localizada uma loja de artesanato do Sesi-FIEB.



A fúria das ondas fez ceder parte do calçadão no Rio Vermelho e derrubou um poste

(a)



Na Pituba, a força das ondas destruiu o muro dos fundos do Clube Português

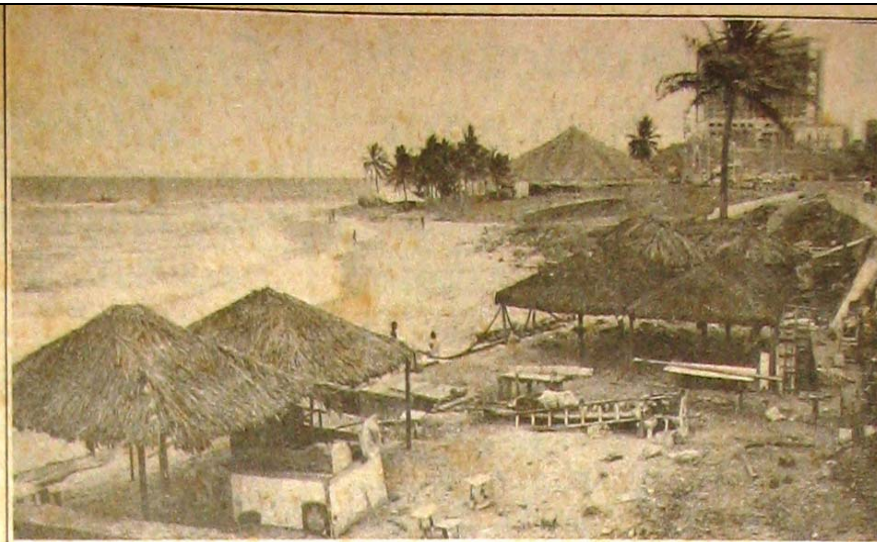
(b)



Pescadores examinam o barco destruído pelas ondas

(c)

Continua na página seguinte



Com a maré de março, as praias de Salvador, ontem, ficaram completamente desertas

(d)

Foto A1.8 (a) e (b) - JORNAL A TARDE 18/03/84 – FORTE RESSACA E TEMPORAL CAUSAM ABALOS EM SALVADOR: as fortes chuvas e não menos violenta ressaca do mar praticamente devastaram diversos locais da cidade, ontem. Em toda orla marítima o aspecto era de destruição. Parte da balastrada entre o Farol e o Porto da Barra foi derrubada pela fúria das ondas que cobriam toda a extensão de areia e arrebatavam com violência contra amurada de proteção. No Rio Vermelho: no calçadão da Biblioteca Juracy Magalhães Júnior, o mar abriu uma enorme cratera, na qual afundou um poste de iluminação(foto a). Na Pituba, o muro do Clube Português foi destruído pelo mar, que também arrastou barracas de praia e destruiu diversos barcos (foto b).

Foto A1.8 (c) e (d) - JORNAL A TARDE 19/03/84 – MAR CAUSA ESTRAGOS E AGORA ESTÁ MAIS CALMO: O mar estava ontem, menos violento, porém no Rio Vermelho (Rua Borges dos Reis) fortes ondas continuavam atingindo o calçadão e parte da pista asfáltica no trecho vizinho, artesanato do SESI, além de provocar a destruição de um barco pesqueiro (foto c). Na Pituba o Clube Português com muro dos fundos destruído, barraca neste local arrastada pelas ondas. Na Bacia das moças (Rio Vermelho) pelo menos uma barraca foi destruída (foto d).



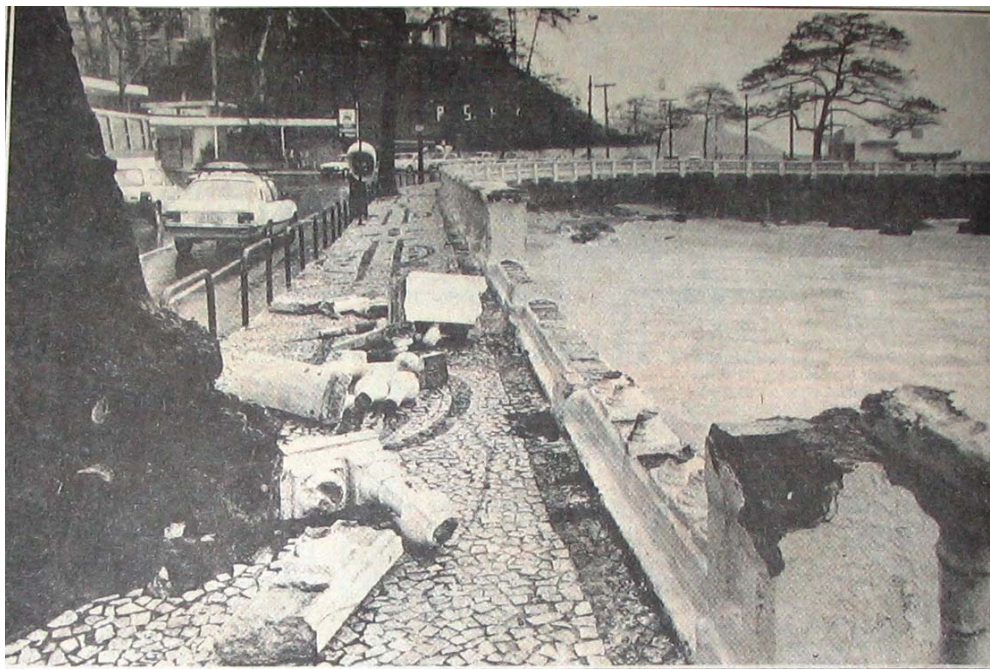
Os arquitetos não previram que a maré pudesse destruir a base das barracas

Foto A1.9 - JORNAL A TARDE 06/08/85 – NOVAS BARRACAS NA ORLA ESTÃO QUASE CAINDO: Na praia de Piatã em frente ao balneário do IAP-SEB, cinco barracas padronizadas tiveram as bases ameaçadas e estão prestes a cair à ação da maré deixou os moirões que sustentavam os módulos das barracas soltos. Alguns coqueiros foram derrubados pela ação do vento e da maré.



Com os fortes ventos e a chuva, intensificou-se a briga entre o rochedo e o mar, com as águas agitadas em quase toda a orla marítima

Foto A1.10 - JORNAL A TARDE 15/07/88: -CHUVA E VENTO SURPREENDE A CIDADE: Mais que deslumbrante espetáculo de assistir a feroz briga do rochedo com o mar que se via em praticamente toda orla, provocando nuvens e espuma no ar. Por causa da topografia a todo instante e as velhas construções mostram pouca resistência.



Na Barra, a velha amurada não resistiu ao mar violento e caiu, interditando a calçada

Foto A1.11 - JORNAL A TARDE 04/08/88 – INVERNO AINDA SERÁ DE MUITA CHUVA: Destruição do Barracão da colônia dos pescadores (Rua Francisco Lisboa no Roma) por causa da forte ressaca. Na Barra em frente ao Mar azul Hotel a balaustrada despencou por causa da maré.



Foto A1.12 - JORNAL A TARDE 18/08/93 – RESSACA AMEAÇA BARRACAS: Durante o dia 18/08 as ondas ameaçaram levar oito barracas localizadas no fundo do restaurante Casquinha de Siri (Piatã), sendo que as ondas foram mais intensas no final da tarde, causaram danos a mesas e cadeiras de barracas de praia



Foto A1.13 - JORNAL A TARDE: 12/03/1994 - MARÉ DE MARÇO CAUSA PREJUÍZOS A BARRAQUEIROS E PESCADORES: As fortes marés estão causando prejuízos na orla na semana de 06 à 11/03. Muitas barracas perderam cadeiras e mesas e estão com a base ameaçada pela força das águas.

Manchete A1.3 - JORNAL A TARDE: 12/07/1994 (sem foto)- Chuvas fortes e ventos de até 60 km/h prejudicam Salvador: Durante a noite do dia 10 e manhã do dia 11/07 foi registrado um índice de 60,9 mm de chuva e ventos de mais de 60 km/h em Salvador, que provocaram vários acidentes e estragos. Na orla, os moradores da Pedra da Sereia, Rio Vermelho, estão em pânico. Os fortes ventos e ondas altíssimas assustam os moradores das casas mais próximas ao mar, tendo as ondas varrido tudo, chegando a atingir a murada das residências mais avançadas



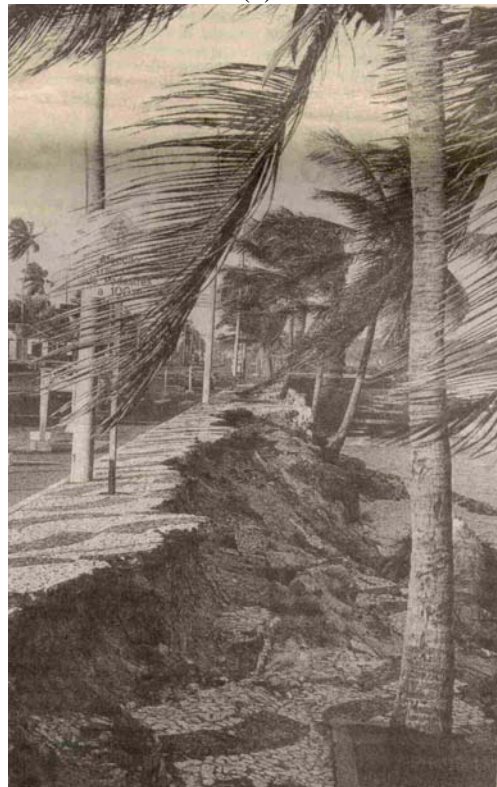
Foto A1.14 - JORNAL A TARDE: 18/04/1995 - METEOROLOGISTA PREVÊ UMA NOVA FRENTE-FRIA: Na tarde do dia 17/04, a CODESAL registrou o alagamento de quatro barracas atrás do clube Português, na Pituba, em consequência da maré alta, a segunda nos últimos cinco anos, segundo os proprietários das barracas.

Manchete A1.4 - JORNAL TARDE: 07/03/1996 (sem foto) - VIOLÊNCIA DA MARÉ DE MARÇO JÁ ESTÁ CAUSANDO ESTRAGOS NA ORLA: Em Placaford, a maré do dia 6/03 destruiu parte do passeio que fica em frente ao Plaka Shopping Center e alguns coqueiros ameaçam cair levando riscos aos que passam pela área

Manchete A1.5 – JORNAL A TARDE: 21/04/1996 (sem foto) - PREVISÃO DE VENTO FORTE E CHUVA NAS PRÓXIMAS HORAS: Na madrugada do dia 20/04, os ventos fortes provocaram vários estragos. A agitação do mar foi mais intensa por volta das 2h da madrugada.



(a)



(b)

Foto A1.15 (a) - JORNAL A TARDE: 24/07/1996 - RESSACA DANIFICA CINCO BARCOS: cinco barcos à deriva, foi o resultado da ressaca que ocorreu da noite do dia 22 à manhã do dia 23/07, na enseada de Santana, Rio Vermelho. Com os ventos fortes e o mar bravio, os barcos soltaram-se das amarras e bateram nas pedras.

Foto A1.15 (b) -JORNAL A TARDE : 25/07/1996 - RISCO DE UMA NOVA FRENTE-FRIA: a força das marés destruiu passeios em Itapuã.



Foto A1.16 - JORNAL A TARDE: 02/08/1996 - MARÉ ALTA E VENTOS FORTES ESTÃO ASSUSTANDO OS BAIANOS: a força dos ventos e das marés do final de julho e início de agosto têm assustado o baiano e causado muitos prejuízos com a destruição de equipamentos, barracas de praia, barcos e um grande número de afogamentos na orla. Destruição de parte do muro do Clube Português, praia da Pituba, cedeu devido à ação das fortes ondas.

Manchete A1.6 – JORNAL A TARDE: 13/09/1996 - MAR DESTRÓI BARRACAS E CAUSA GRANDES PREJUÍZOS EM PLACAFOR: Na madrugada de 12/09, após as 3 h da manhã, uma forte ressaca derrubou as quase sete barracas instaladas na Praia de Placaford. Na tarde do mesmo dia, duas barracas já haviam sido totalmente destruídas e a calçada ameaçava desabar

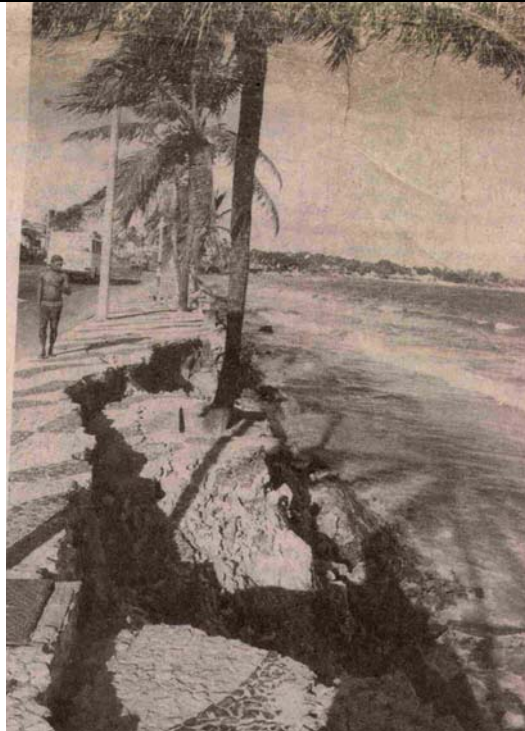


Foto A1.17 - JORNAL A TARDE: 11/03/1997 - MAR DESTRÓI CALÇADÃO NOVAMENTE EM ITAPUÃ: A violenta maré de março voltou a danificar o calçadão da orla de Itapuã, no Largo da Sereia e defronte ao Cassino dos Suboficiais e Sargentos da Aeronáutica. Pelo menos três coqueiros ameaçam cair podendo atingir banhistas.

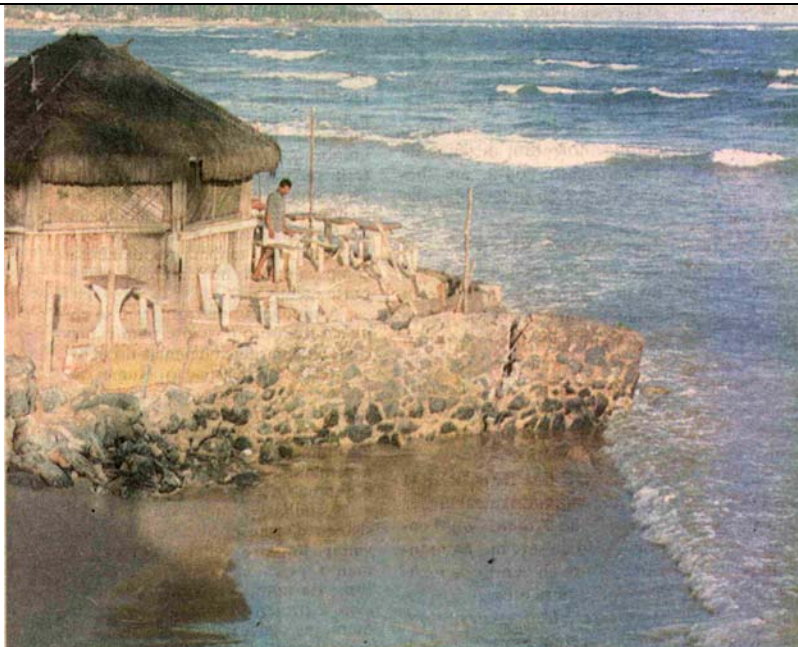


Foto A1.18 - JORNAL CORREIO DA BAHIA: 04/05/1999 (refere-se à erosão ocorrida em 29/03/1999) - BARRACAS AMEAÇADAS PELA MARÉ MANTÊM FUNCIONAMENTO Uma semana depois de a ressaca do mar ter destruído cinco barracas de praia na Pituba e uma parte do Clube Português, as barracas continuam sendo ameaçadas pelo mar, porém continuam funcionando.

Manchete A1.7 - JORNAL CORREIO DA BAHIA 16/05/1999 – NA ORLA, VÁRIOS COQUEIROS E VÁRIAS BARRACAS FORAM ATINGIDAS PELA FÚRIA DO VENTO E DO MAR. Na madrugada do dia 15/05 os ventos, que normalmente têm força de 6 km/h, atingiram uma velocidade em torno de 37 km/h pela manhã.



Foto A1.19 - JORNAL CORREIO DA BAHIA: 29/09/1999 - ONDAS DESTROEM MURO DE CONTENÇÃO NA ORLA E CAUSAM PREJUÍZOS: As fortes ondas que ocorreram desde o dia 23/09 destruíram o muro de contenção do mar e, conseqüentemente, as passagens que dão acesso à Praia de Jaguaribe. As ondas, que já atingiram até cinco metros, arrastaram objetos como chuveiros, mesas e outros equipamentos e provocaram a erosão do terreno onde estão instaladas treze barracas. O ponto mais atingido foi onde localiza-se a barraca Porto Seguro. Os barraqueiros que encontravam-se instalados há mais de treze anos disseram que nunca tinham visto algo assim. O ponto máximo da destruição ocorreu no dia 28/09, com as águas atingindo até a parte interna das barracas.



Foto A1.20 – Jornal A TARDE: 25/03/2001 - RESSACA SURPREENDE E DESTRÓI BARRACAS : A ressaca do mar que atingiu Salvador e Vilas do Atlântico desde à tarde do dia 22/03 causou forte destruição no dia 23/03 na praia da Pituba, atrás do Clube Português, quando fortes ondas derrubaram barracas e levaram objetos.



Foto A1.21 - JORNAL A TARDE: 25/05/2001 - CICLONE É RESPONSÁVEL PELA RESSACA NAS PRAIAS BAIANAS: A ressaca do mar que tem provocado ondas de dois a três metros e causado grande destruição é causada por ventos intensos gerados no ciclone extratropical que se deslocou para o meio do atlântico. A ressaca atingiu a praia da Pituba no dia 24/05, as ondas destruíram oito barracas e parte do muro do Clube Português. Já no Rio Vermelho, na Mariquita, a ressaca também foi sentida, porém com menor intensidade. Em Placaford, as ondas destruíram parte da calçada e derrubou dois coqueiros.



Foto A1.22 – JORNAL A TARDE: 19/09/2001 - FÚRIA DO VENTO FEZ ESTRAGOS EM SALVADOR: O temporal ocorrido em Salvador na madrugada e durante o dia 18/09, com fortes rajadas de vento sul, provocou a destruição de 12 barcos na Praia de Santana, no Rio Vermelho. A maré alta ameaçou invadir casas em Praia Grande, no Subúrbio Ferroviário e na Praia de Placaford derrubou vários sacos usados para conter a maré e ameaçou invadir casas. O temporal também foi sentido em Piatã, onde a força dos ventos arrastou sombreiros, mesas e cadeiras.

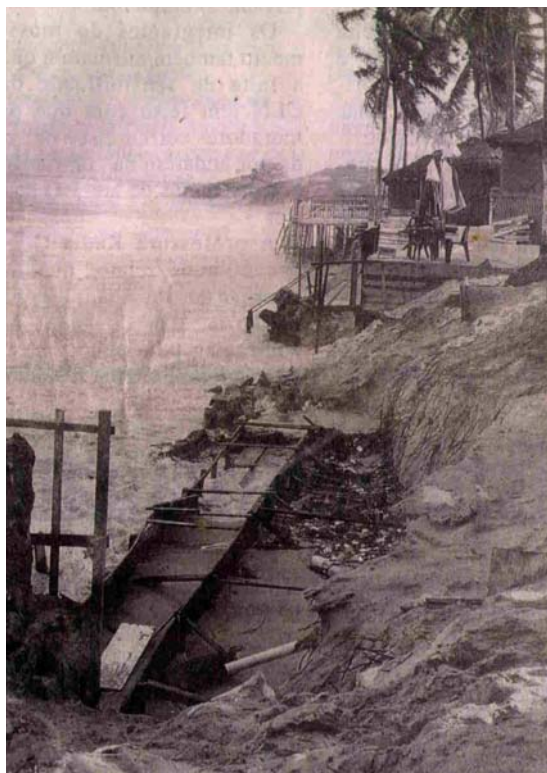


Foto A1.23 - JORNAL A TARDE: 27/05/2002 - VENTO FORTE PROVOCA RESSACA DO MAR: Ontem, dia 26/05, na orla de Salvador, em vários trechos da Pituba a Itapuã, as ondas chegaram a alcançar dois metros de altura.



Foto A1.24 - JORNAL A TARDE: 24/09/2005 – CALÇADA DANIFICADA PELA MARÉ, ENTRE AS PRAIAS DE PLACAFORD E ITAPUÃ, AMEAÇA ÁREA DE BARRACAS ONDE FICAM BANHISTAS: A maré do último dia 23 destruiu 50 metros do calçamento, também causou desmoronamento da alvenaria que dá suporte às barracas e destruiu completamente uma escada, que agora é bloco de pedra solta na praia, além de causar danos a mesas e cadeiras de barracas de praia.



(a)



(b)

Foto A1.25 (a) - JORNAL A TARDE: 09/09/2006 – RESSACA DANIFICA 11 BARRACAS DE PRAIA: No início do trecho de Piatã, quatro barracas, que passam pela reforma de revitalização, foram atingidas pela força das águas, que cavou areia, derrubando parte das estruturas (foto a). Outras foram destruídas, sendo uma em Flamengo e seis na praia de Ipitanga.

Foto A1.25 (b) - JORNAL A TARDE: 10/09/2006 – RESSACA DO MAR FOI A PIOR DOS ÚLTIMOS 20 ANOS-DESTRUIÇÃO EM VÁRIOS TRECHOS DA ORLA: De acordo com a base Naval da Bahia, as barracas em Piatã, Stella Maris e Praias do Flamengo foram atingidas por ondas de até 2.9m de altura. O cais da Ilha de Maré foi totalmente destruído. A ciclovia da entre Piatã e Jaguaribe foi atingida (foto b).

Anexo II
(Cartas Sinóticas e Gráficos)

Cenário 1A

(Observação o dia em que ocorreu a erosão está marcado em vermelho)

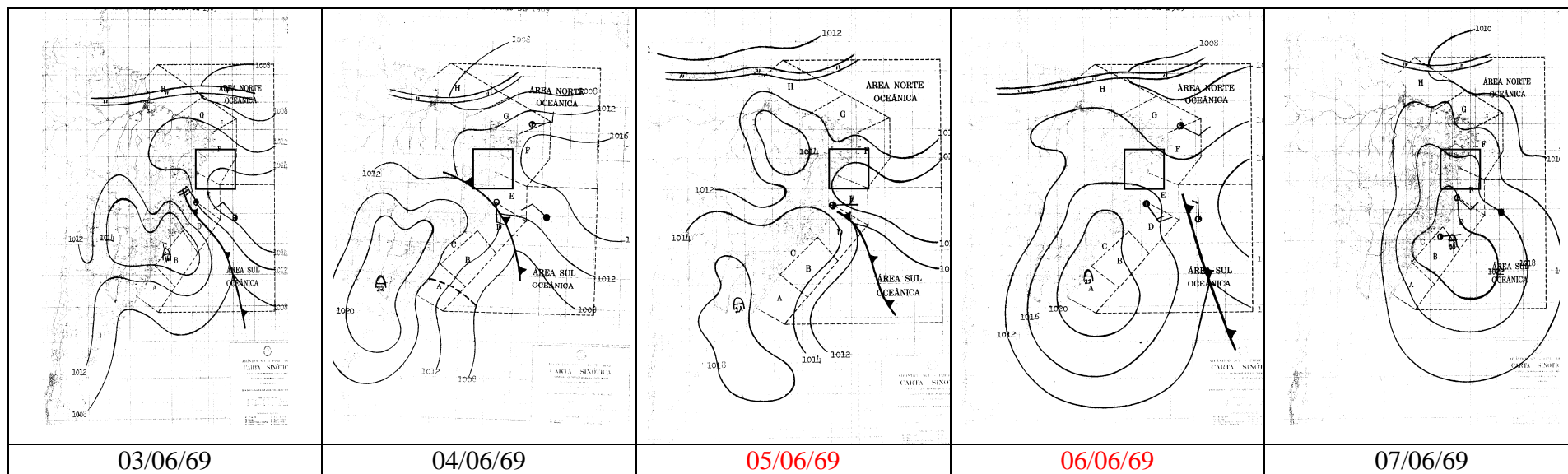


Figura A2.1 – Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 03 a 07/06/69.

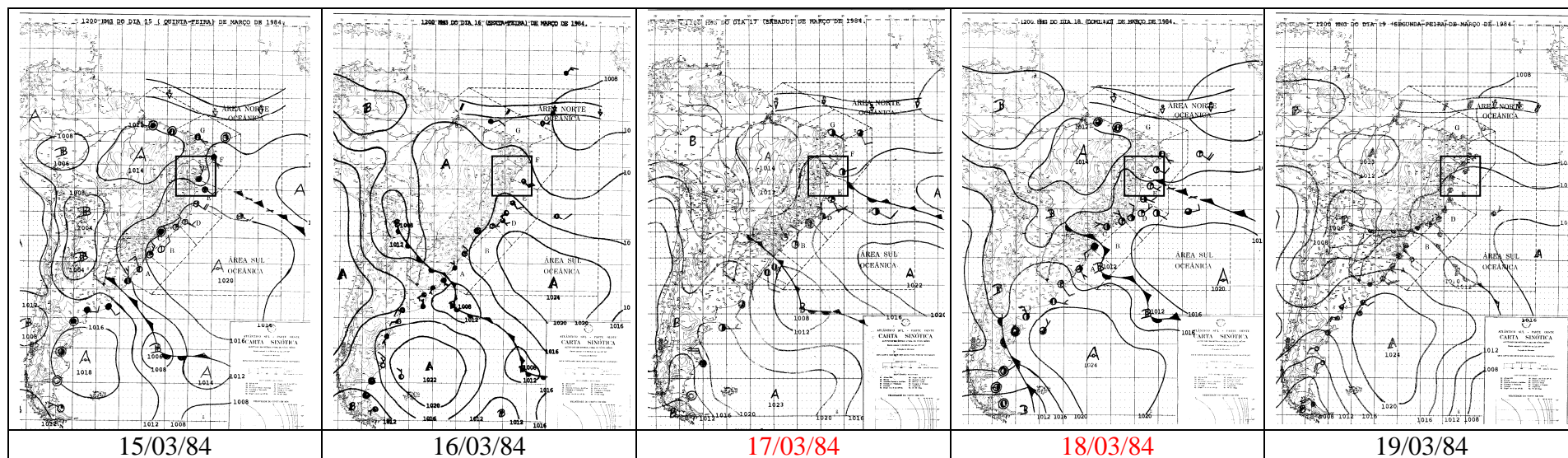


Figura A2.2– Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 15 a 19/03/84.

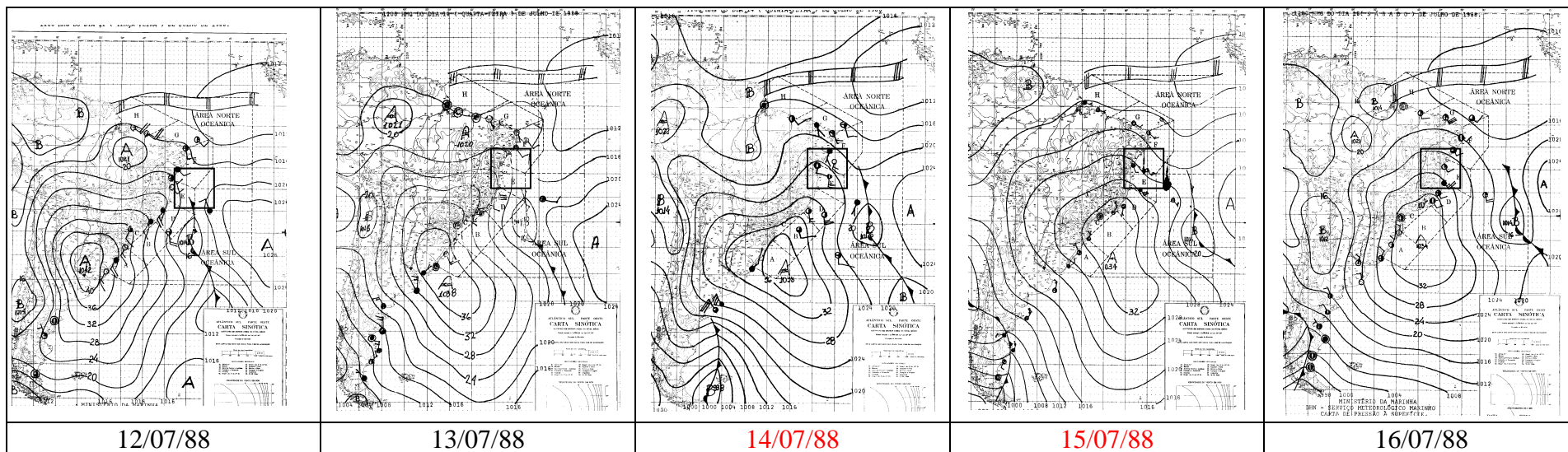


Figura A2.3- Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 12 a 16/07/88.

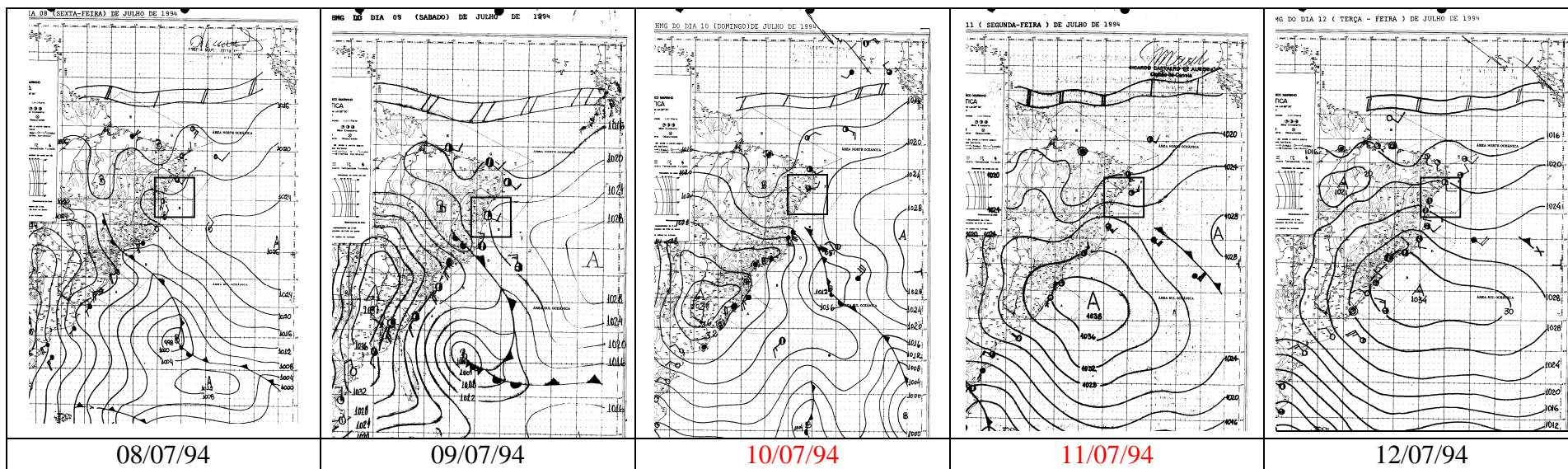


Figura A2.4- Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 08 a 12/07/94.

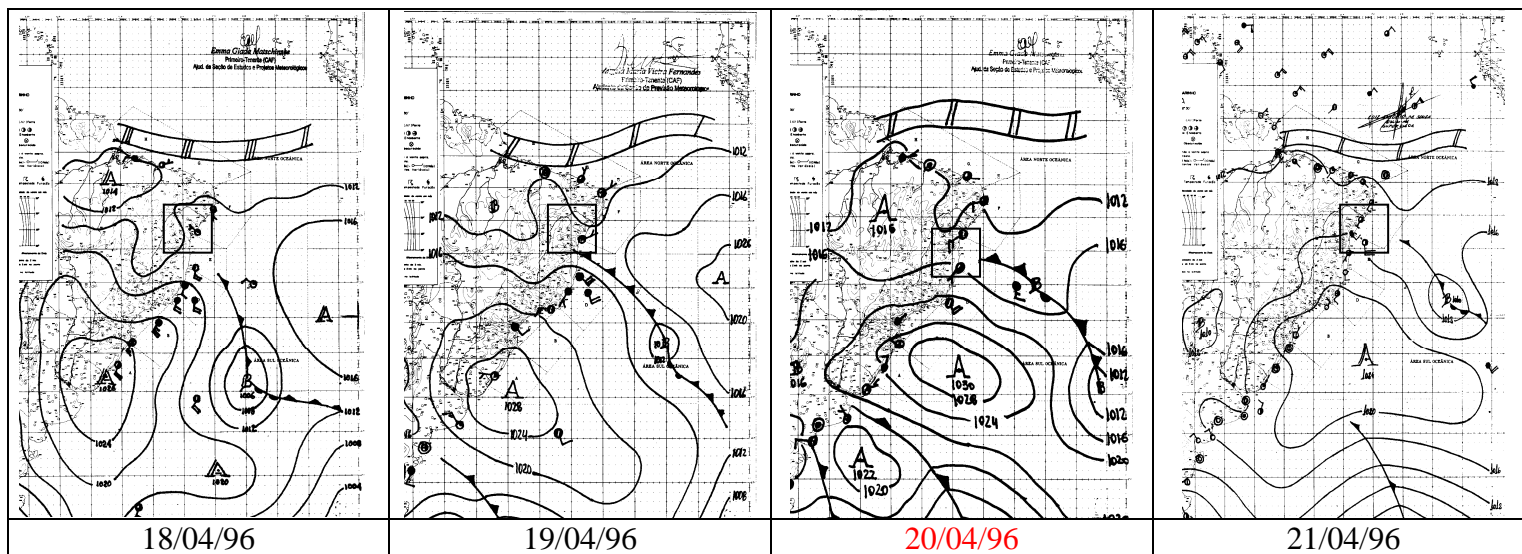
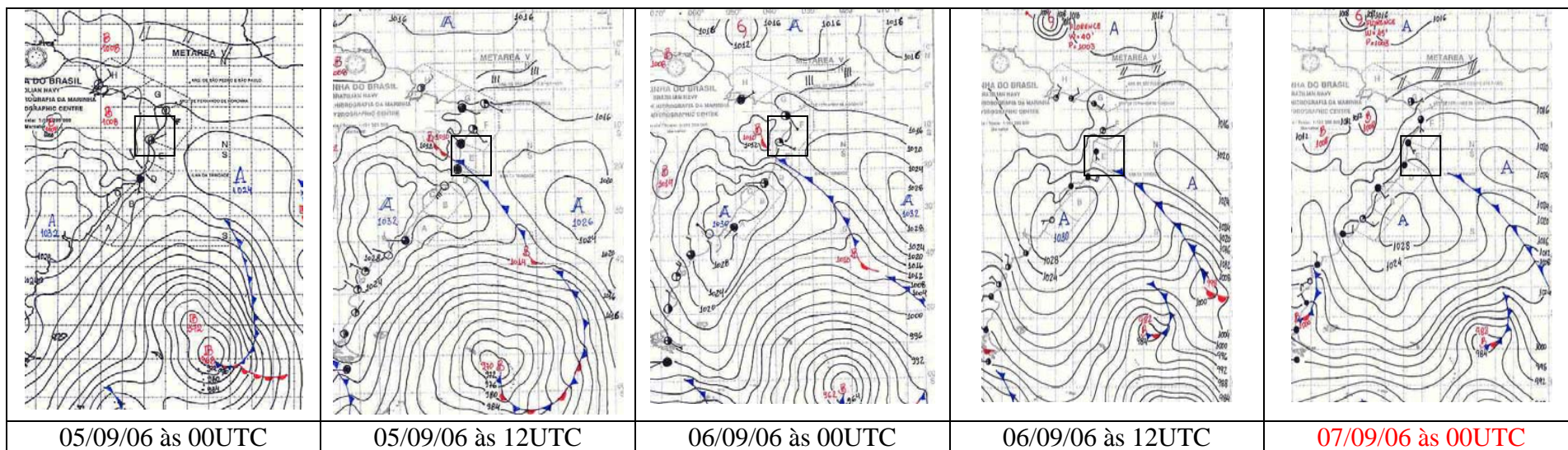


Figura A2.5 – Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 18 a 21/04/96.



(continua na página seguinte)

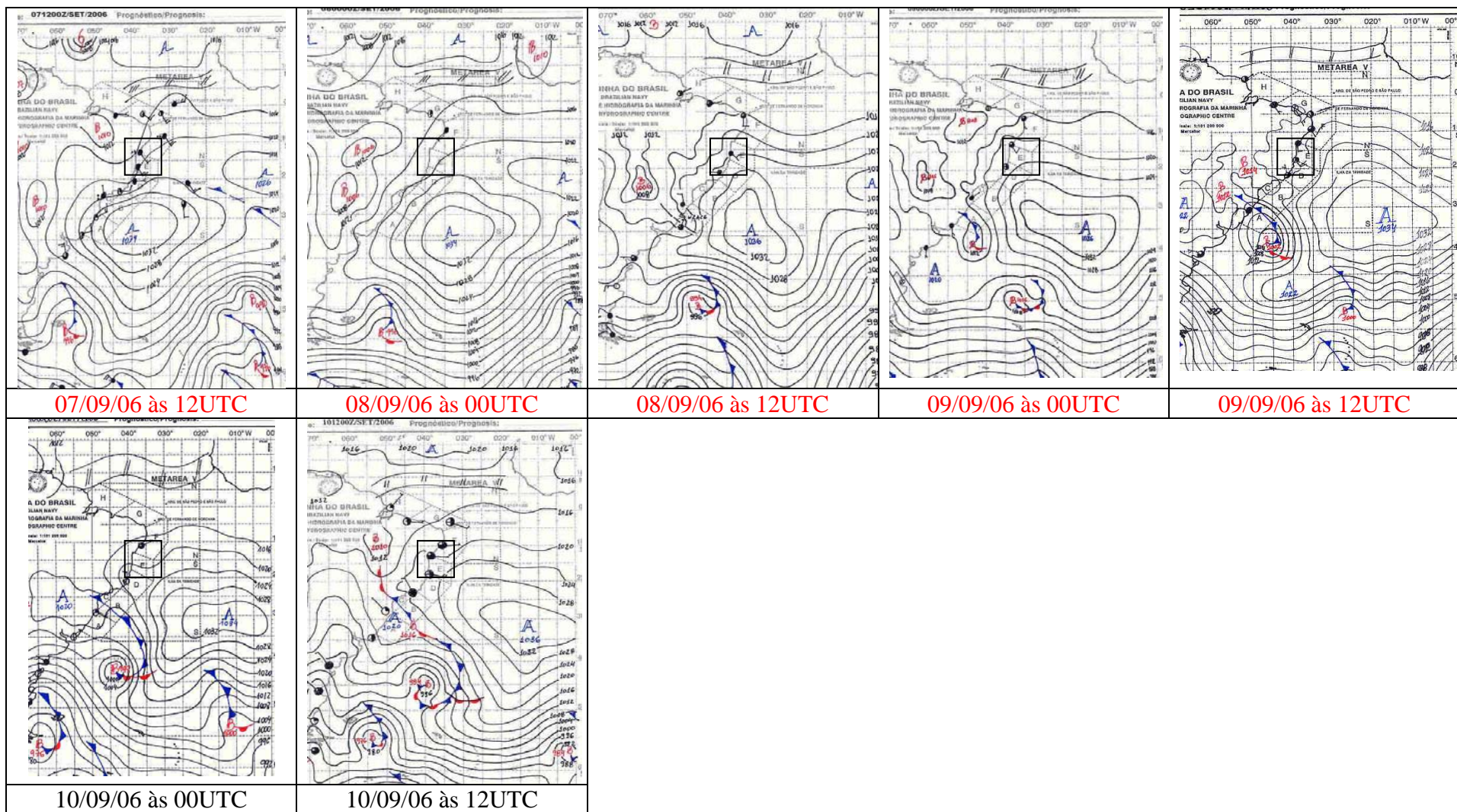


Figura A2.6 – Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 05 a 10/09/06.

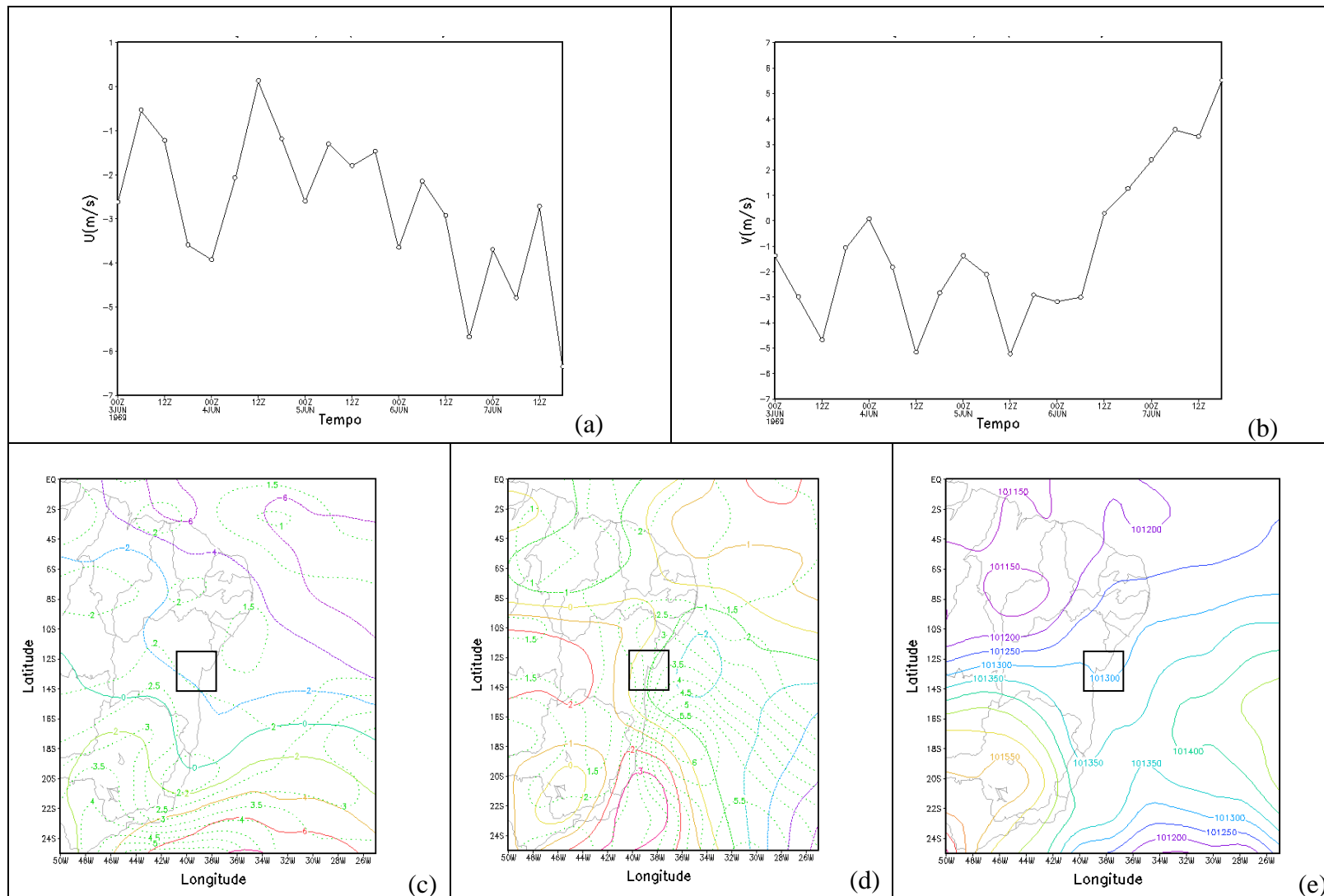


Figura A2.7 - Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) das componentes zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 03/06 a 07/06/69.

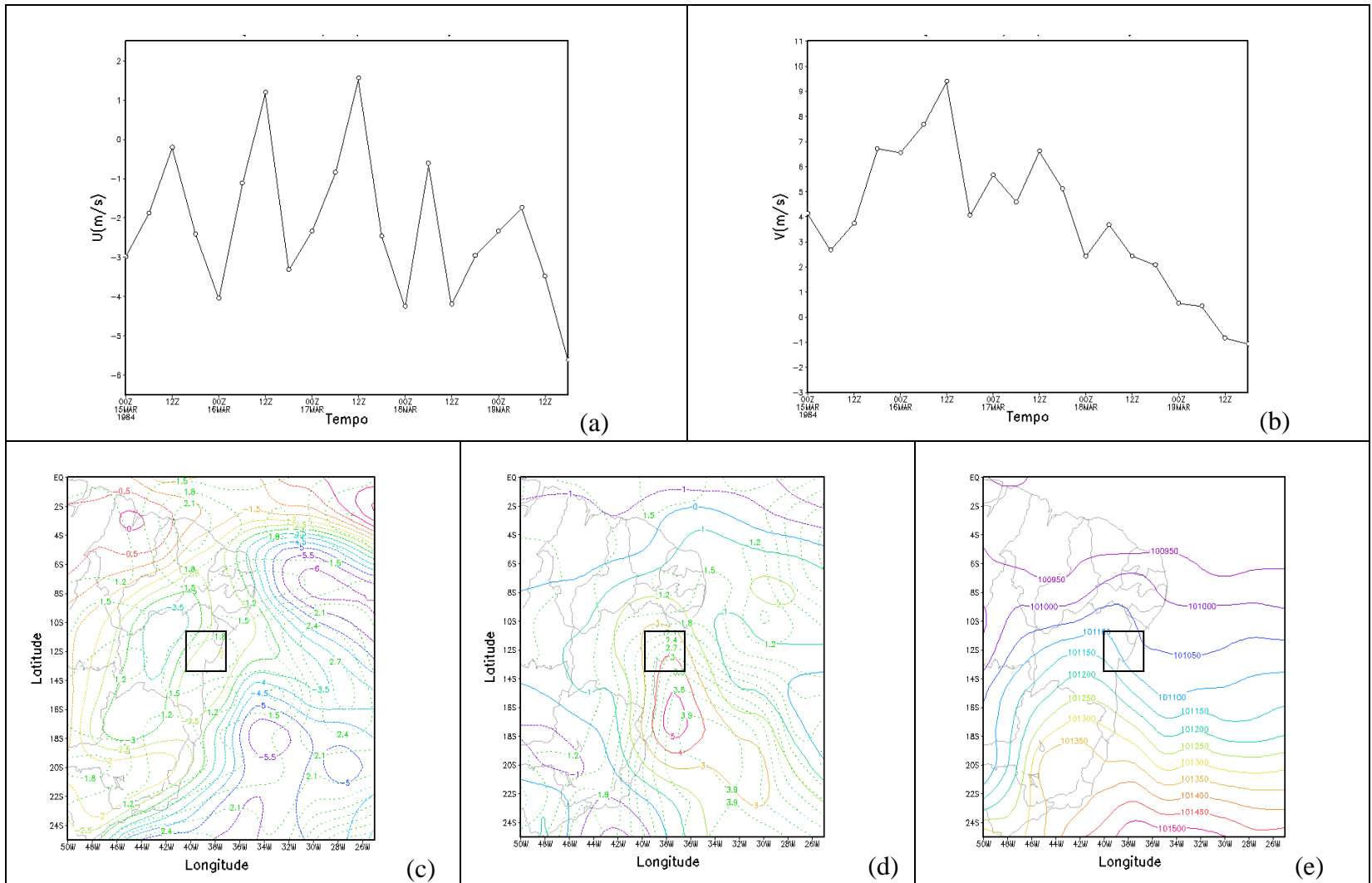


Figura A2.8 -Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 15/03 a 19/03/84.

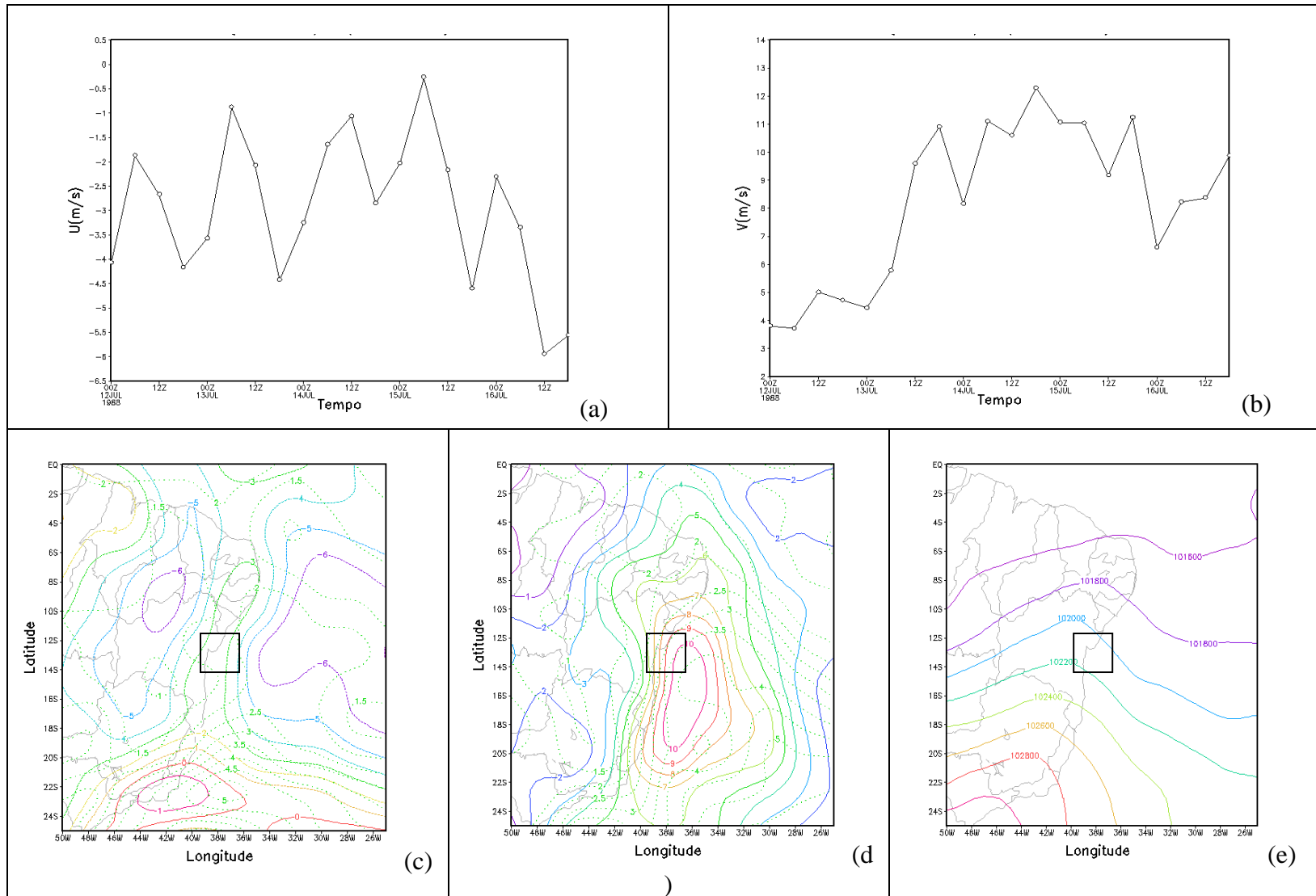


Figura A2.9-Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 12/07 a 16/07/88.

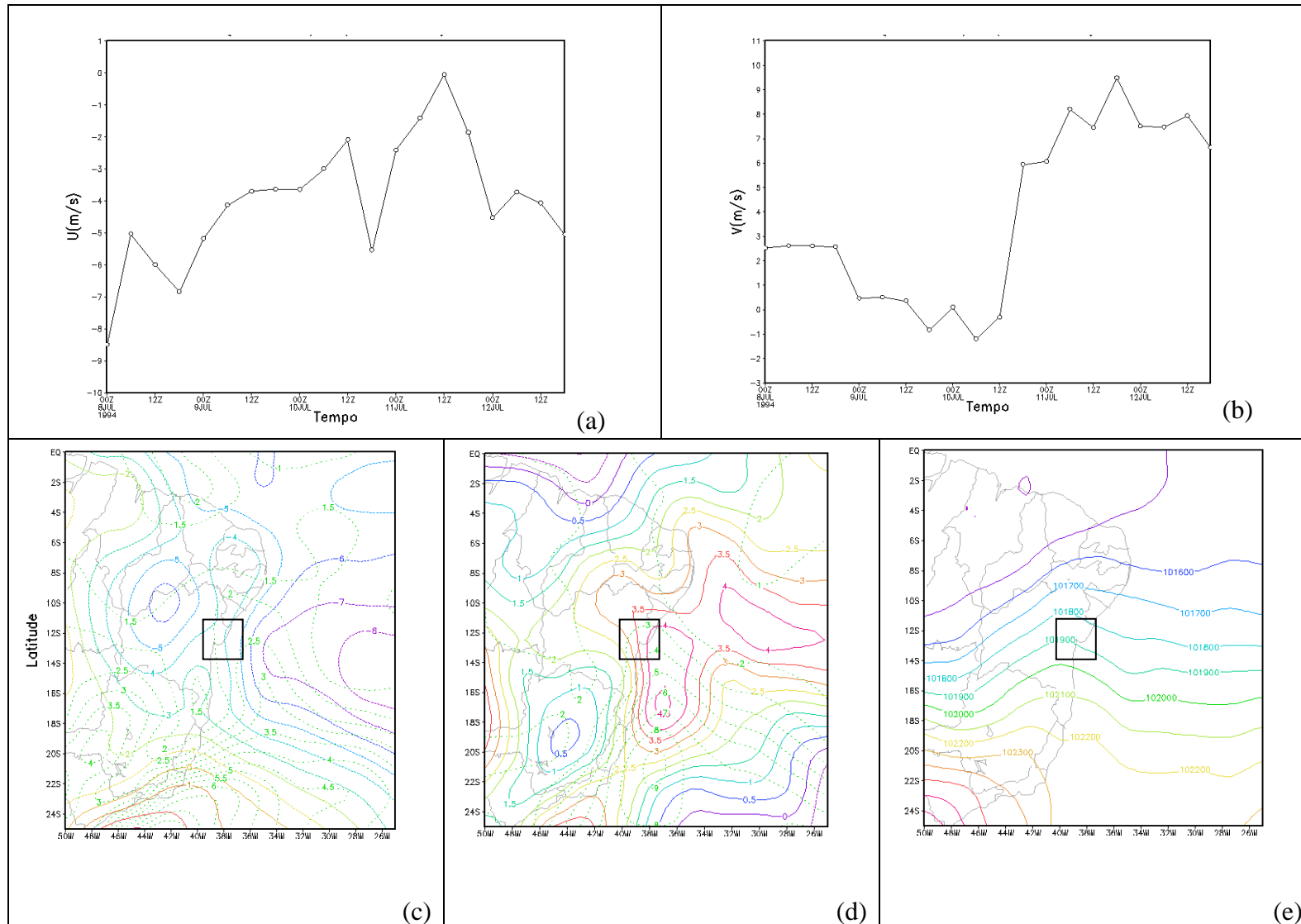


Figura A2.10 - Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 08/07 a 12/07/94.

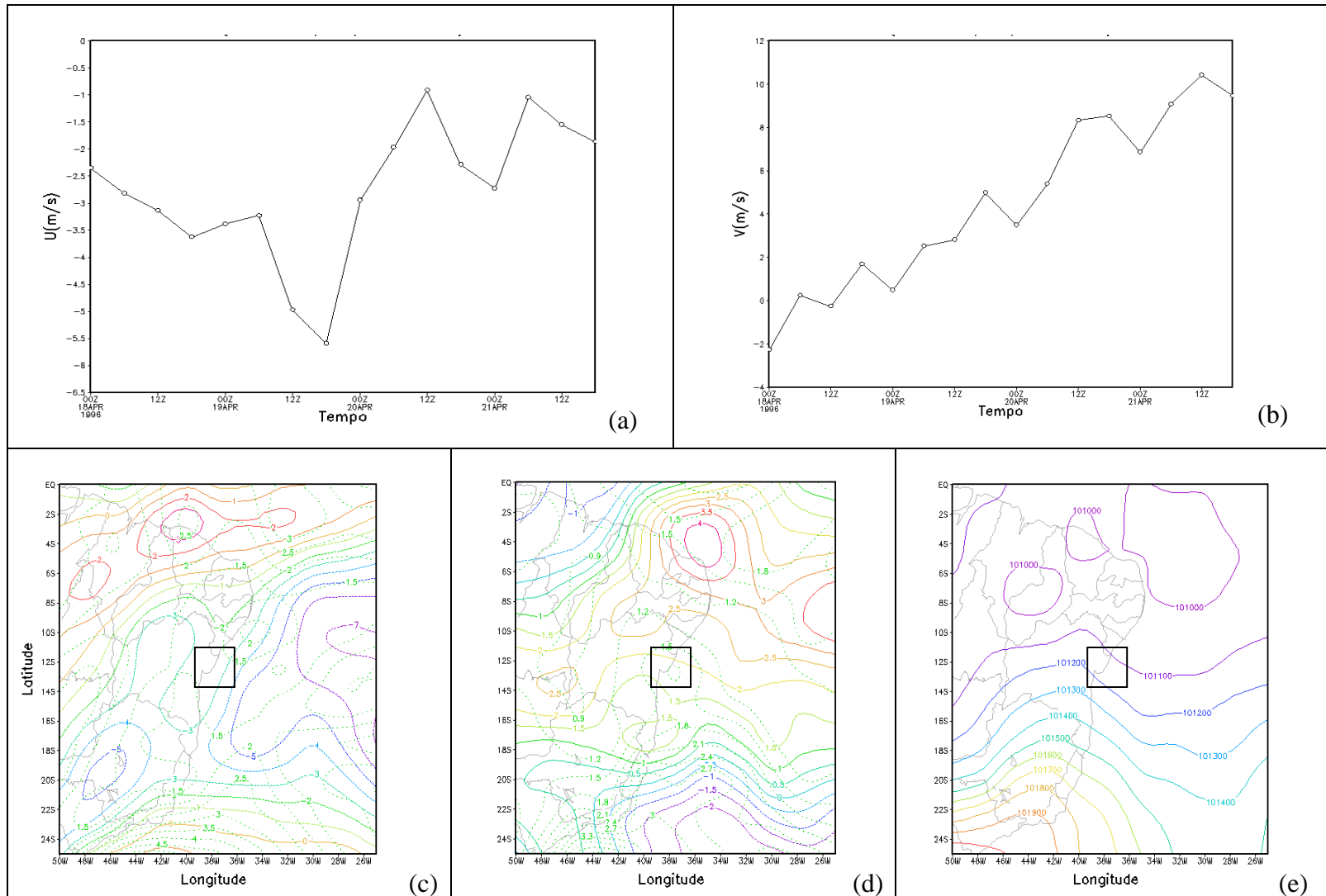


Figura A2.11 -Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 18/04 a 21/04/96.

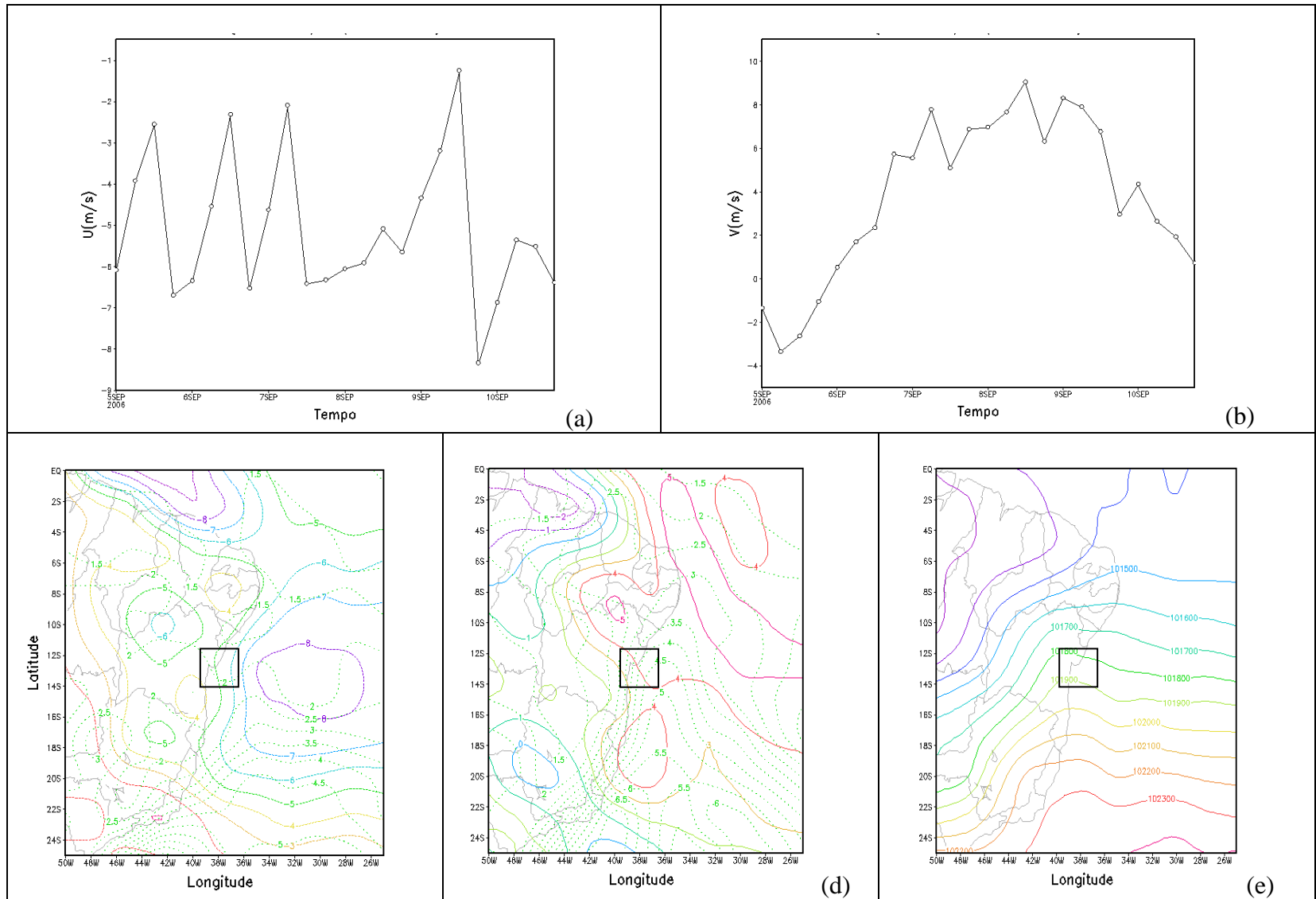


Figura A2.12 -Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 05/09 a 10/09/06.

Cenário 1B

(Observação o dia em que ocorreu a erosão está marcado em vermelho)

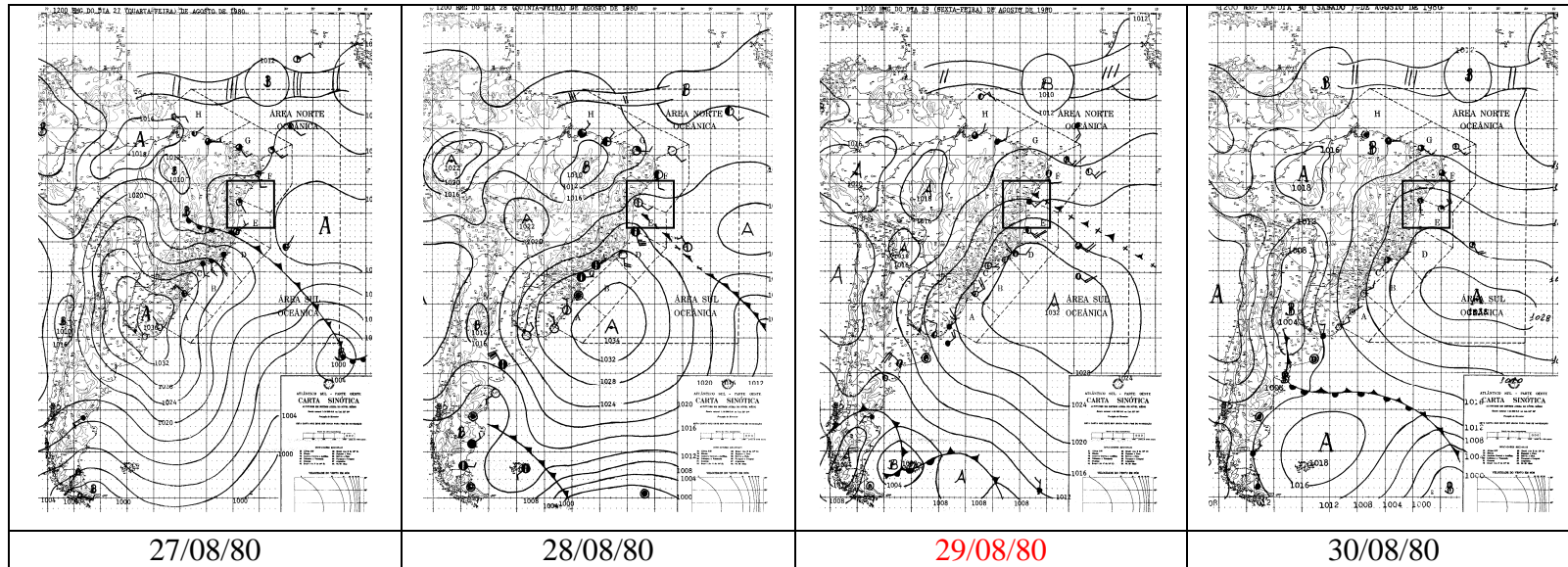


Figura A2.13 – Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 27 a 30/08/80.

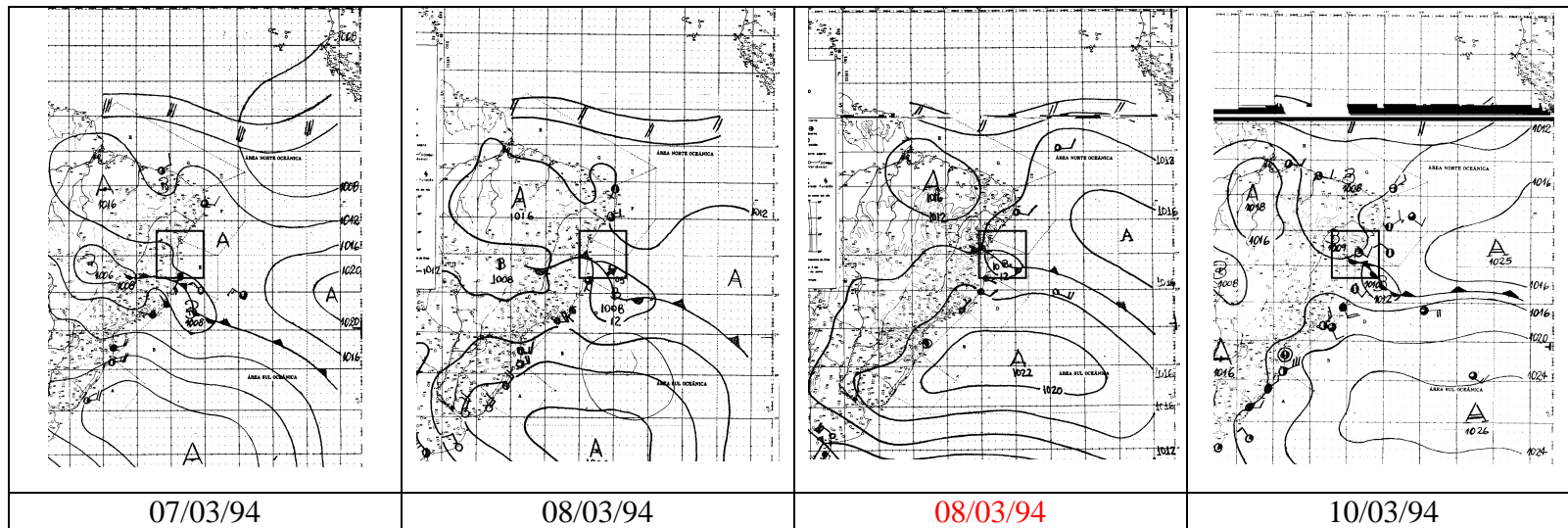


Figura A2.14 – Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 07 a 10/03/94.

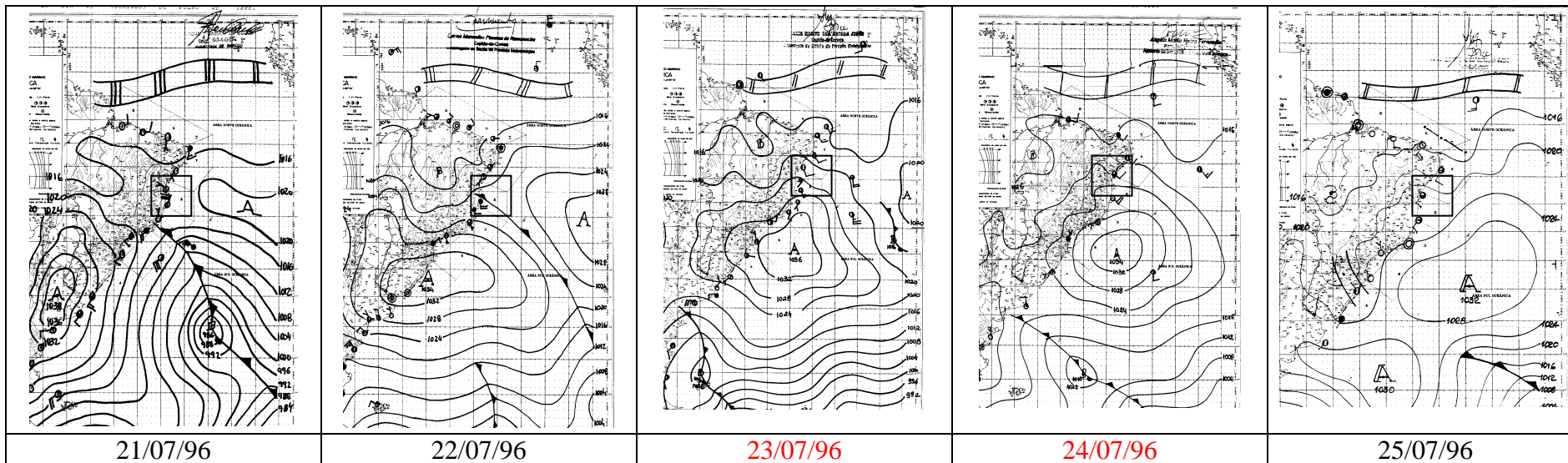


Figura A2.15 – Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 21 a 25/07/96.

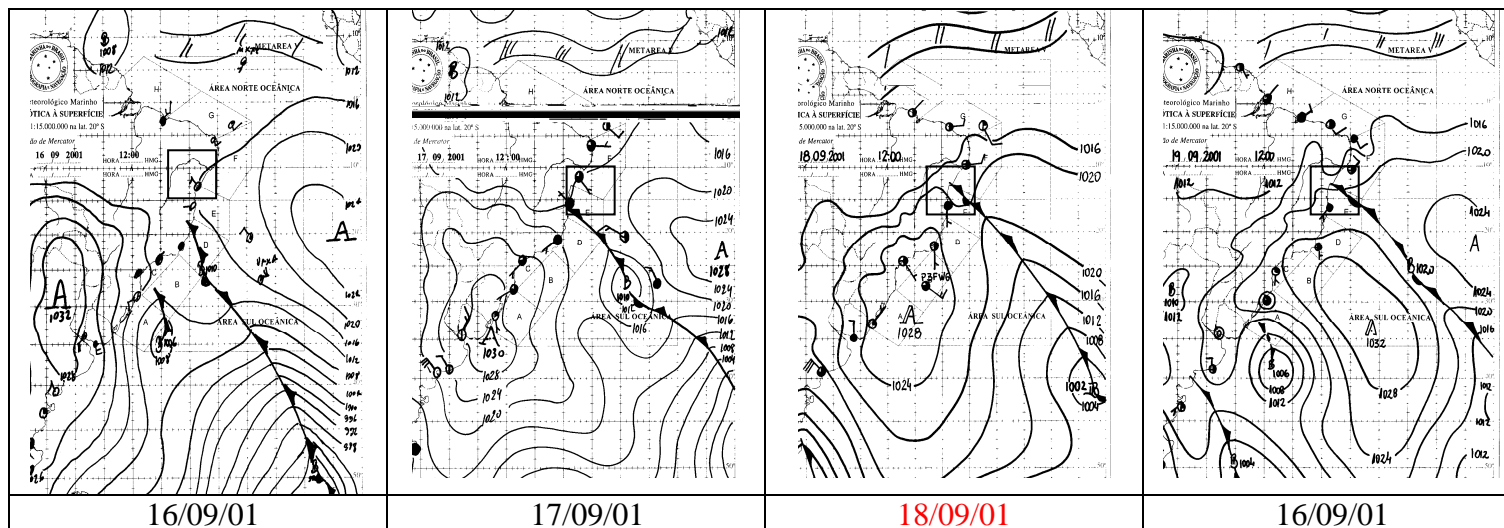


Figura A2.16 – Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 16 a 19/09/01.

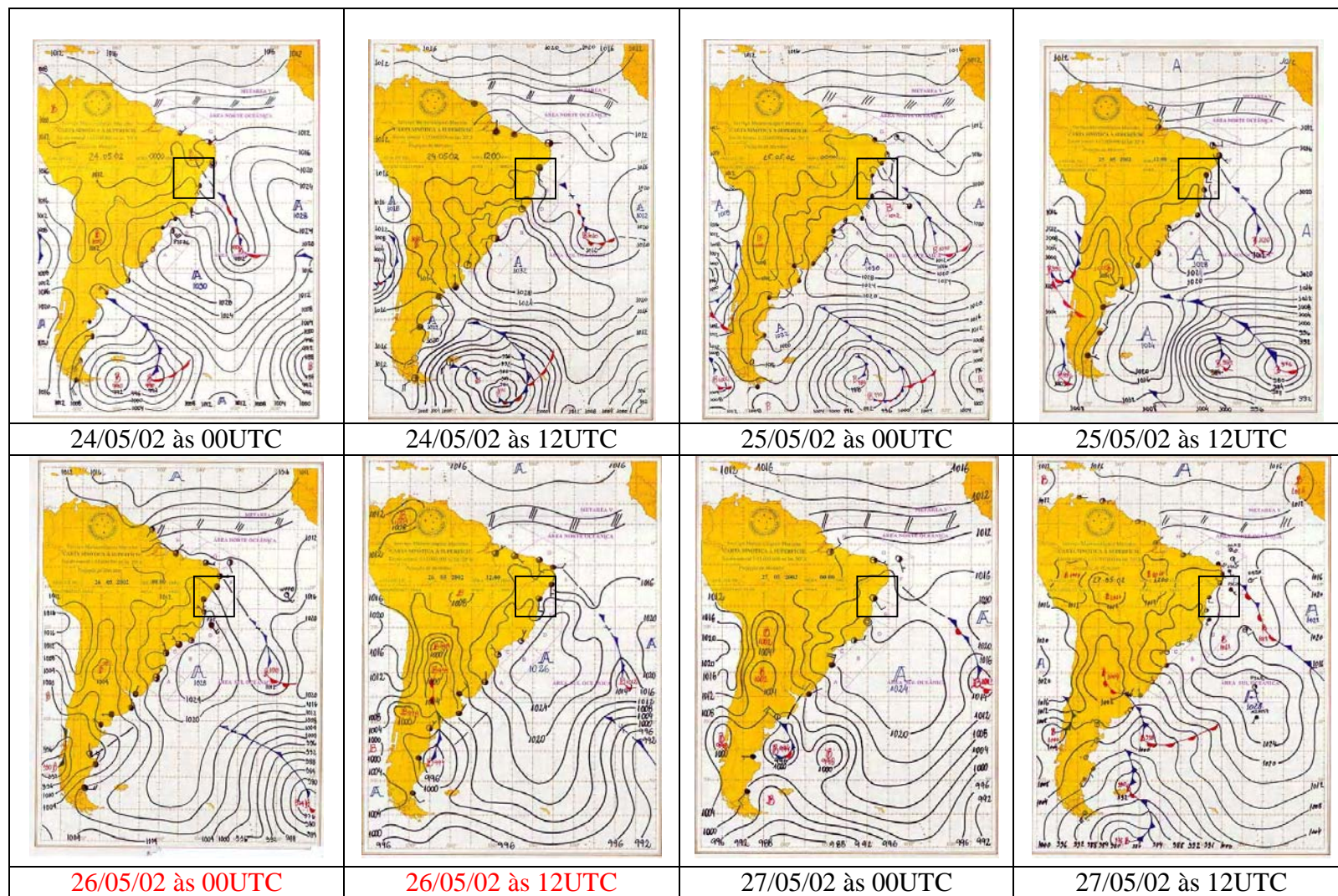


Figura A2.17 – Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 24 a 27/05/02.

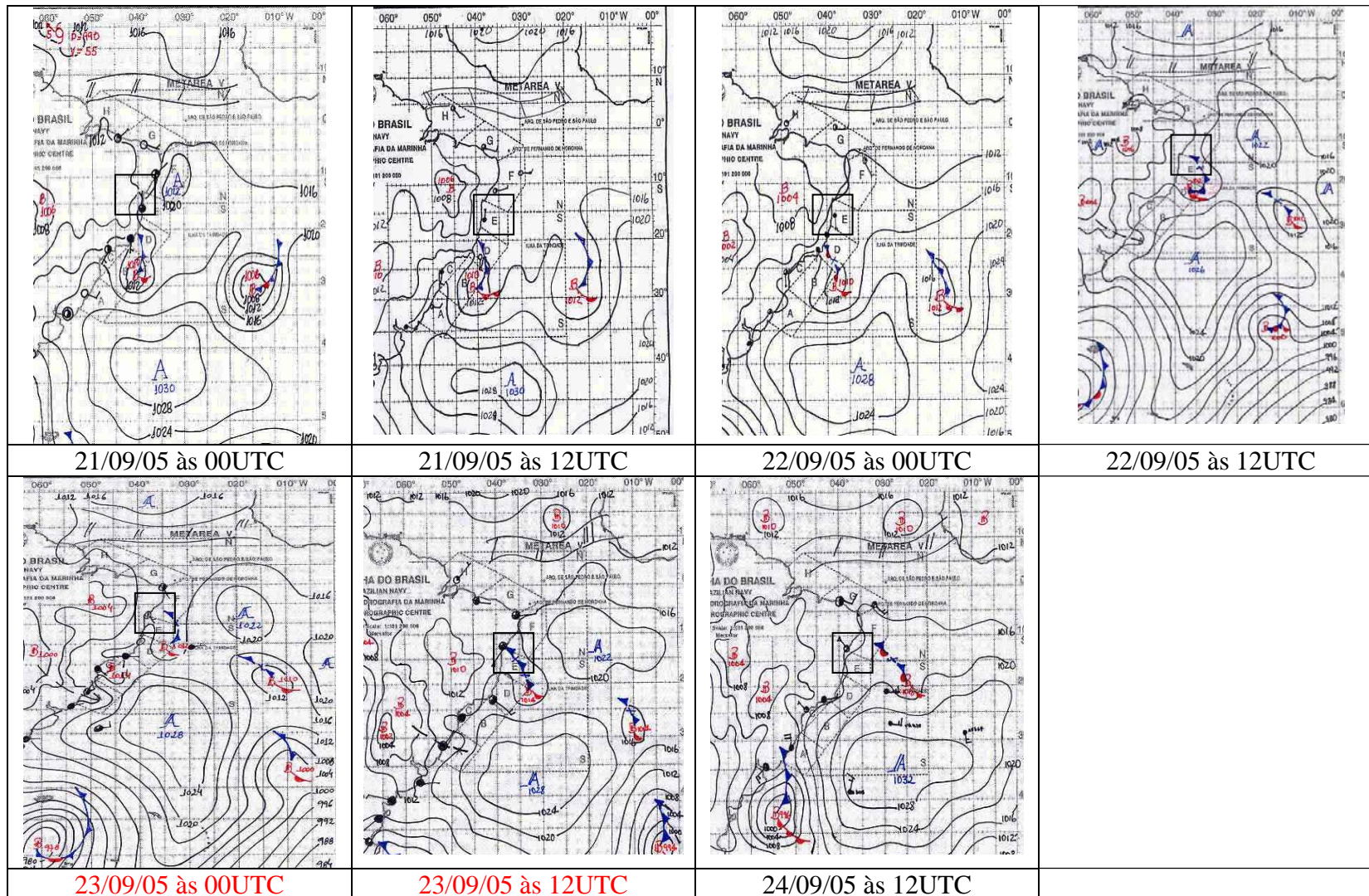


Figura A2.18 – Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 21 a 24/09/05.

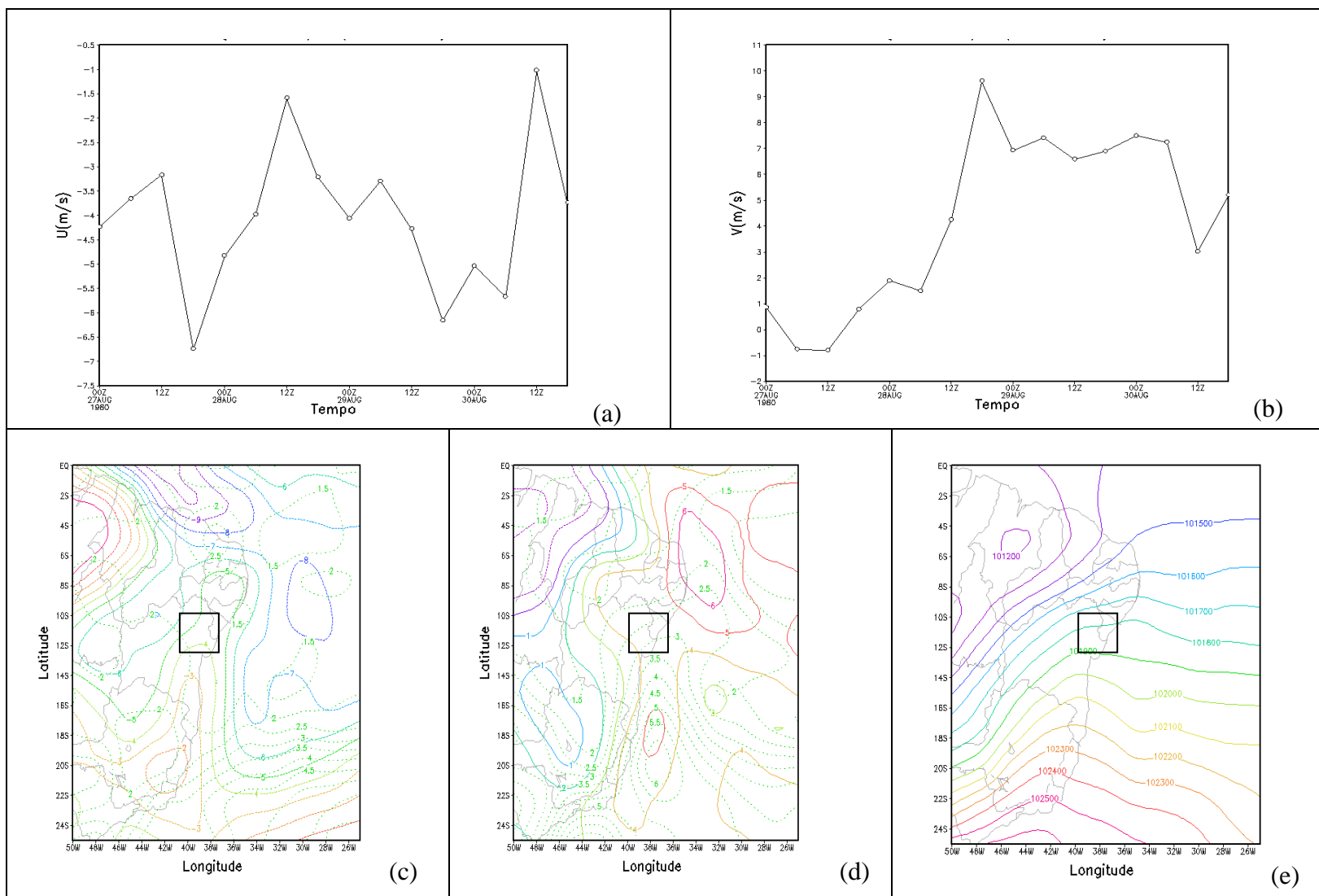


Figura A2.19 -Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 27/08 a 30/08/80.

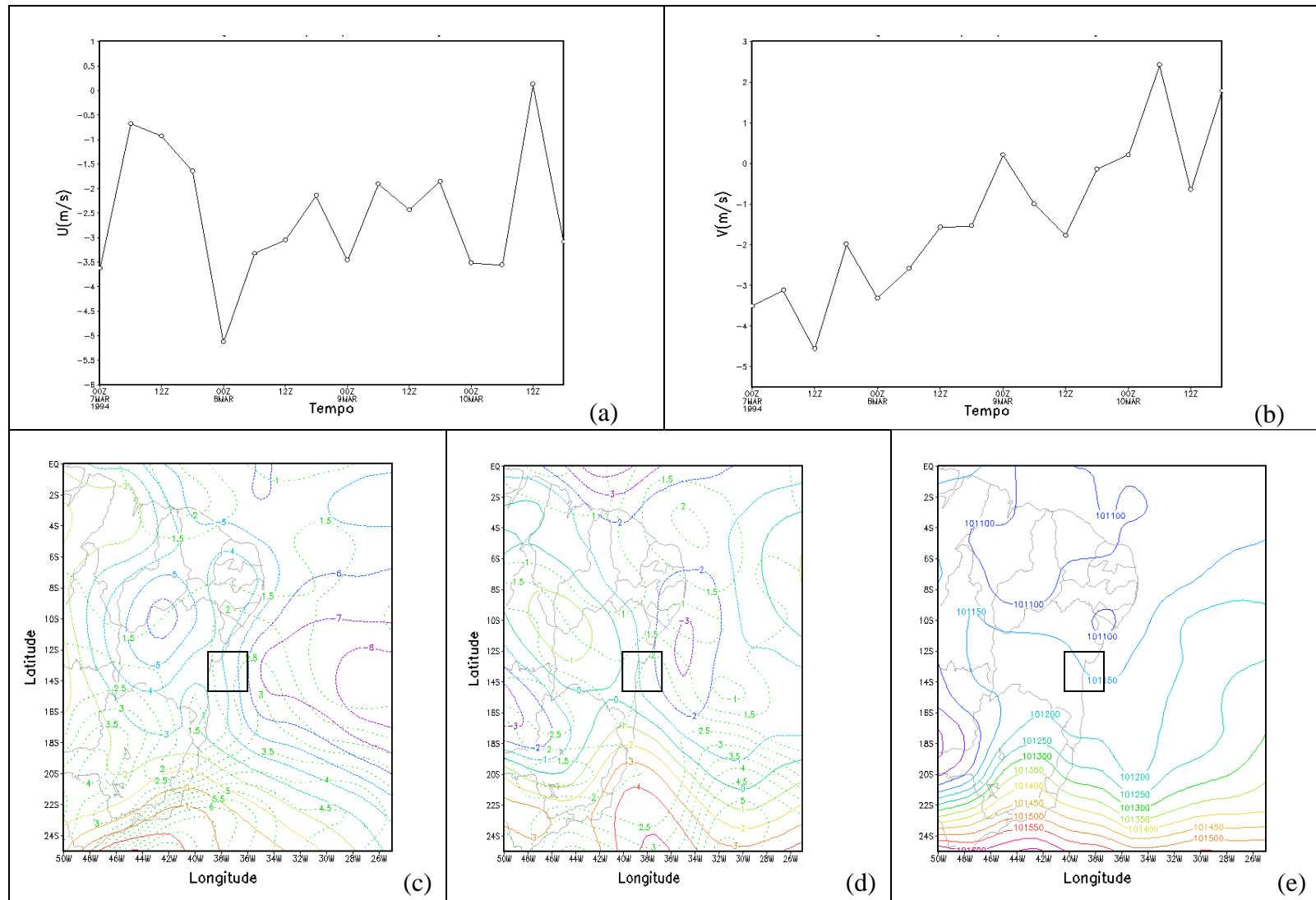


Figura A2.20 -Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 07/03 a 10/03/94.

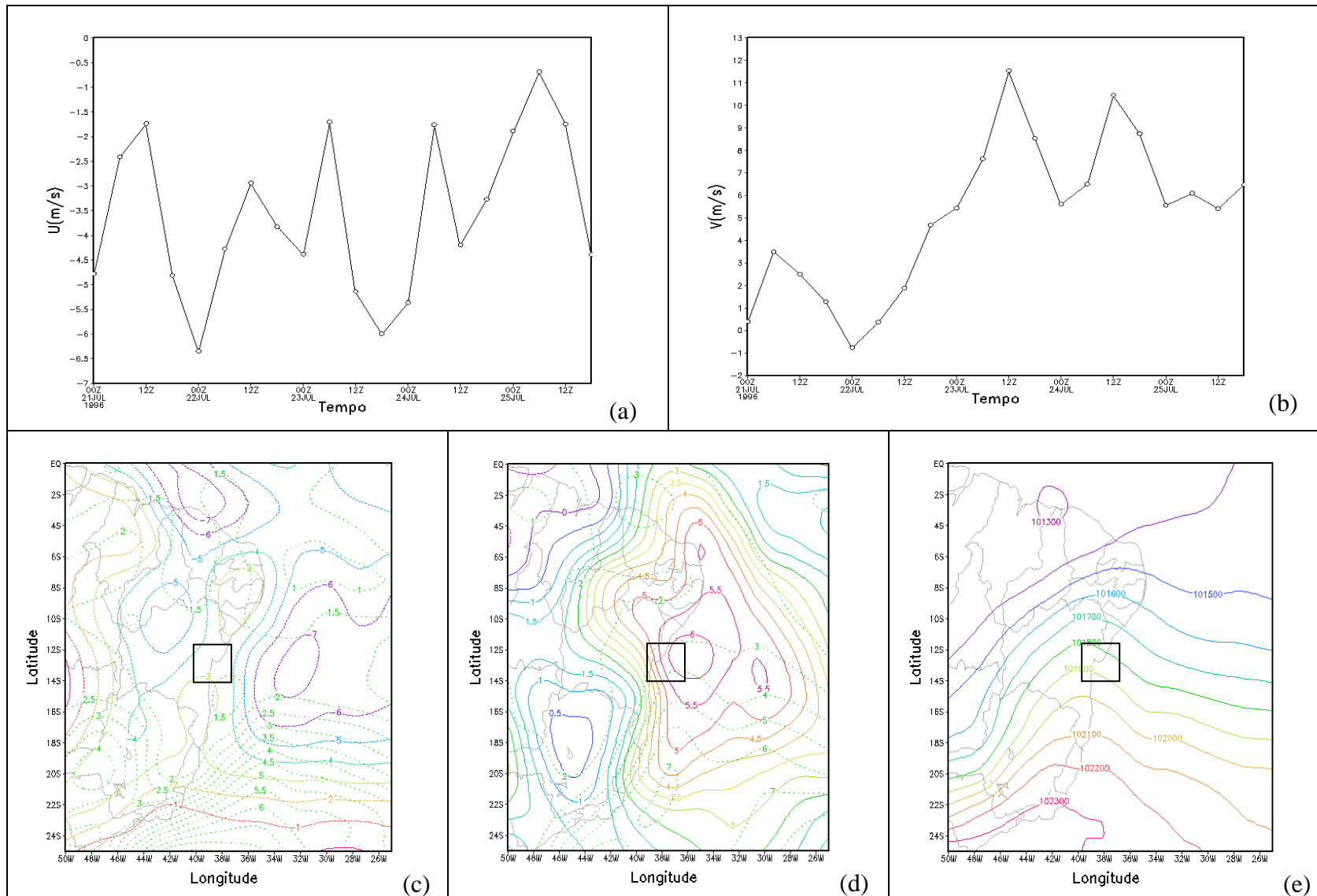


Figura A2.21-Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 21/07 a 25/07/96.

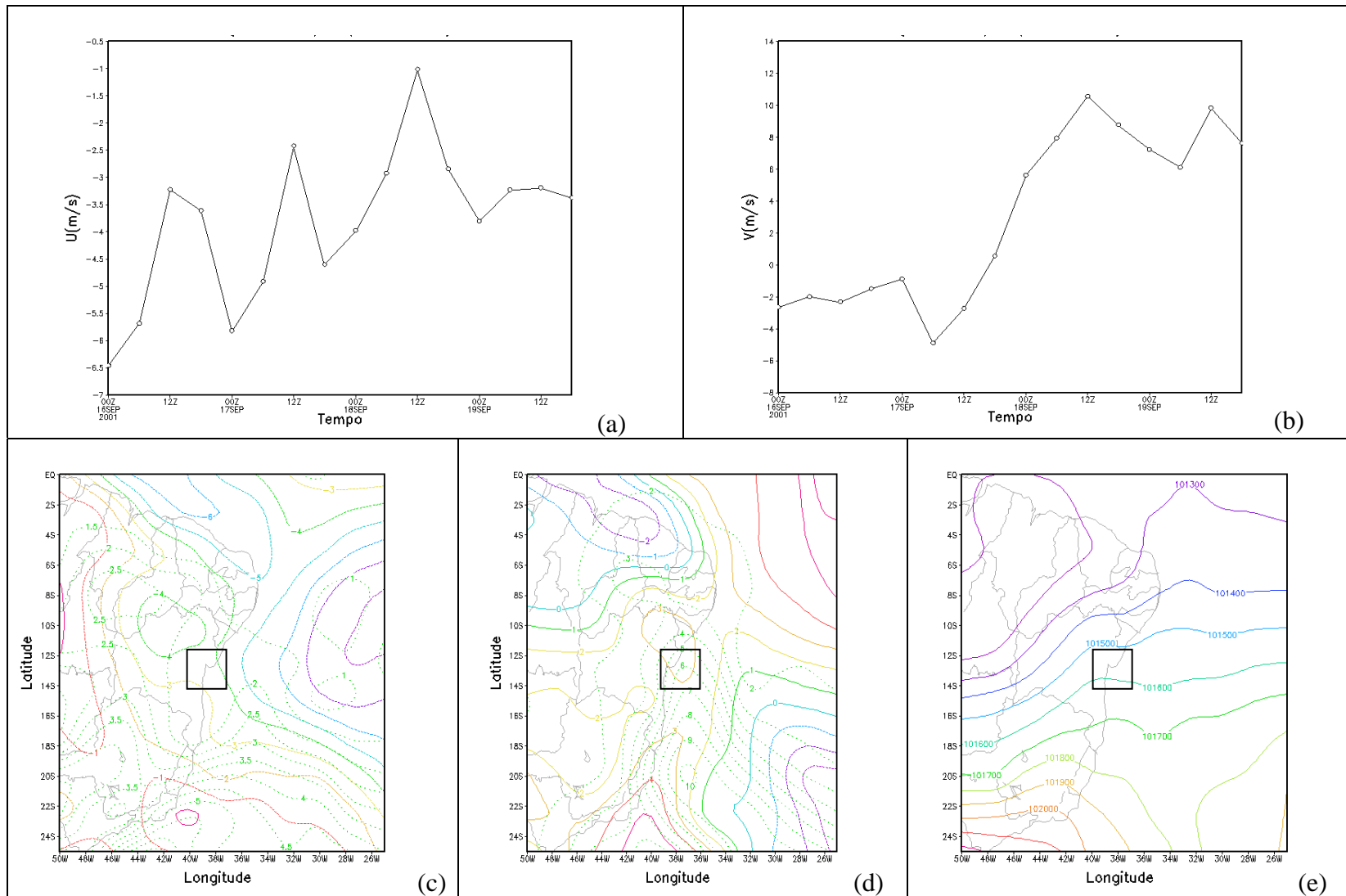


Figura A2.22 -Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 16/09 a 19/09/01.

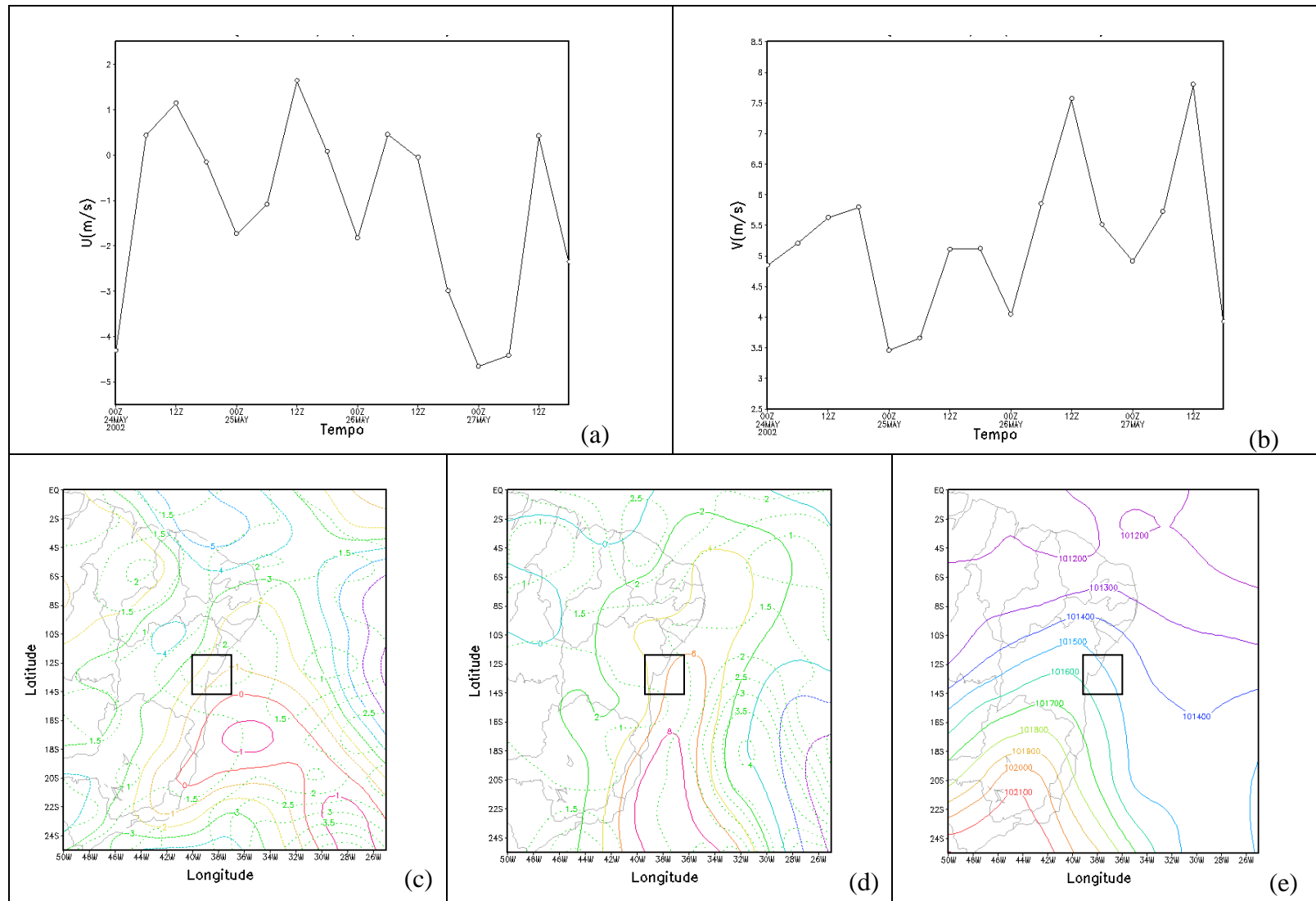


Figura A2.23 -Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 24/05 a 27/05/02.

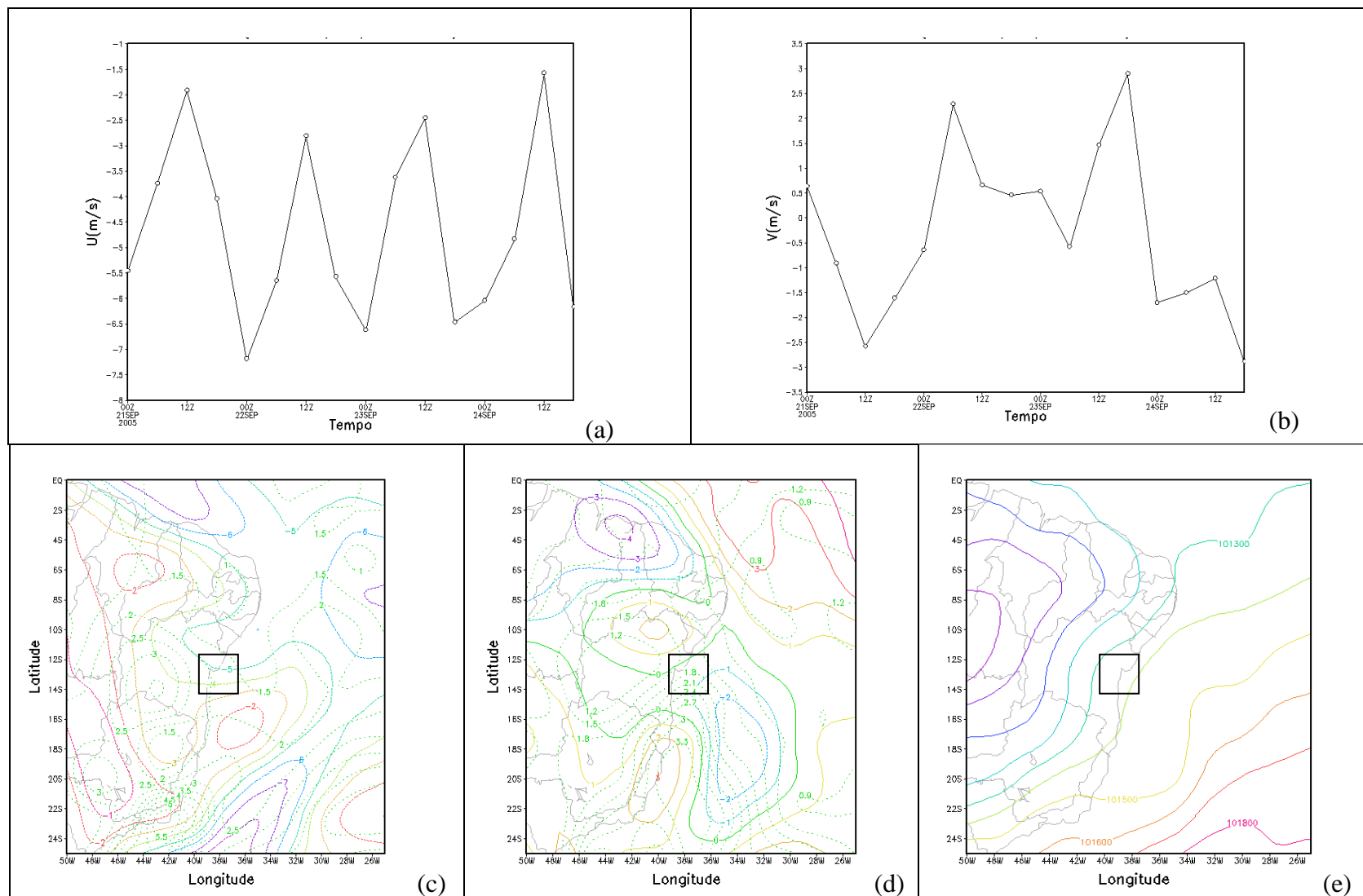


Figura A2.24 -Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 21/09 a 24/09/05.

Cenário 2A

(Observação o dia em que ocorreu a erosão está marcado em vermelho)

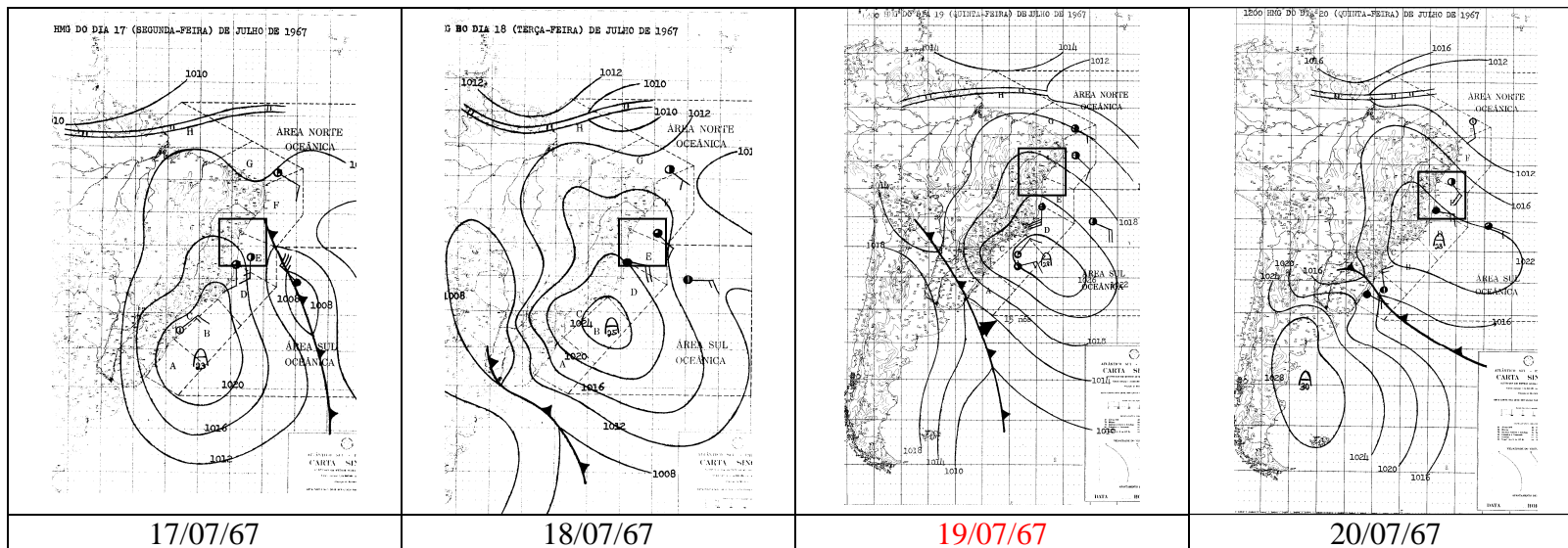


Figura A2.25 - Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 17 a 20/07/67.

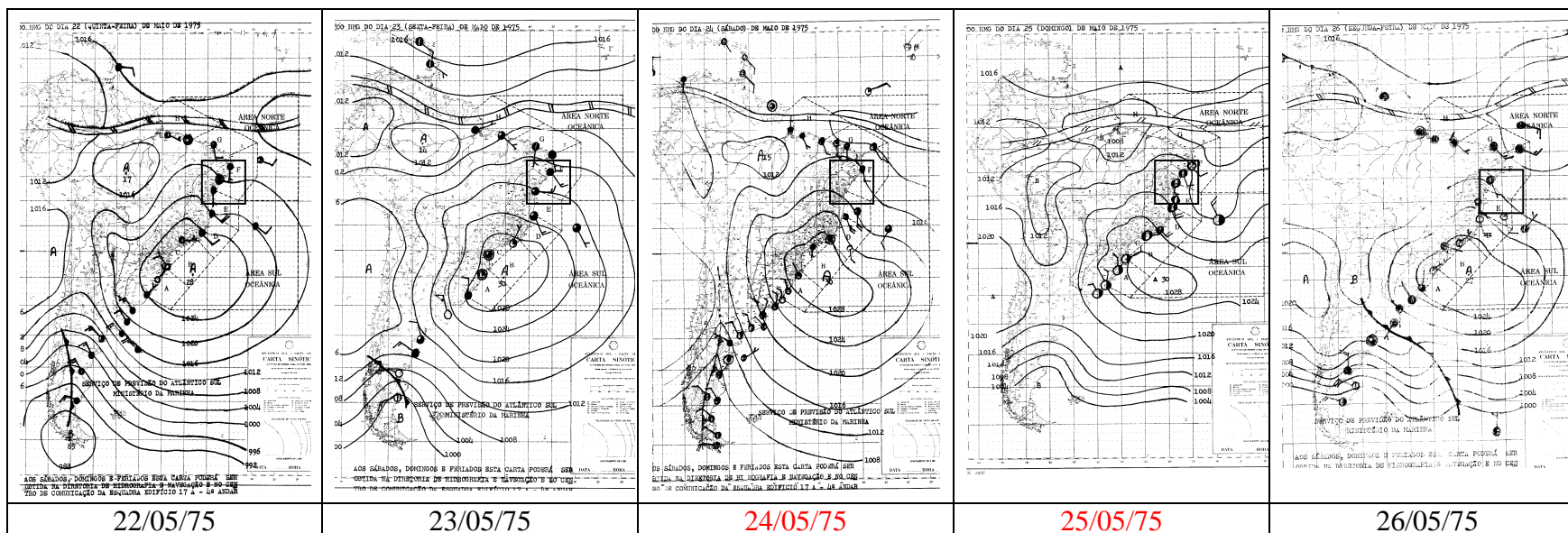


Figura A2.26 - Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 22 a 26/05/75.

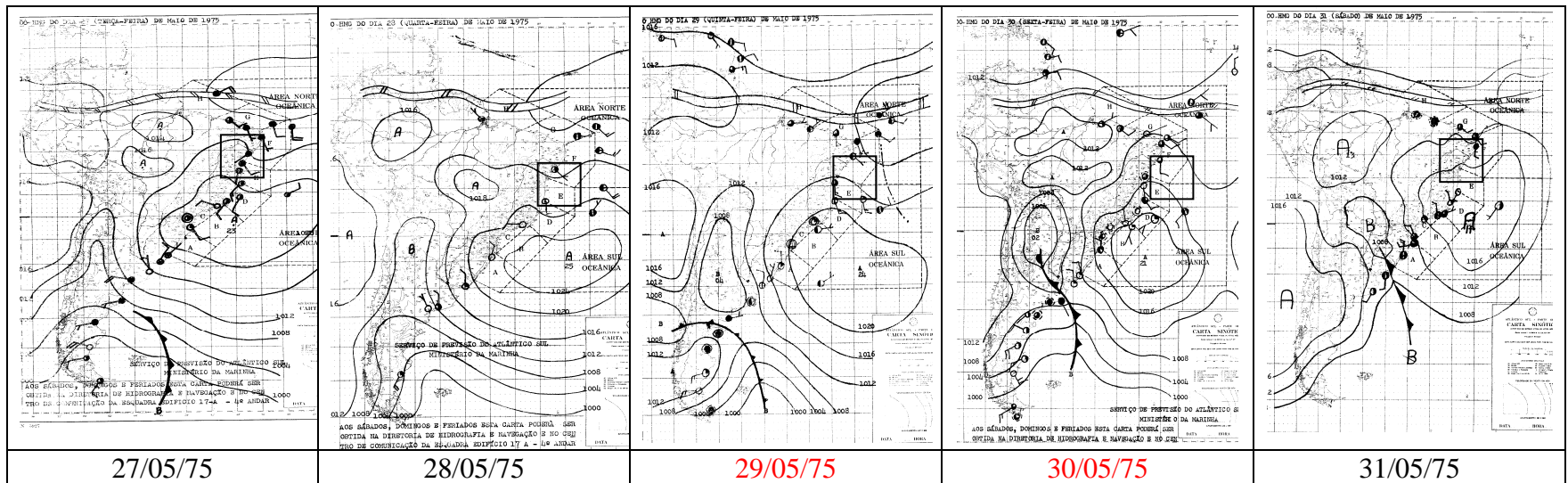


Figura A2.27 - Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 27 a 31/05/75.

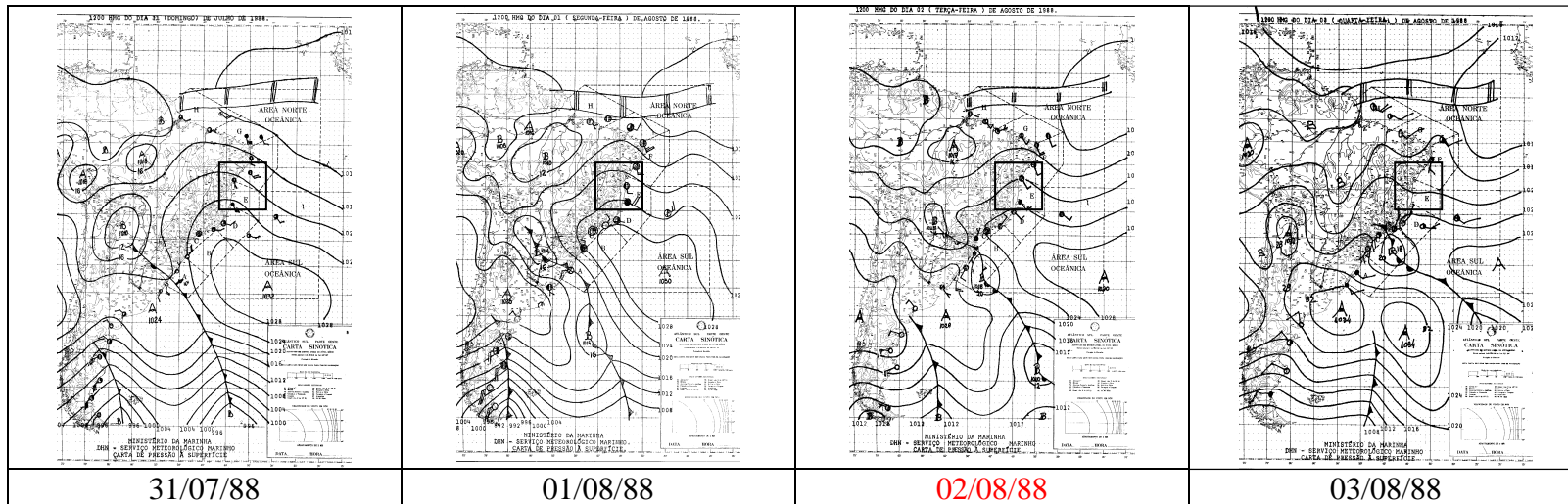


Figura A2.28 - Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 31/07 a 03/08/88.

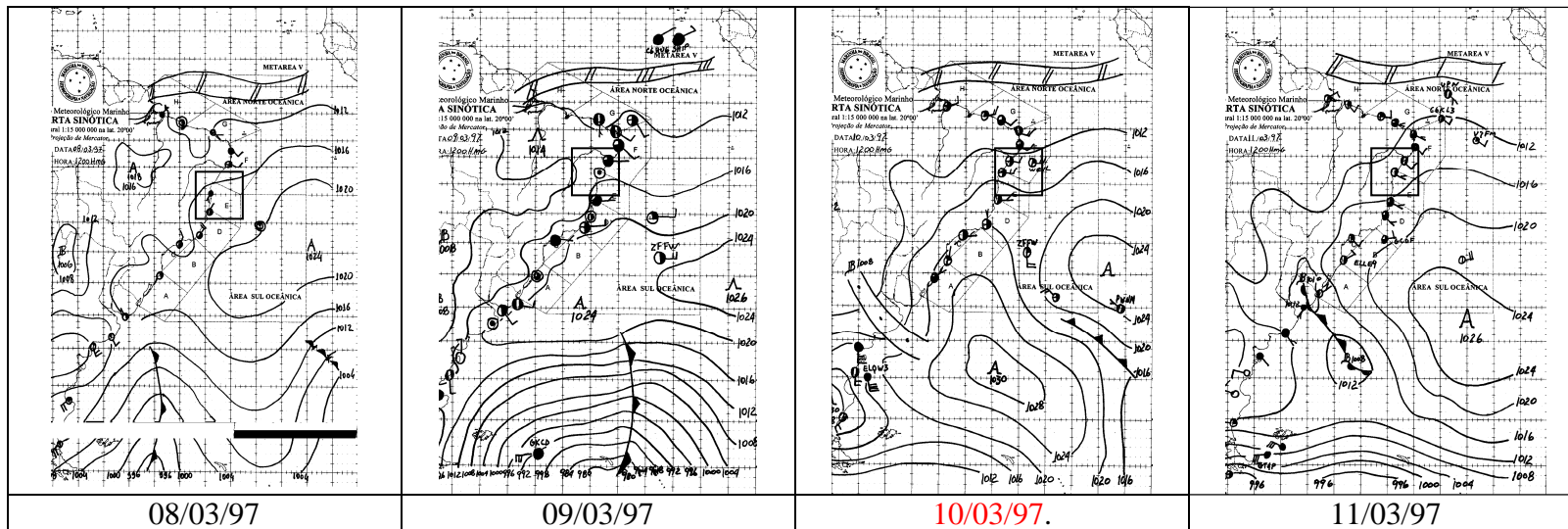


Figura A2.29 - Cartas sinóóticas referente ao período erosivo de 08 a 11/03/97.

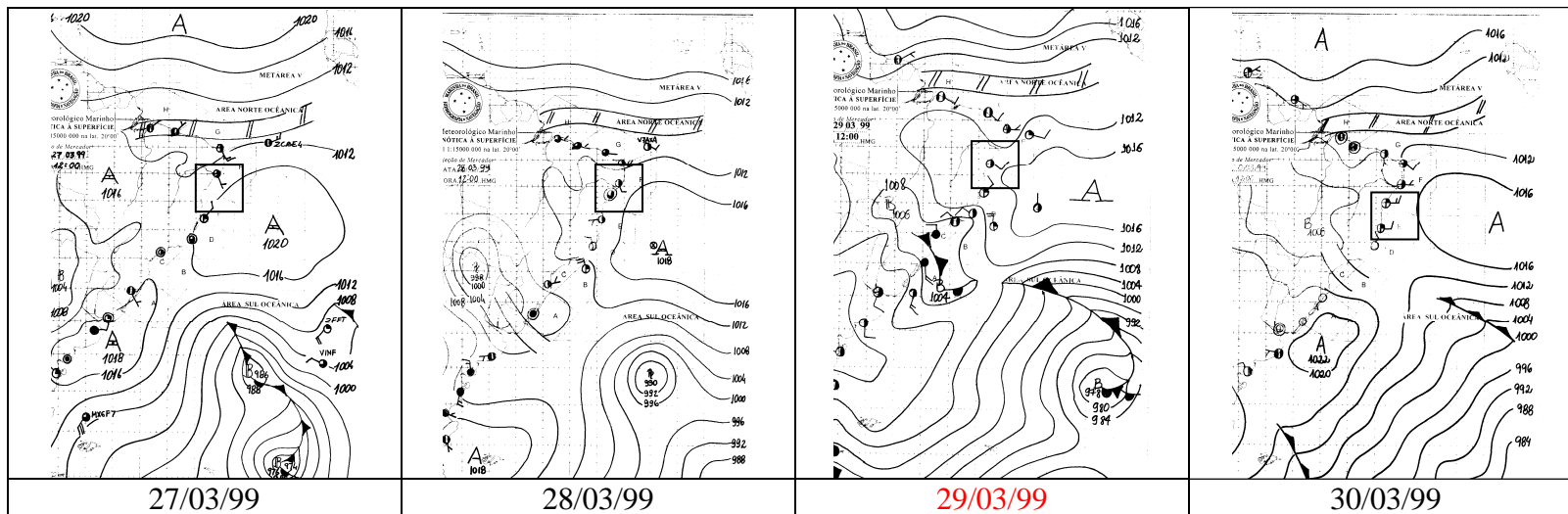


Figura A2.30 - Cartas sinóóticas referente ao período erosivo de 27 a 30/03/99.

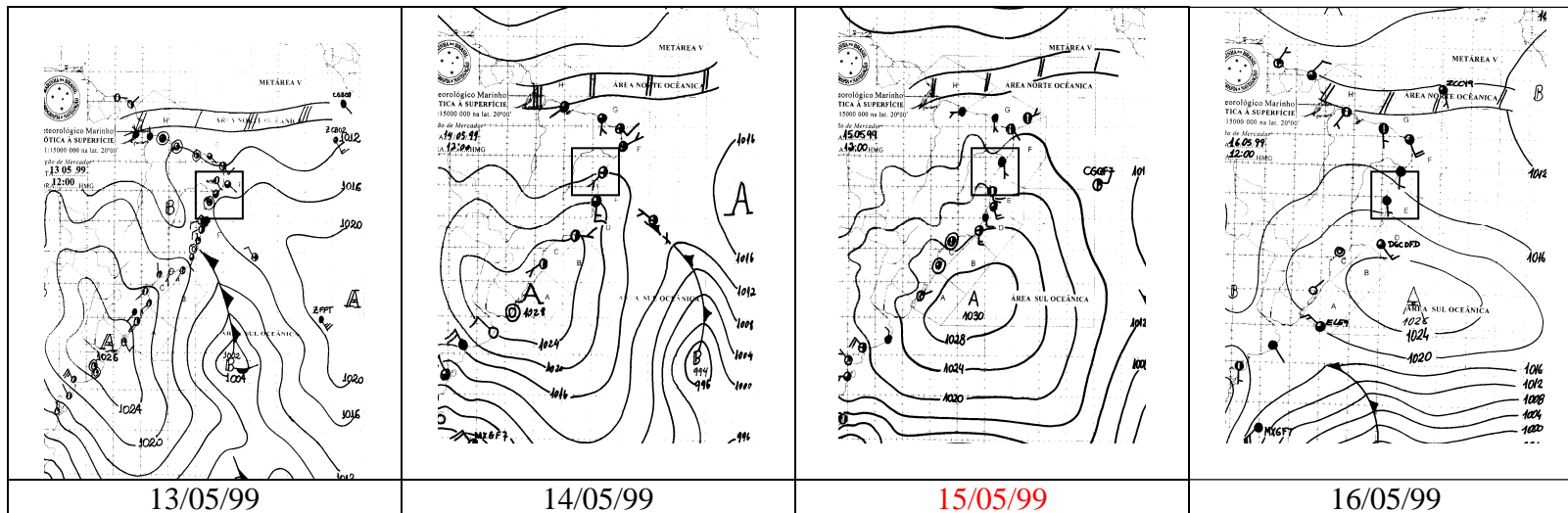


Figura A2.31 - Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 13 a 16/05/99.

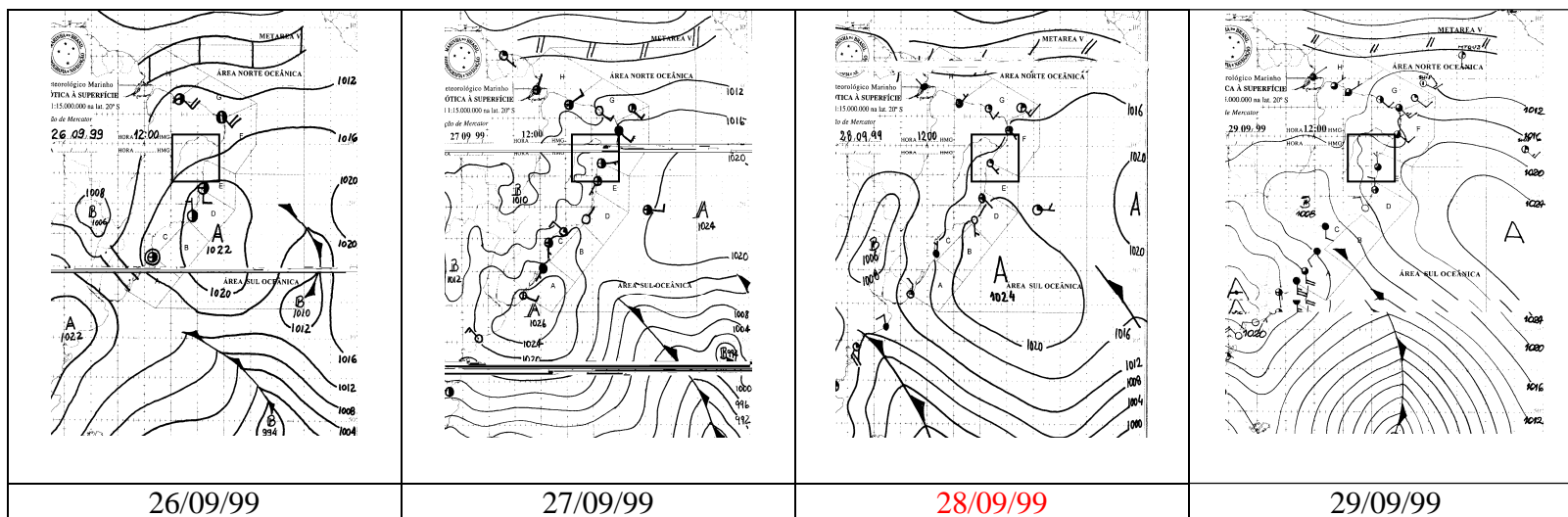


Figura A2.32 - Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 26 a 29/09/99.

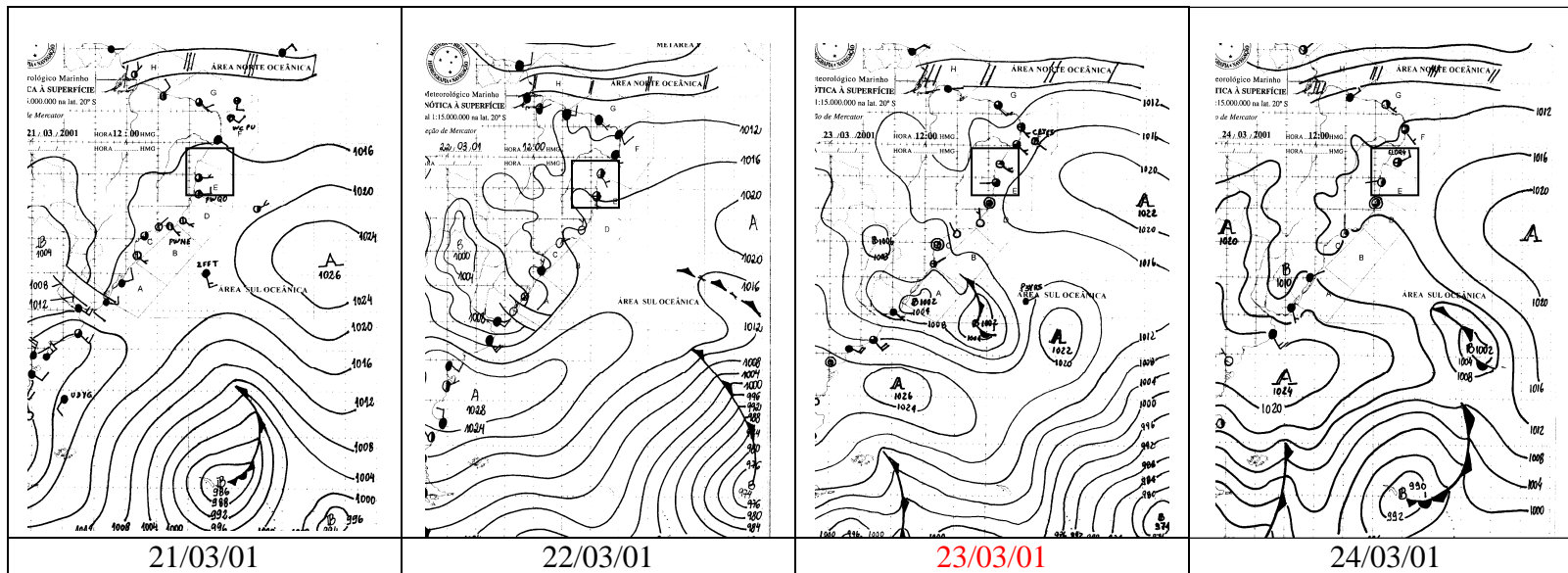


Figura A2.33 - Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 21 a 24/03/01.

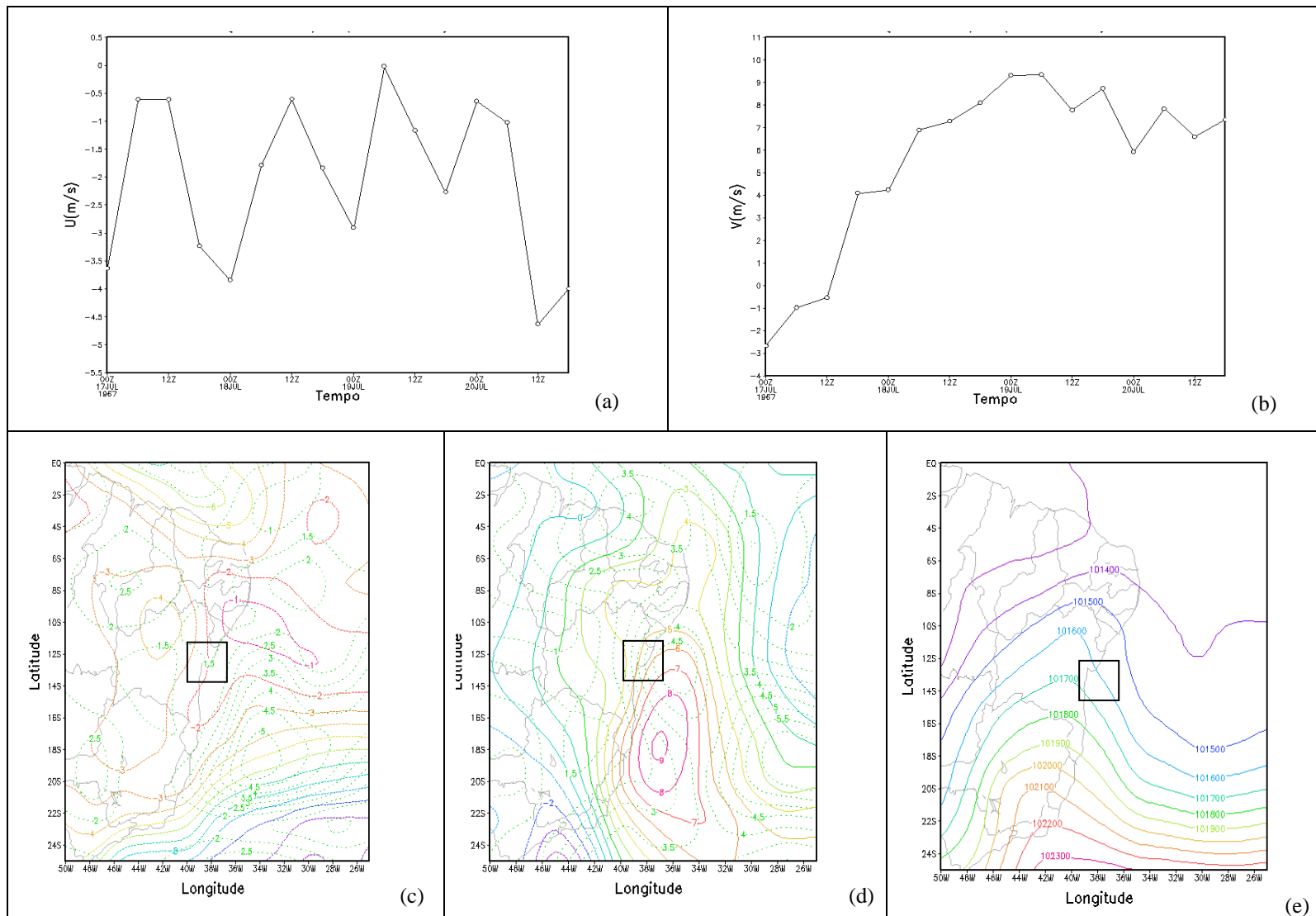


Figura A2.34 -Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 17/07 a 20/07/67.

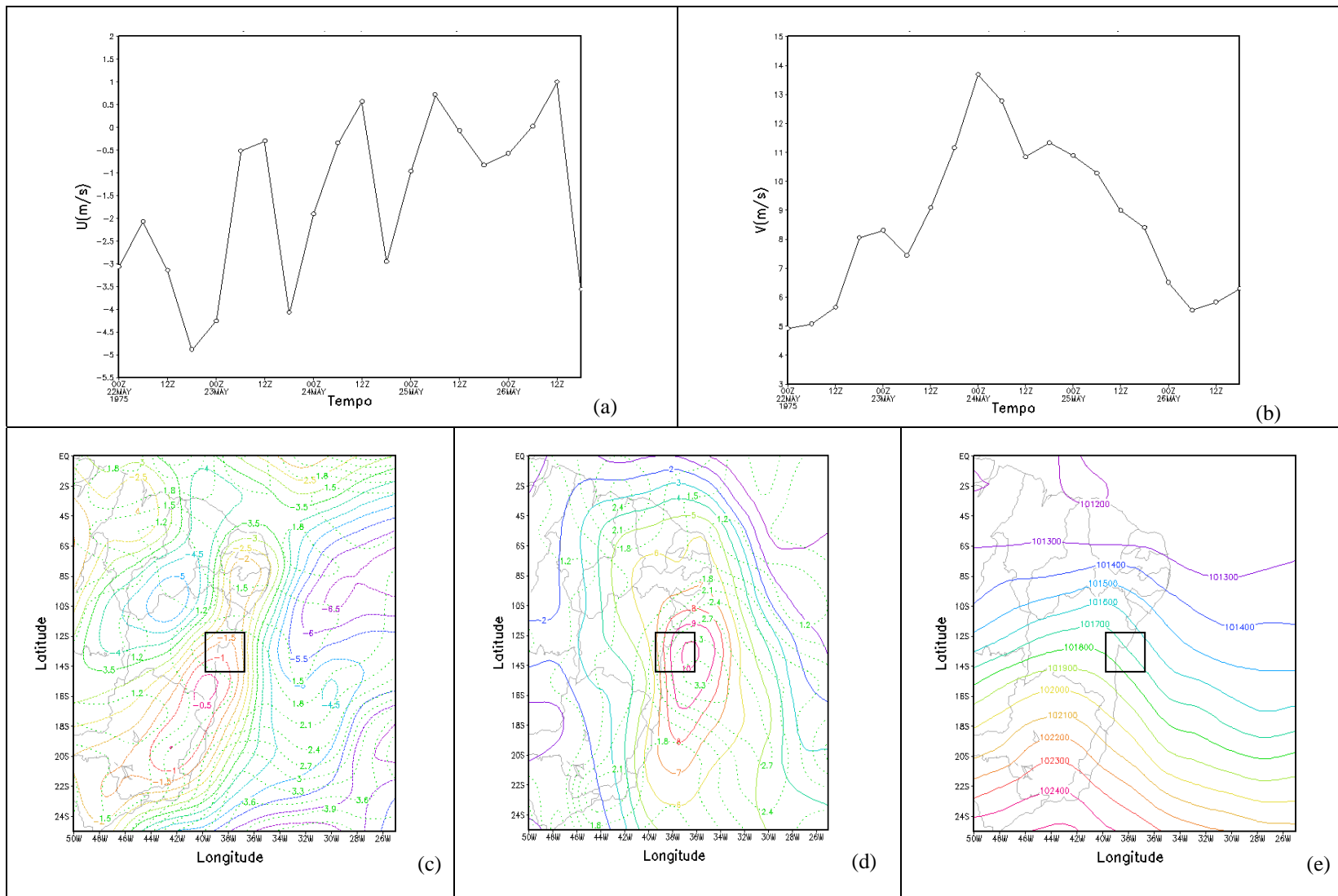


Figura A2.35 -Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 22 a 26/05/75.

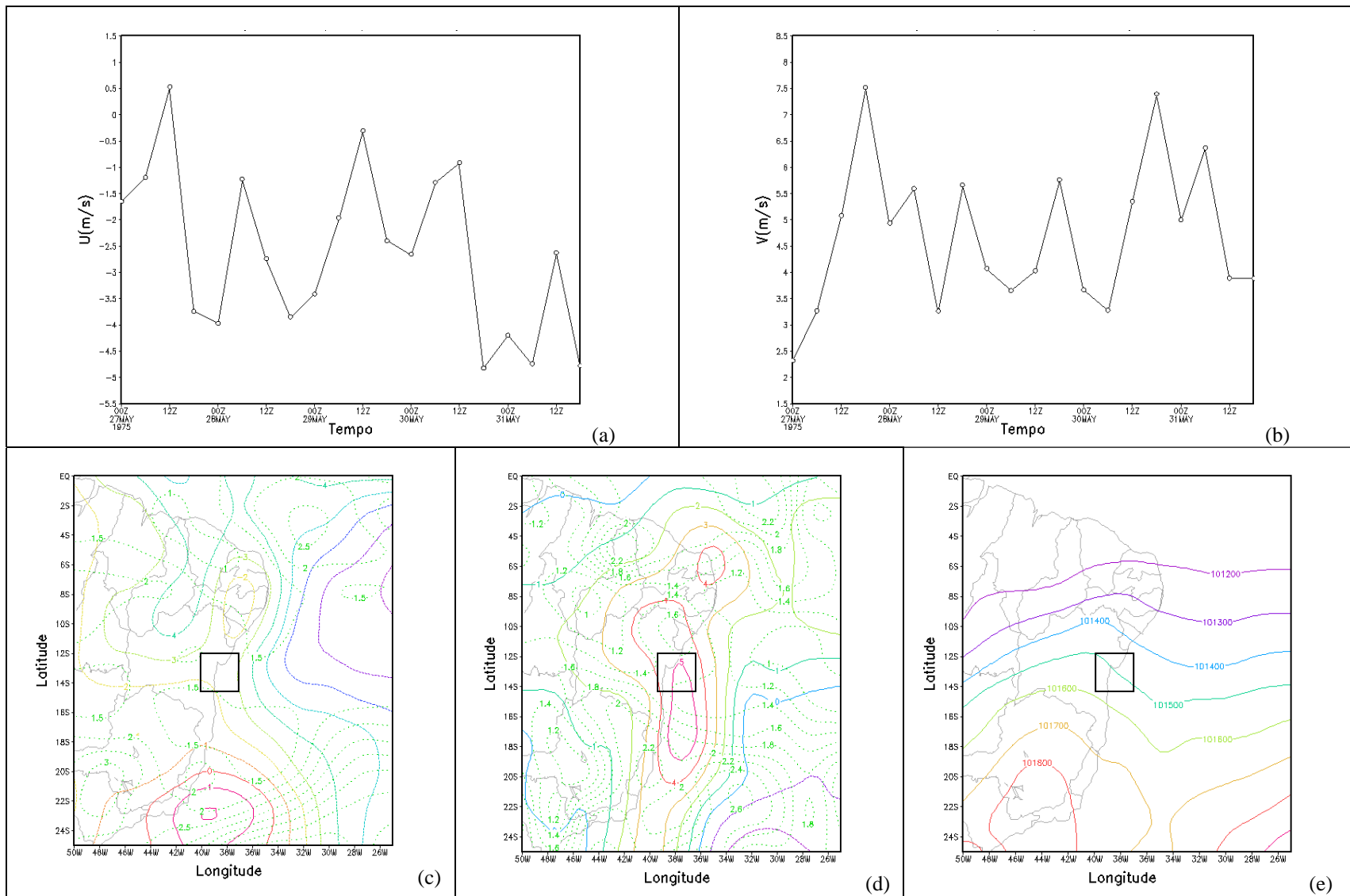


Figura A2.36 -Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 27 a 31/05/75.

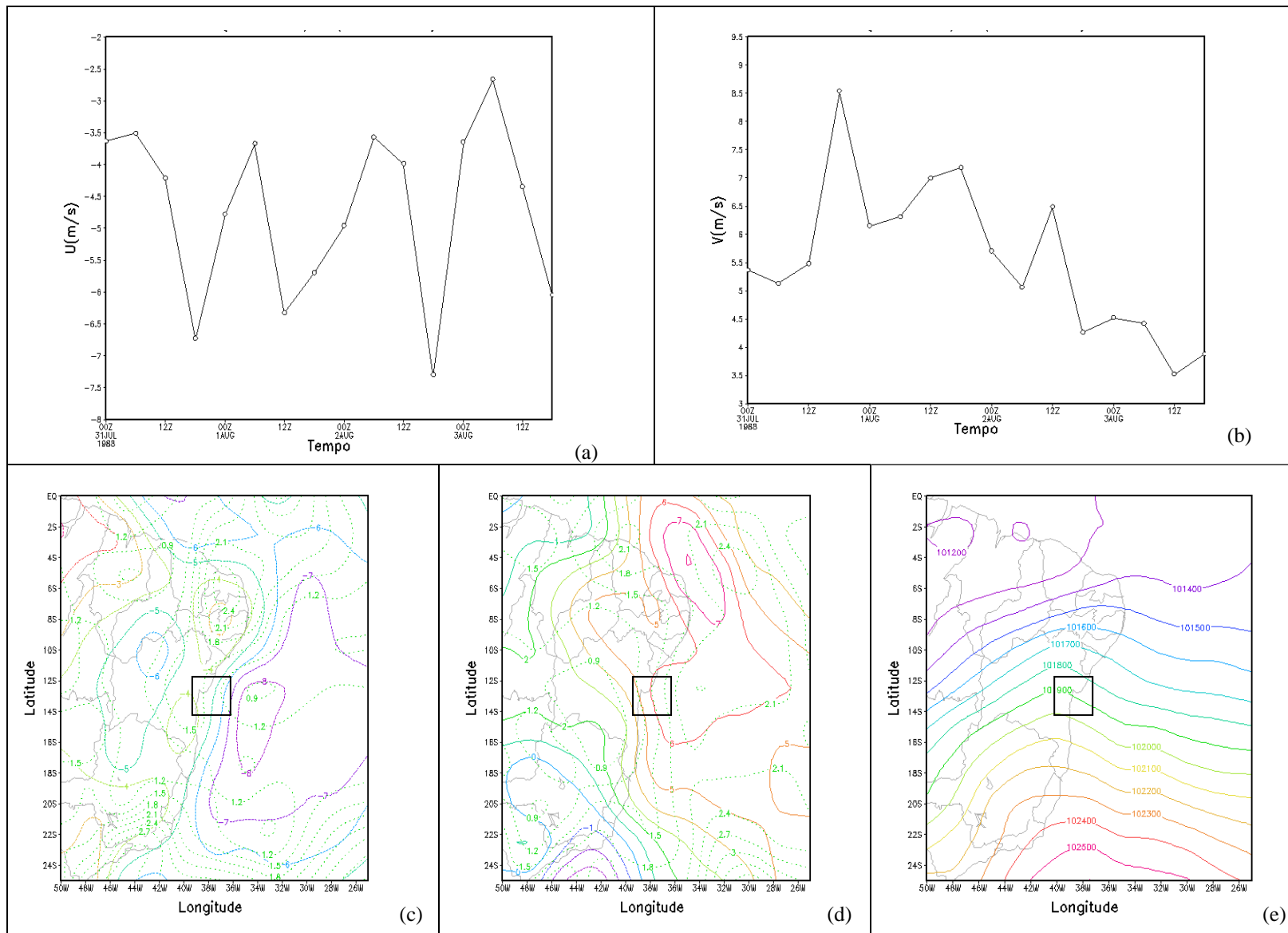


Figura A2.37-Varição média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 31/07 a 03/08/88.

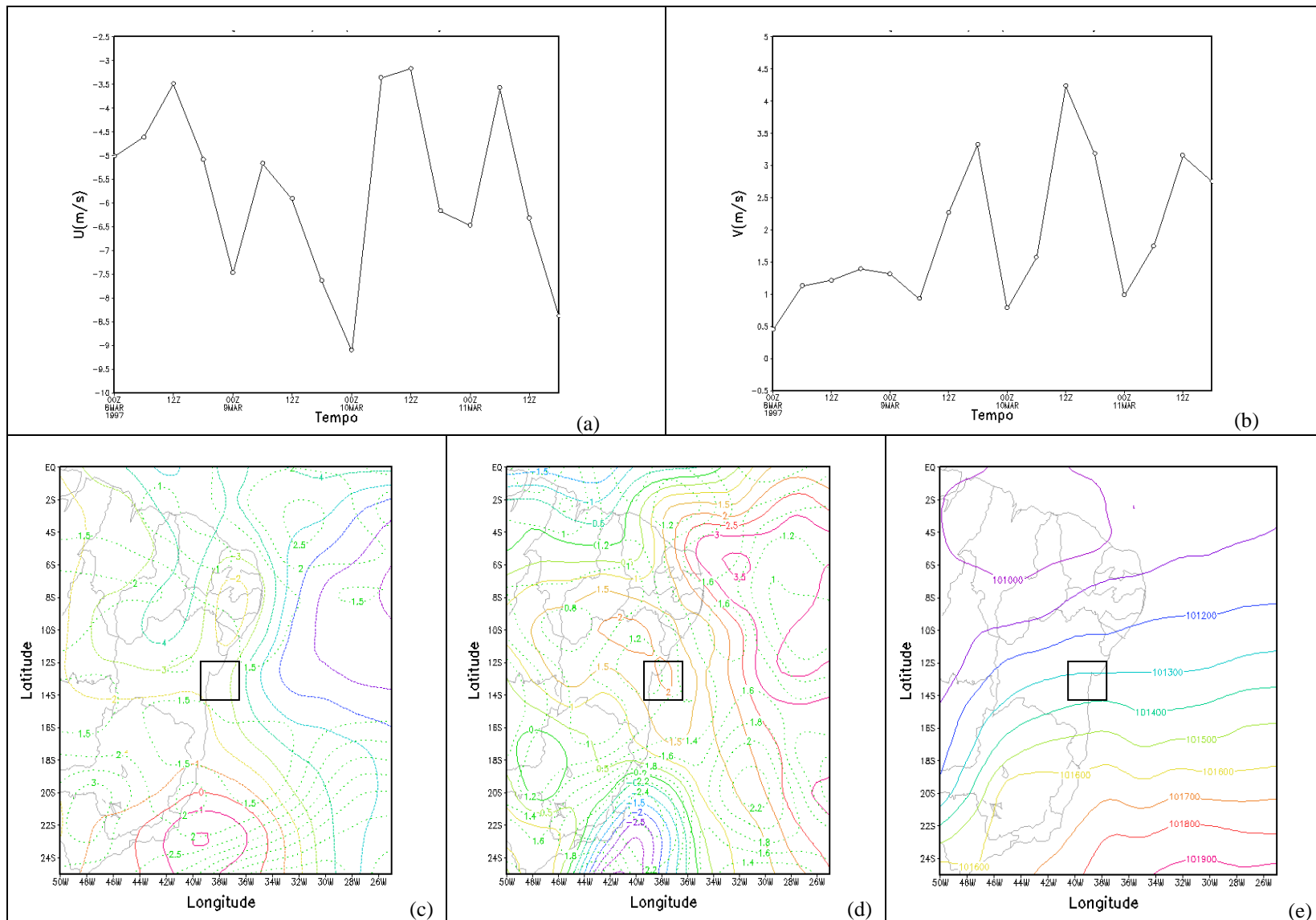


Figura A2.38 -Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 08/03 a 11/03/97.

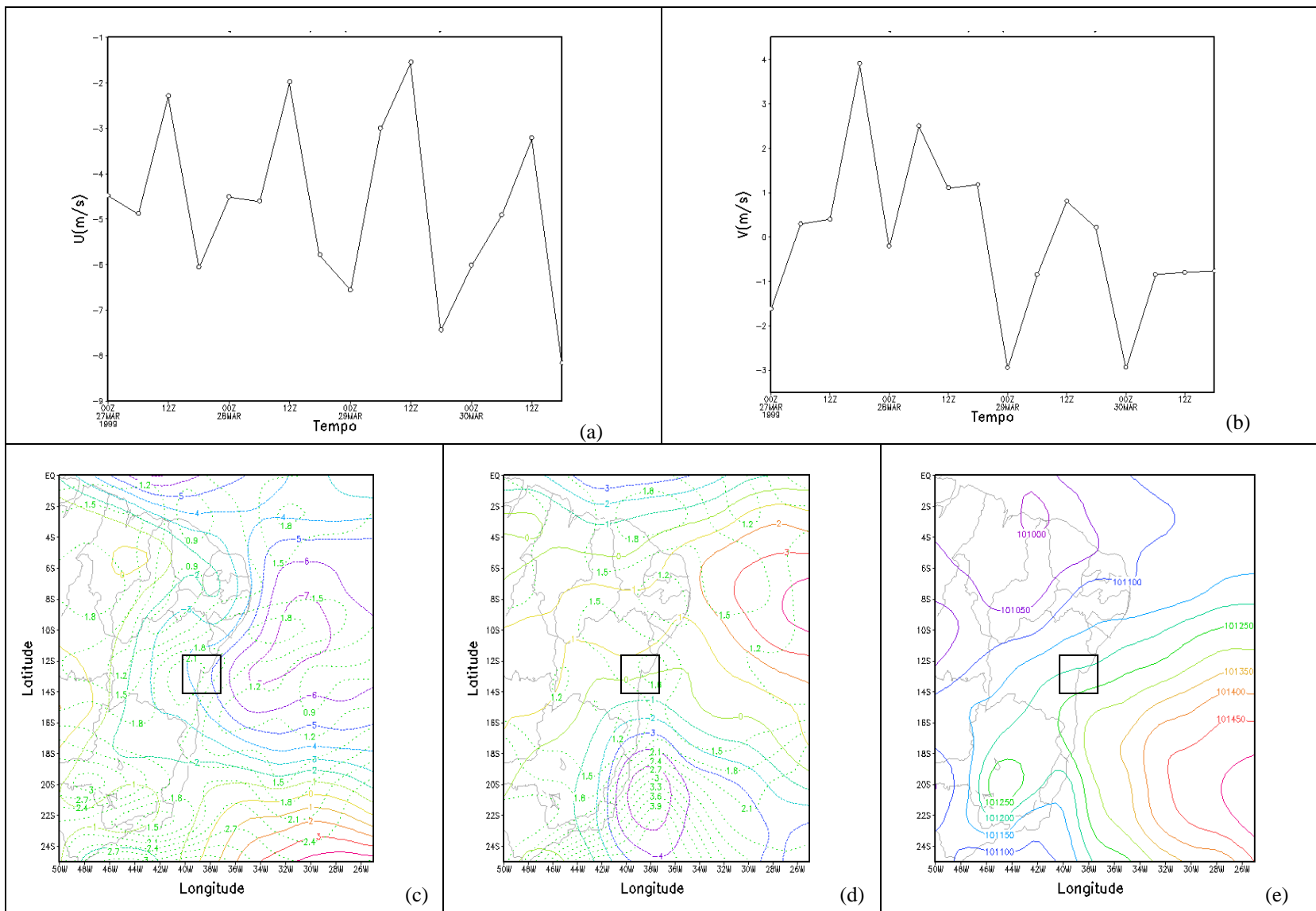


Figura A2.39 -Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 27/03 a 30/03/99.

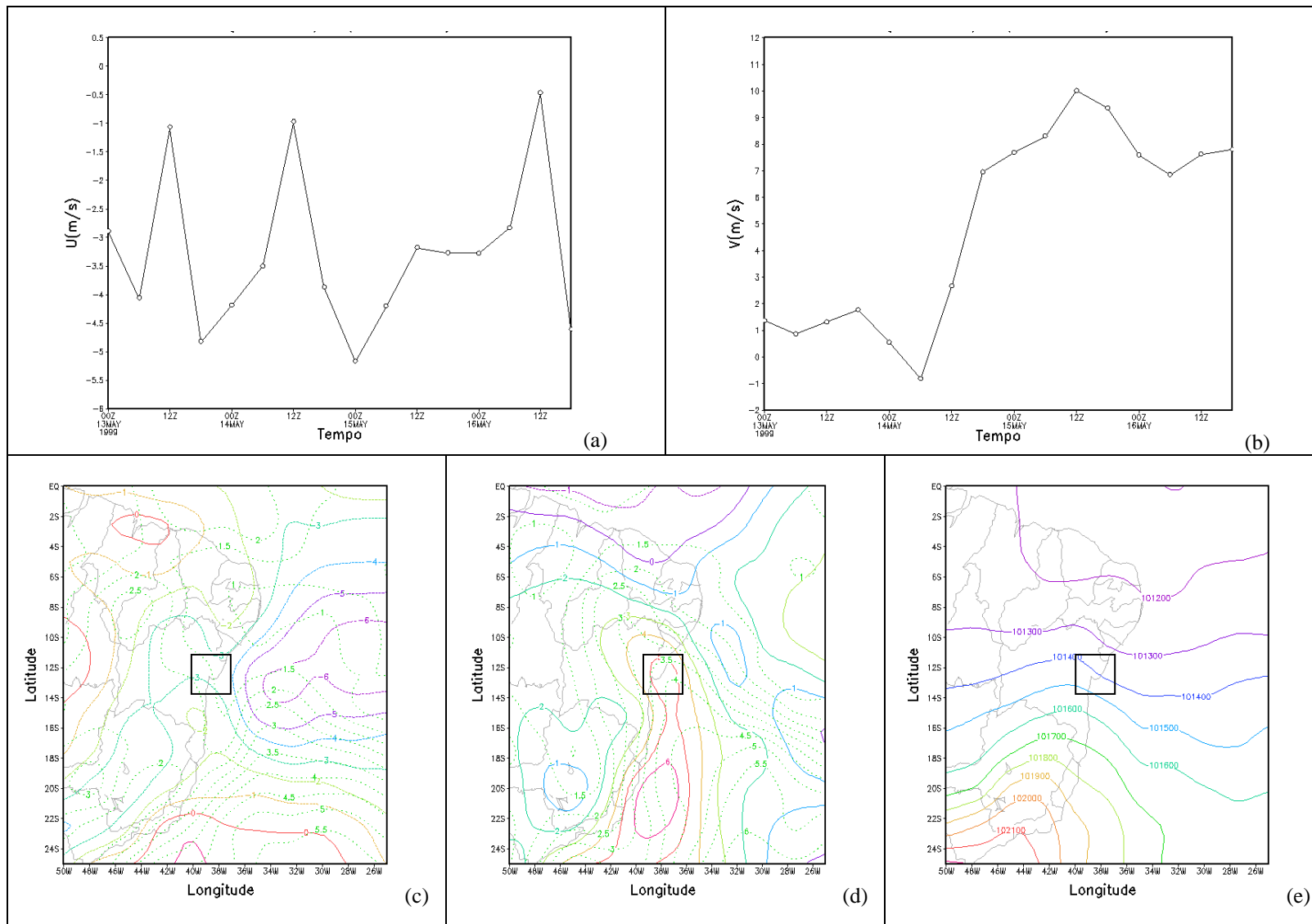


Figura A2.40 -Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 13/05 a 16/05/99.

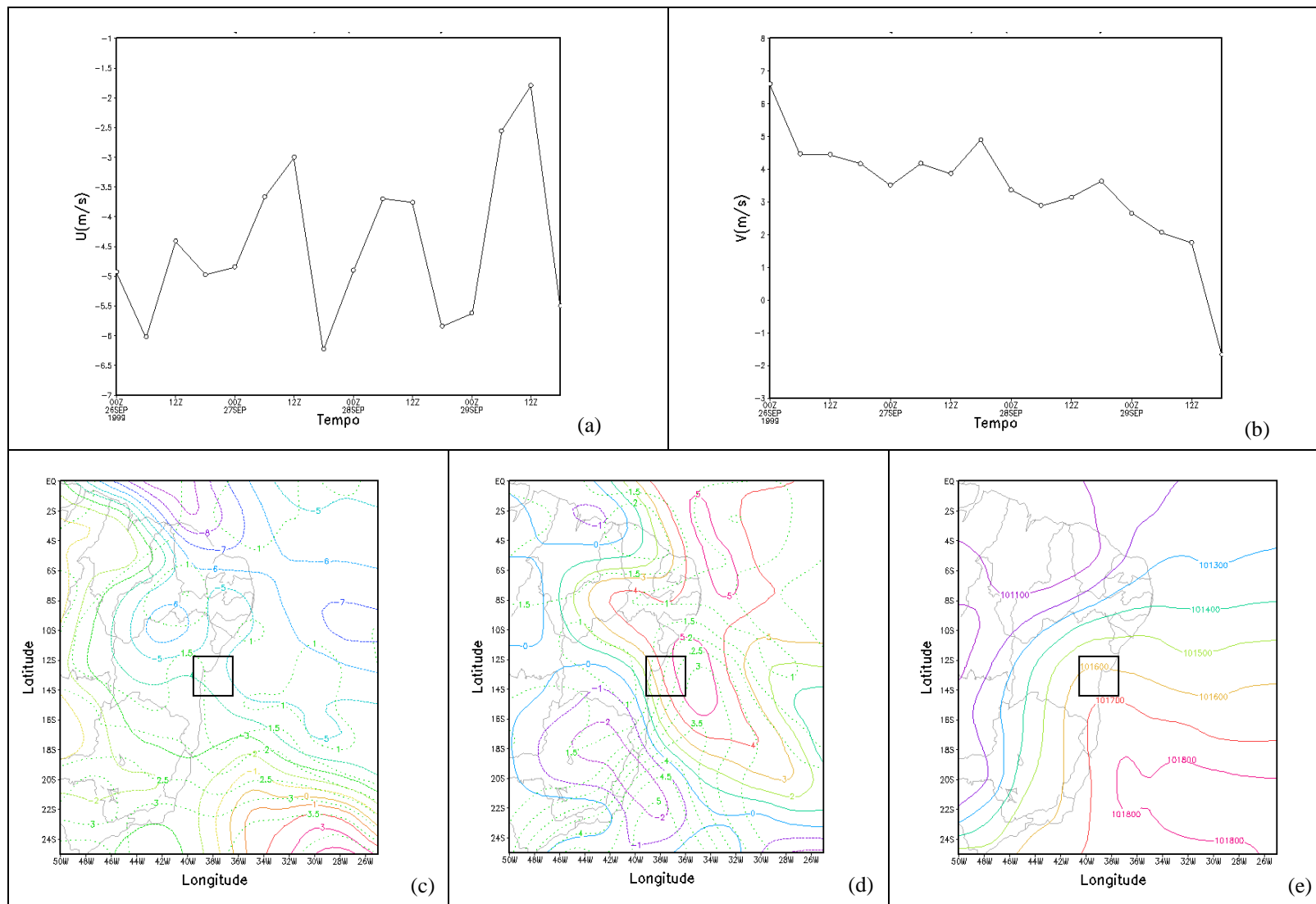


Figura A2.41 -Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 26/09 a 29/09/99.

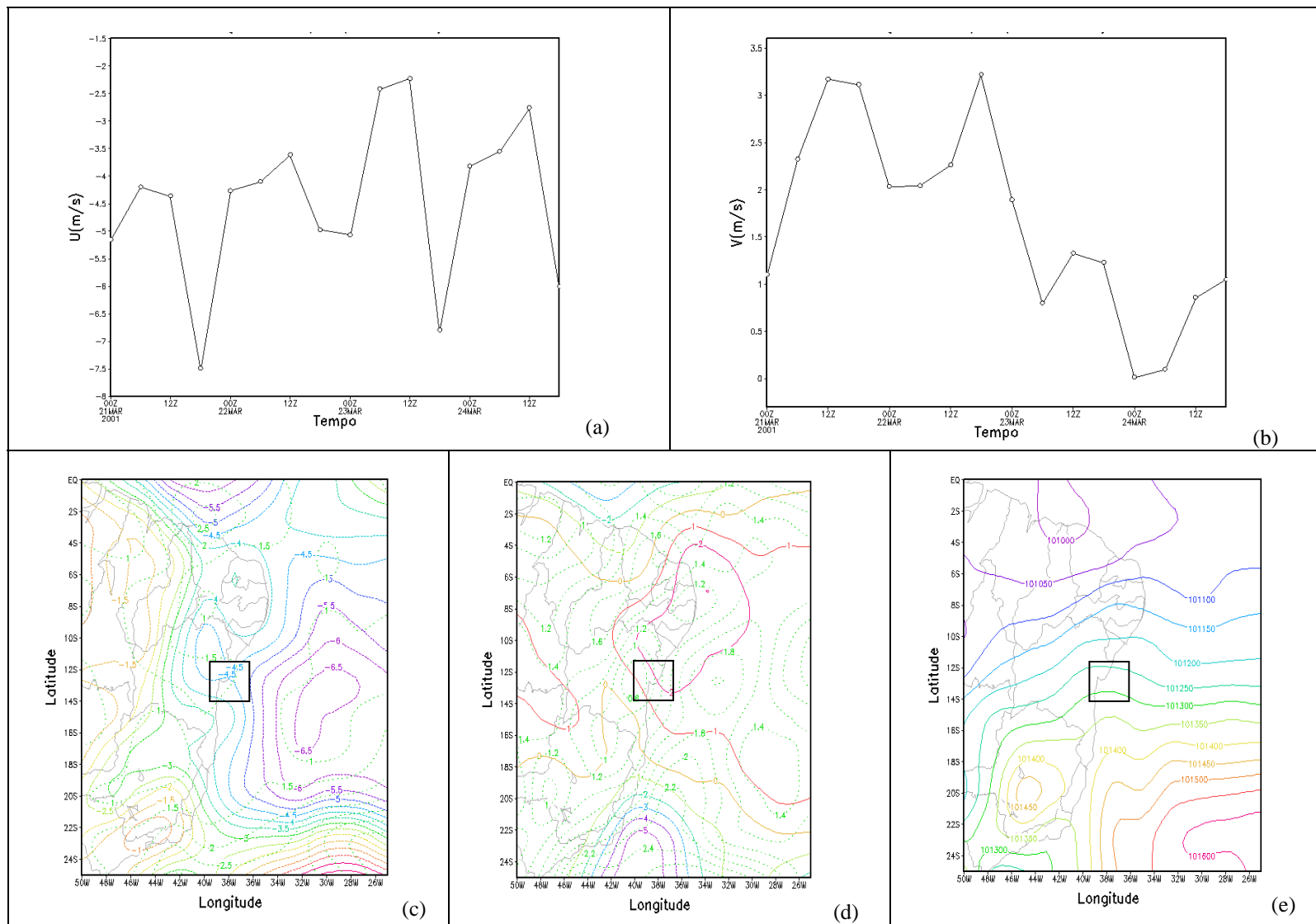


Figura A2.42 -Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 21/03 a 24/03/01.

Cenário 2B

(Observação o dia em que ocorreu a erosão está marcado em vermelho)

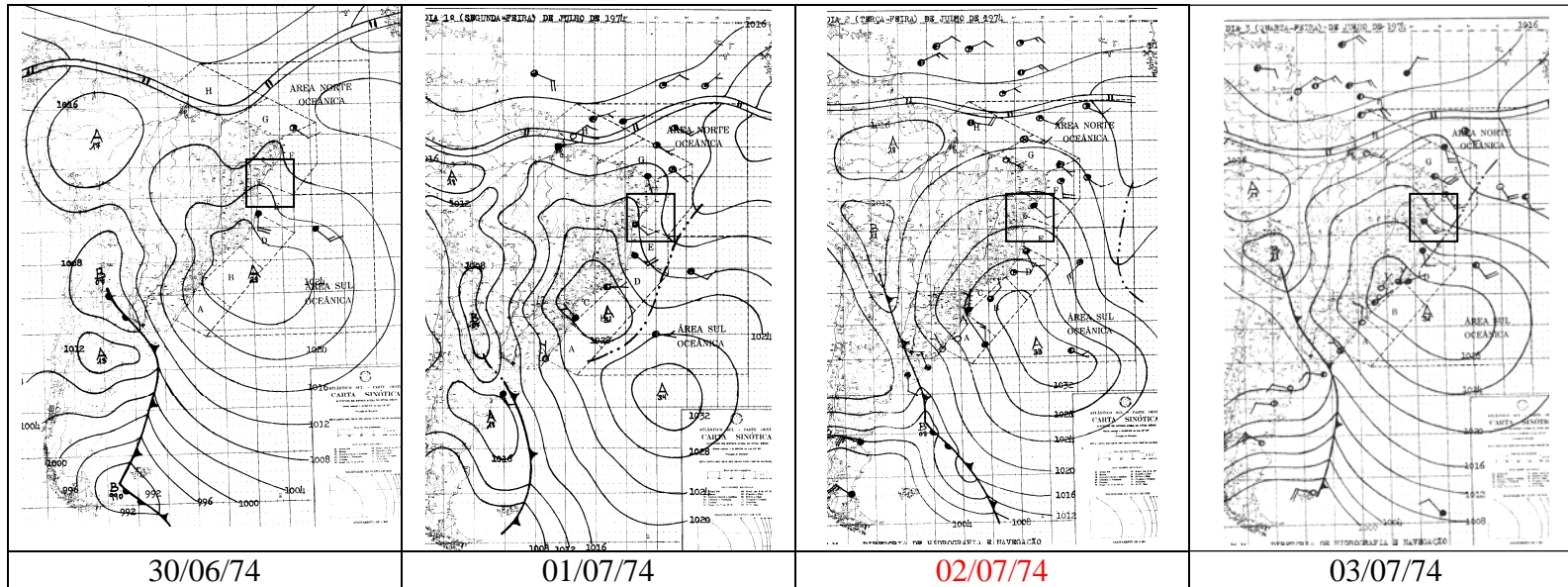


Figura A2.43 - Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 30/06 a 03/07/74.

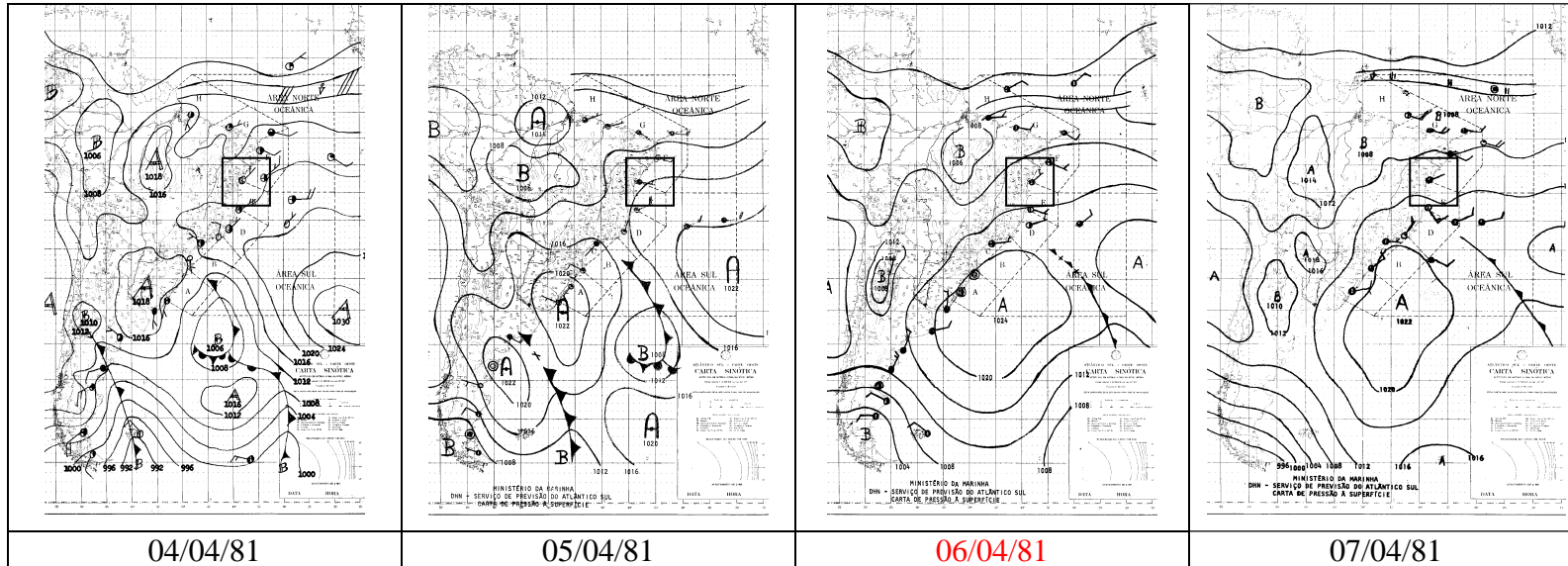


Figura A2.44 - Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 04 a 07/04/81.

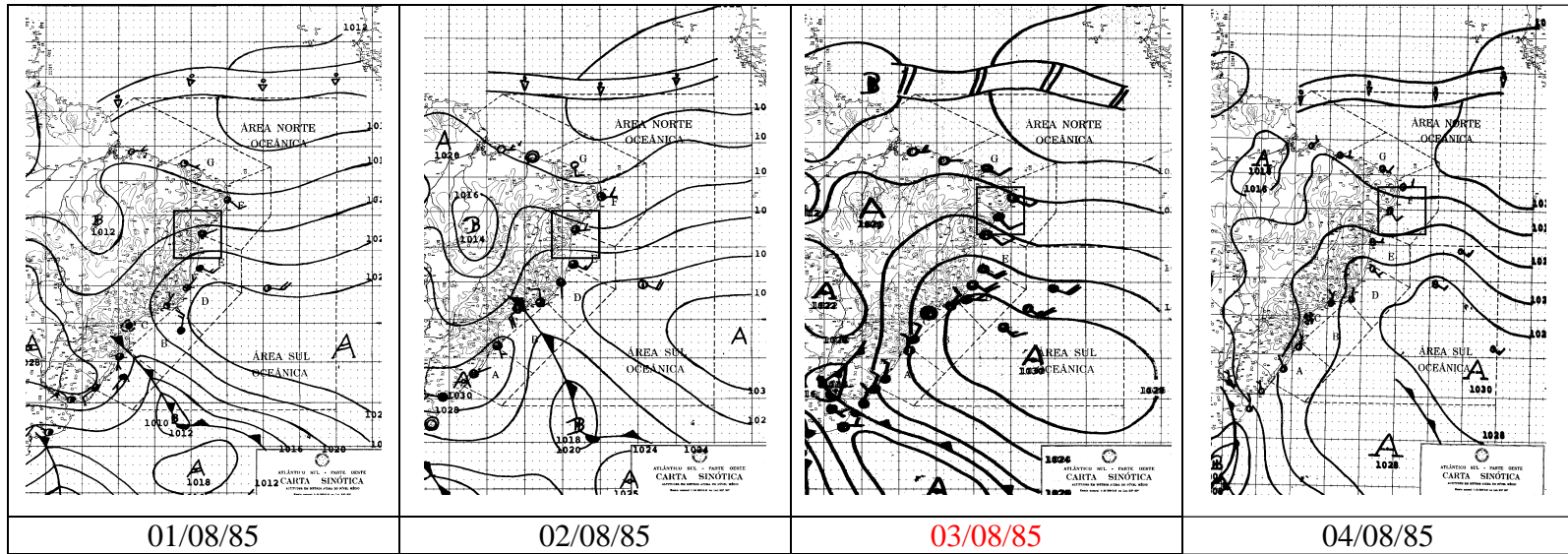


Figura A2.45 - Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 01 a 04/08/85.

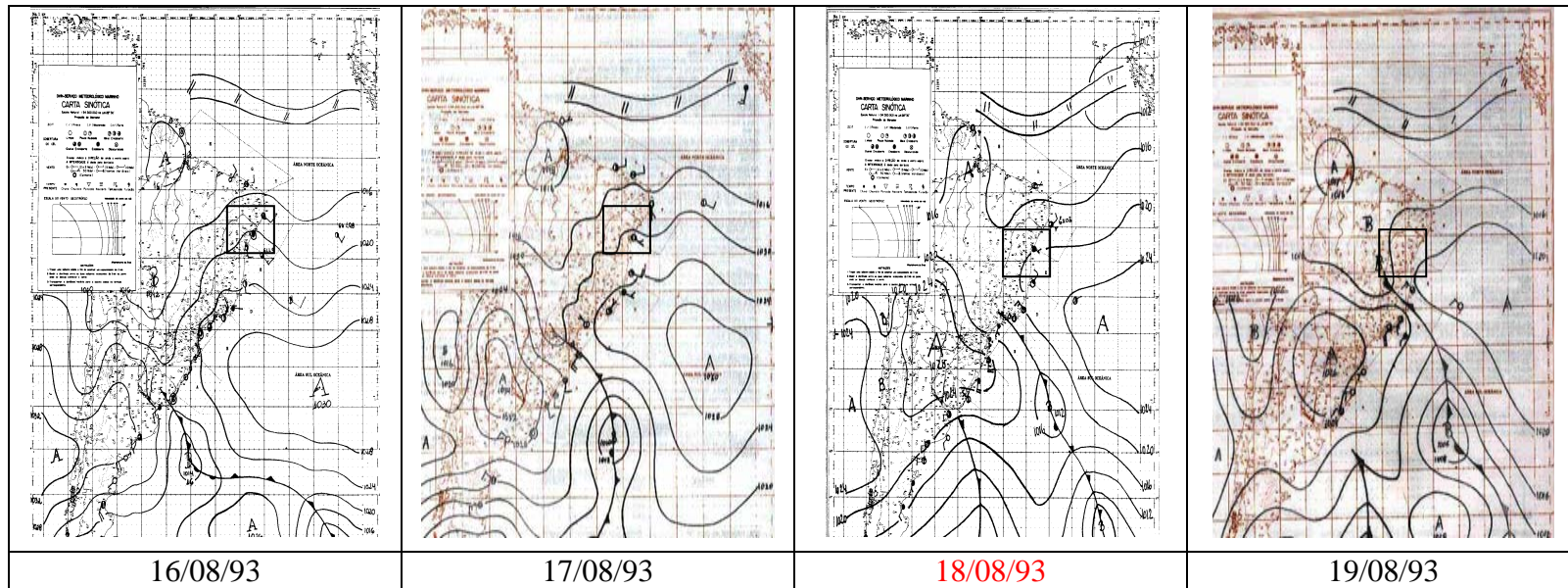


Figura A2.46 - Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 16 a 19/08/93.

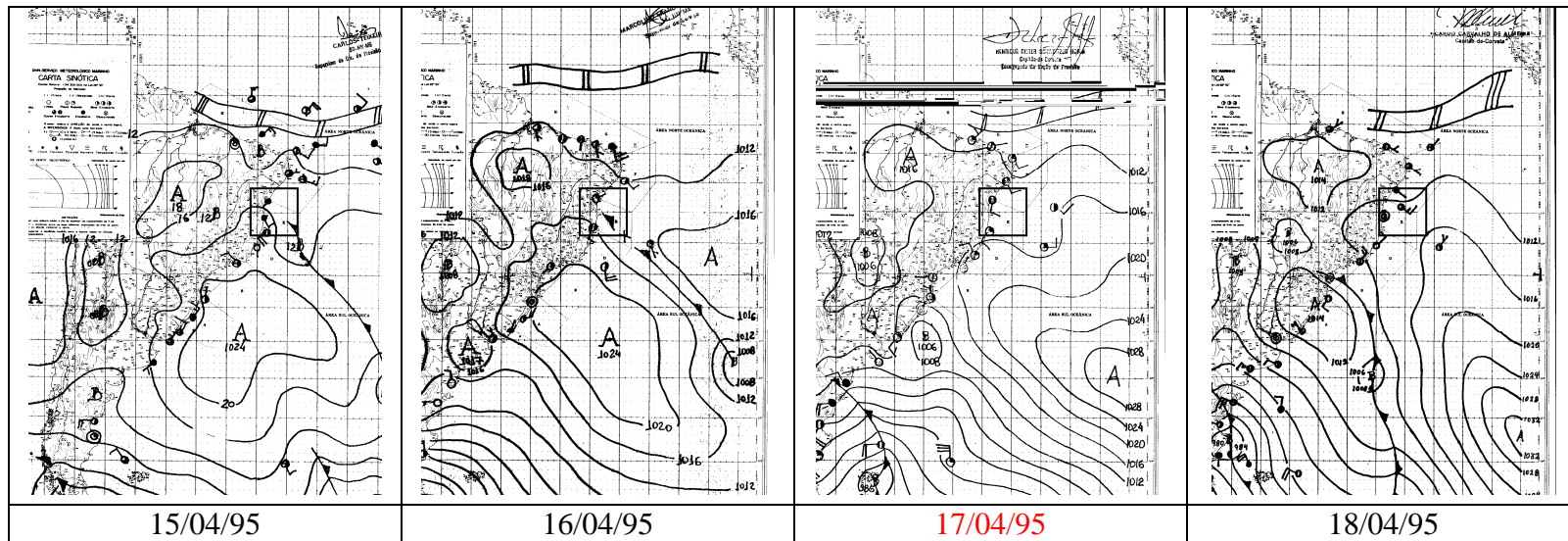


Figura A2.47 - Cartas sinóicas referente ao período erosivo de 15 a 18/04/95.

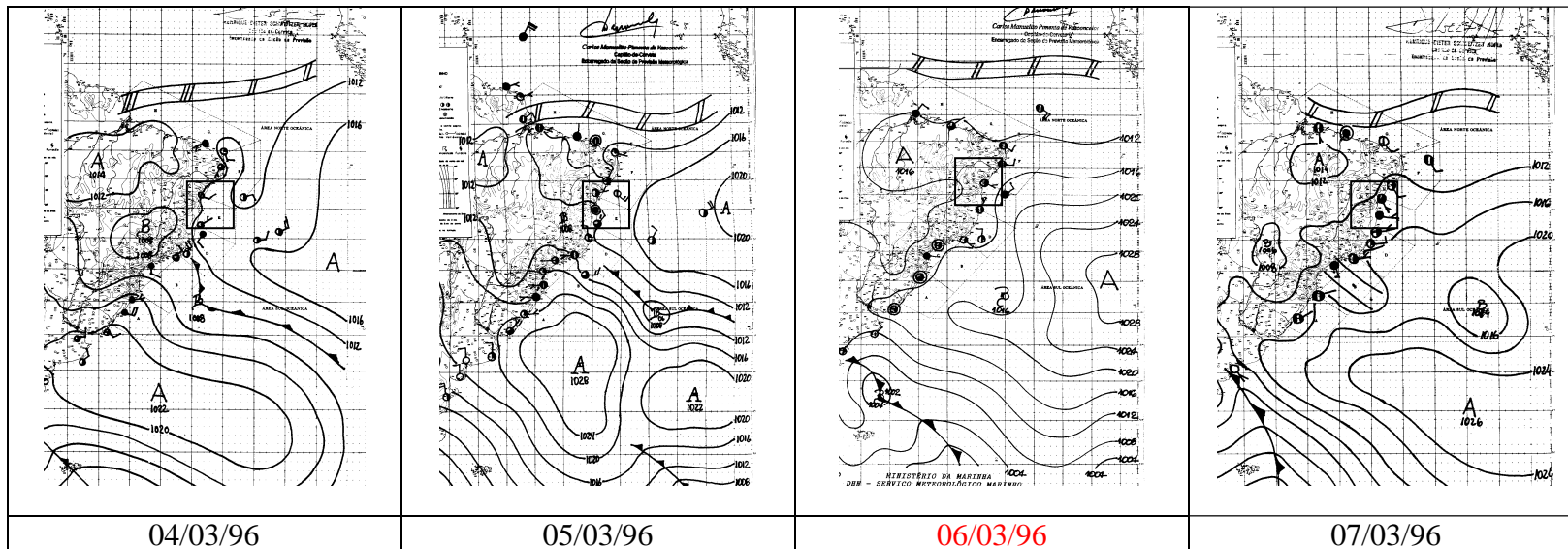


Figura A2.48- Cartas sinóicas referente ao período erosivo de 04 a 07/03/96.

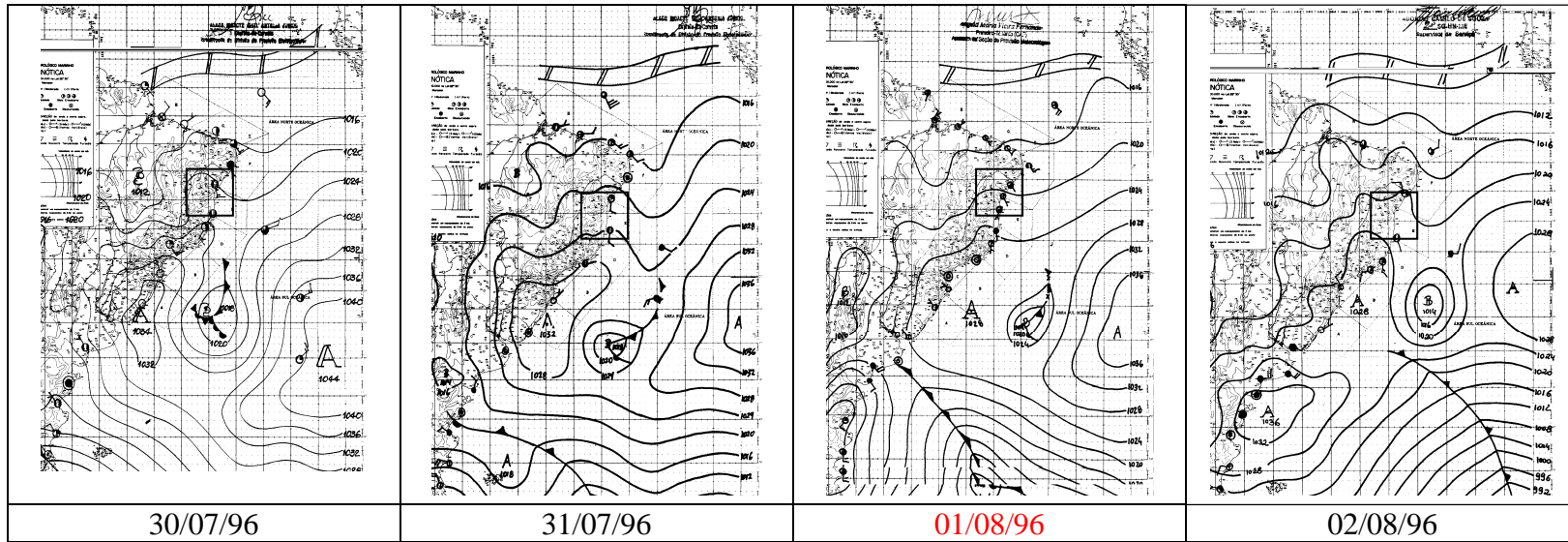


Figura A2.49 - Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 30/07 a 02/08/96.

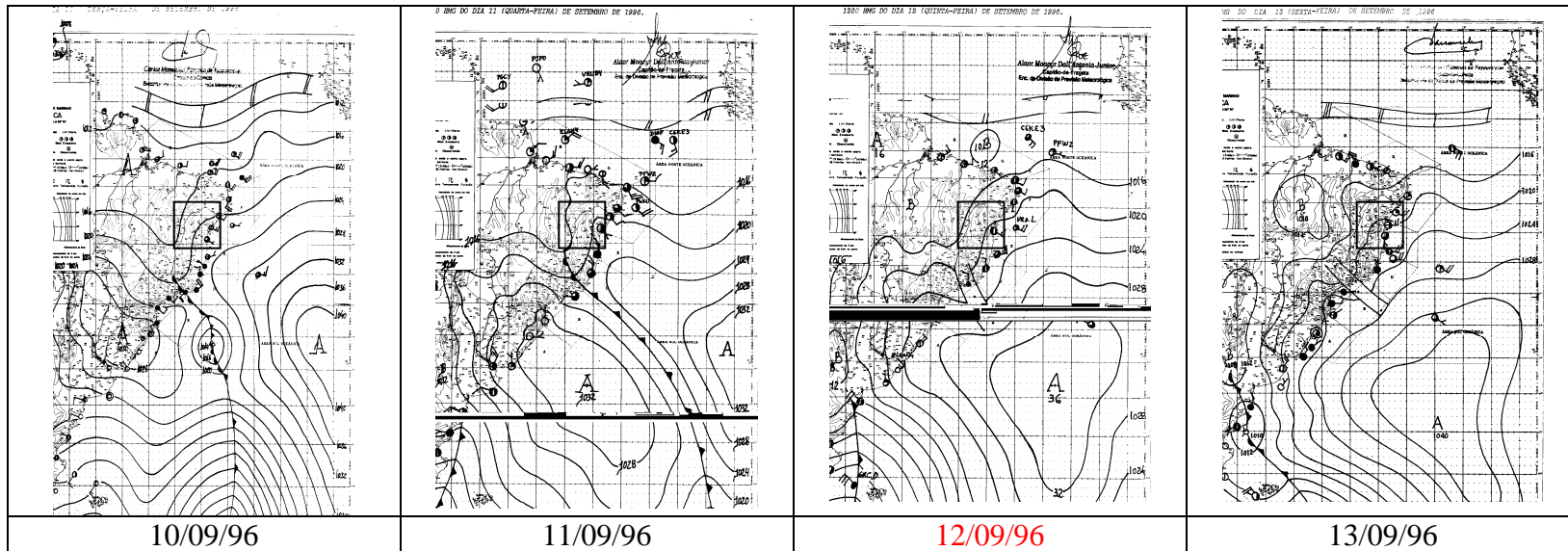


Figura A2.50 - Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 10 a 13/09/96.

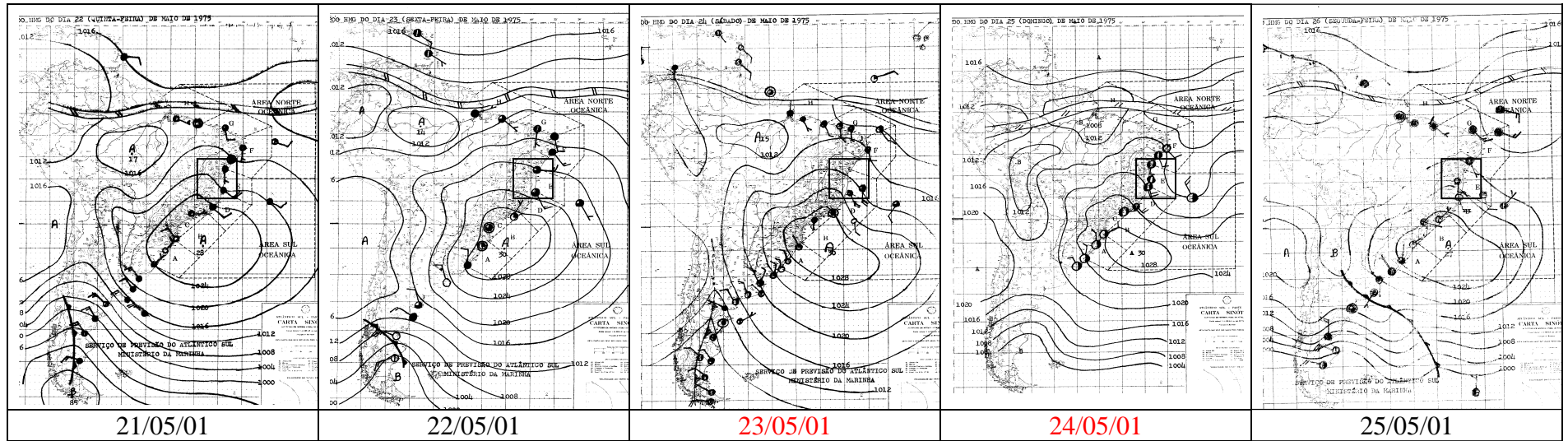


Figura A2.51 - Cartas sinóticas referente ao período erosivo de 21 a 25/05/01.

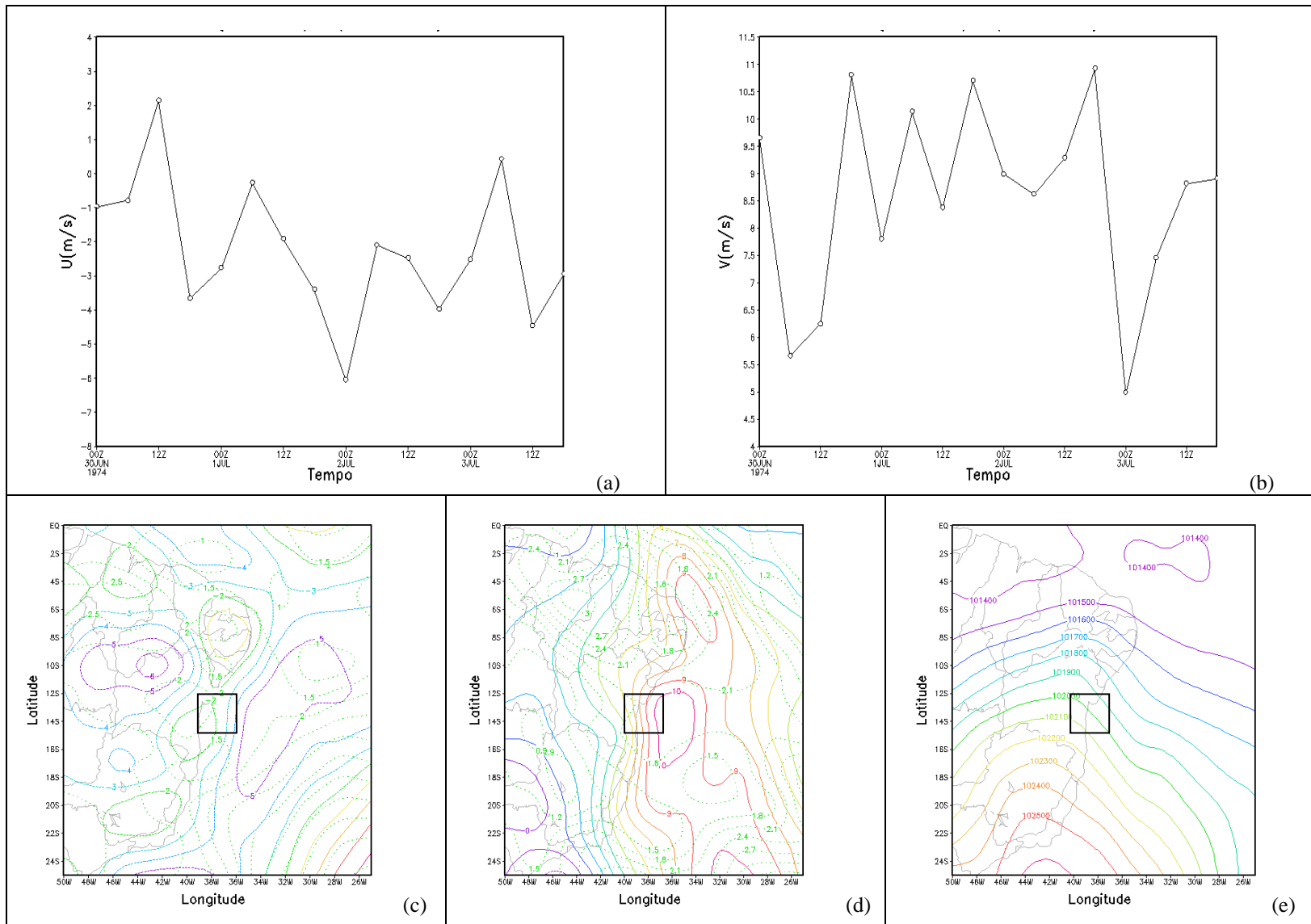


Figura A2.52 - Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 30/06 a 03/07/74.

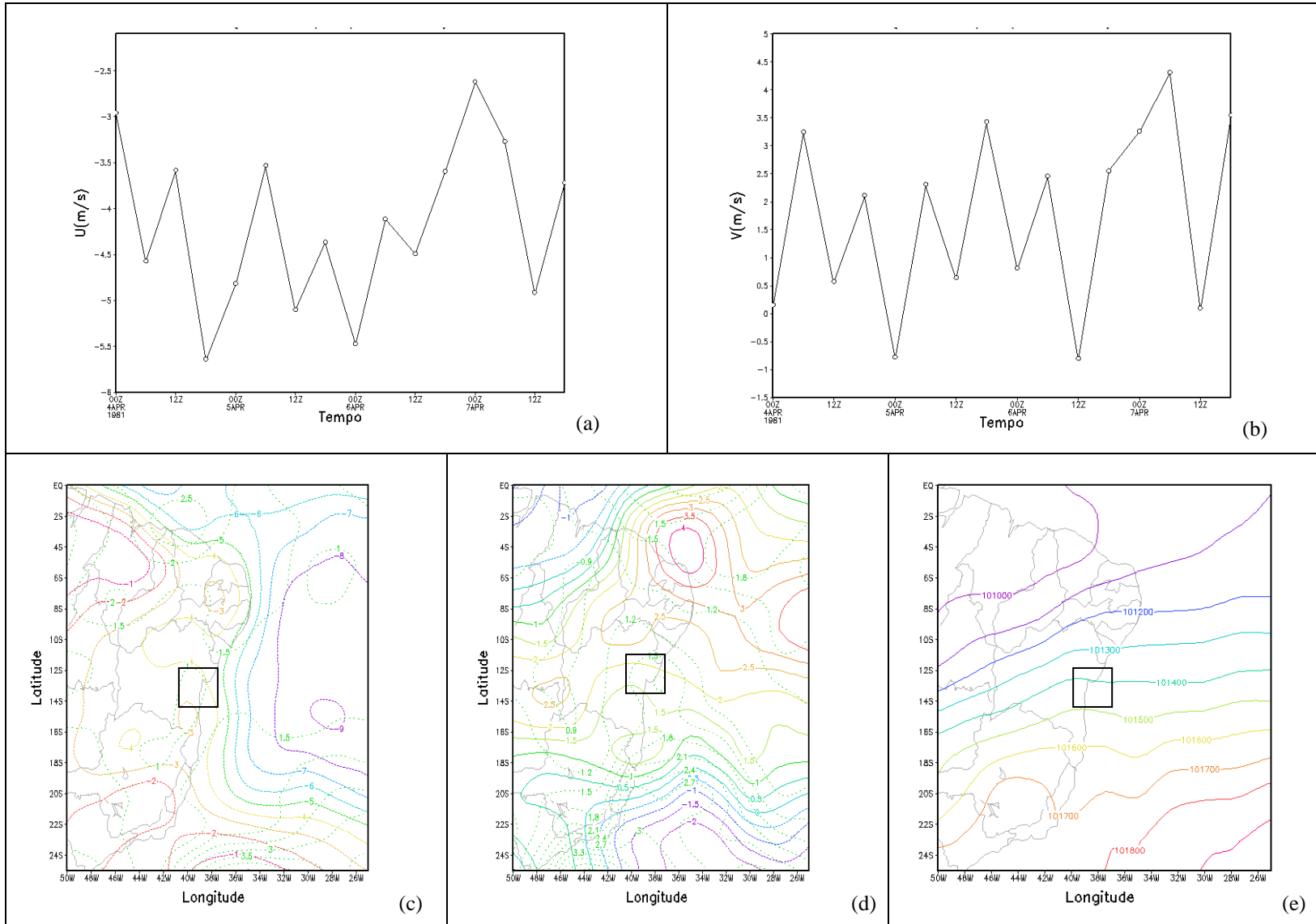


Figura A2.53 -Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 04/04 a 07/04/81.

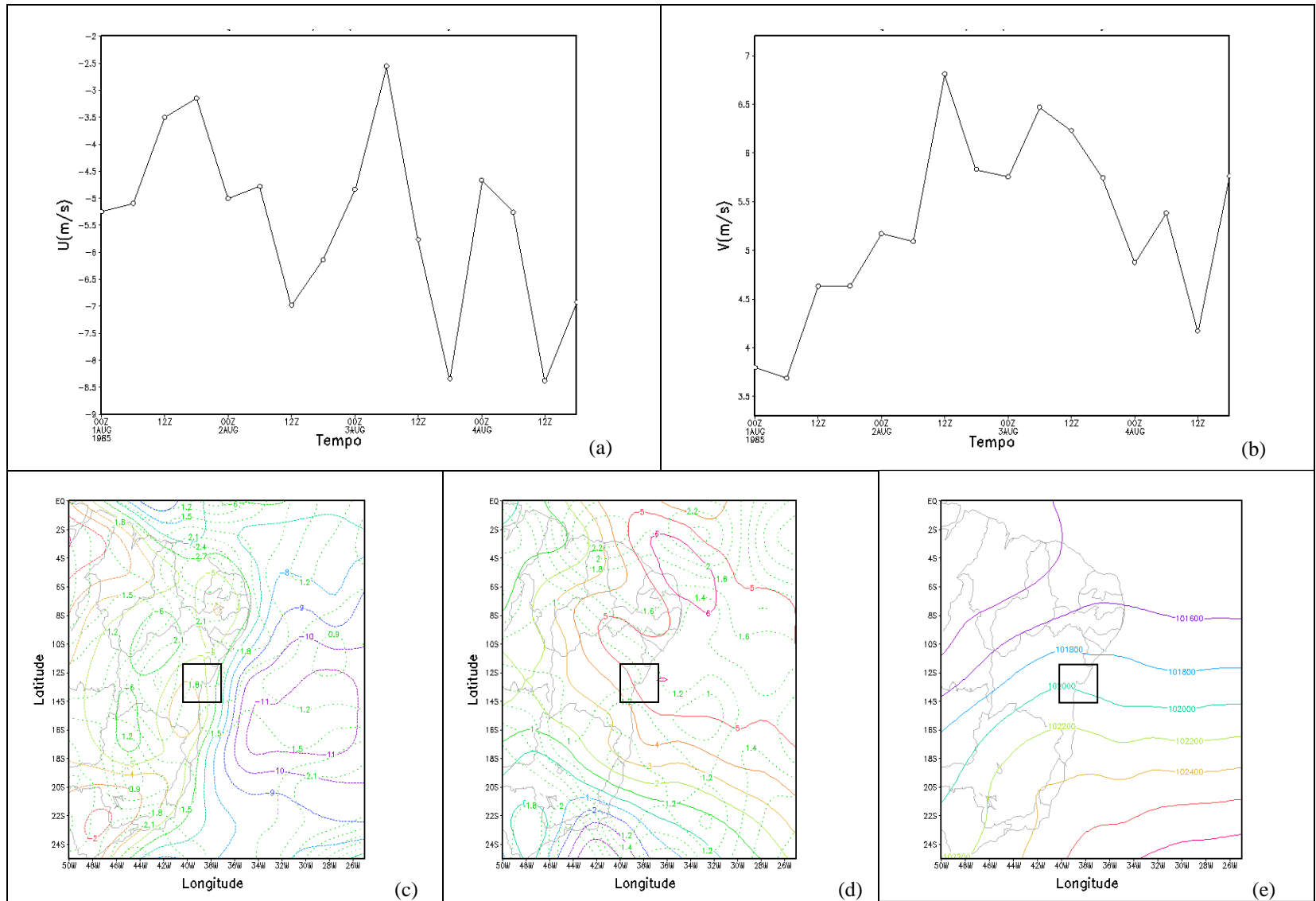


Figura A2.54 -Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 01/08 a 04/08/85.

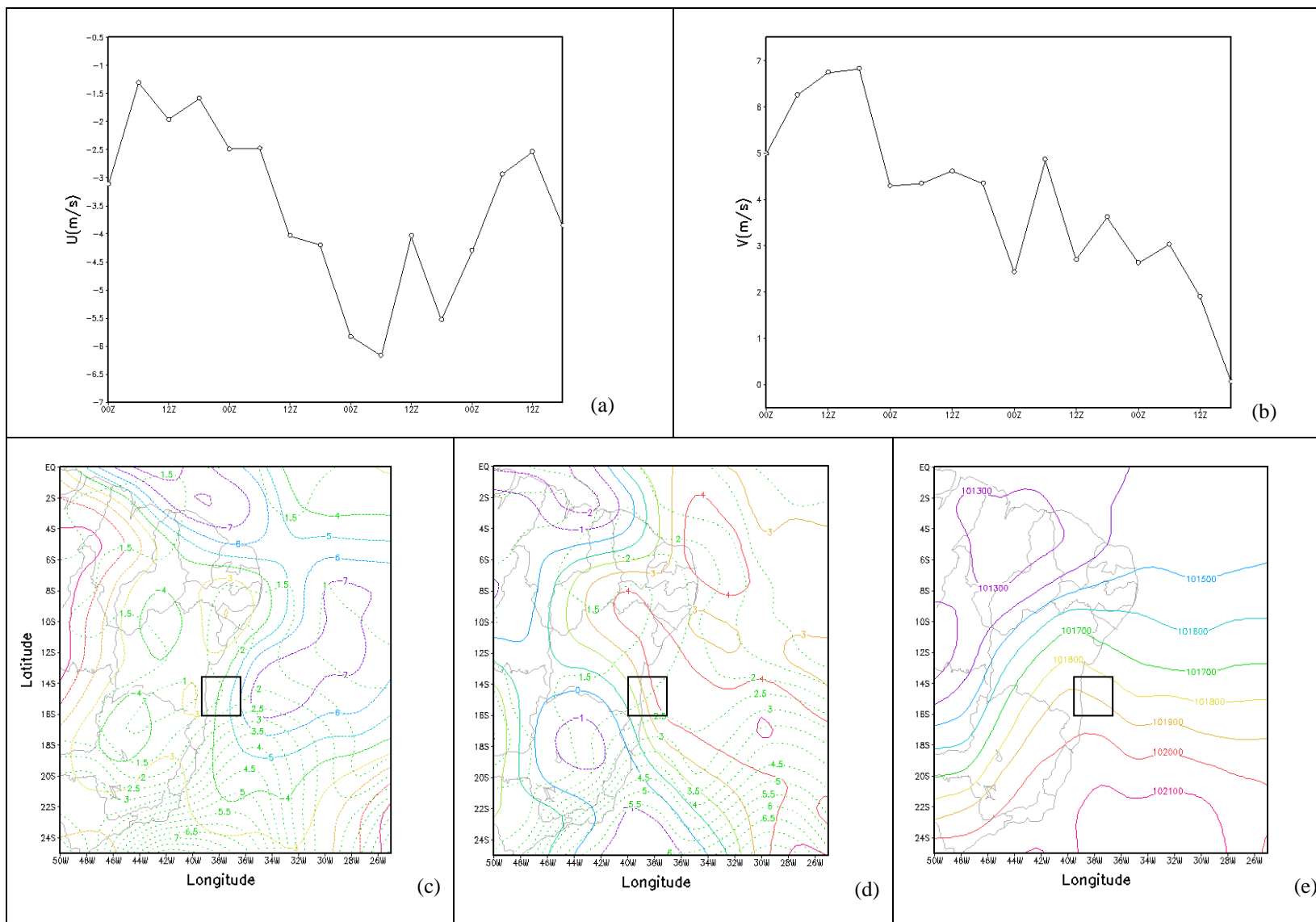


Figura A2.55 - Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 16/08 a 19/08/93.

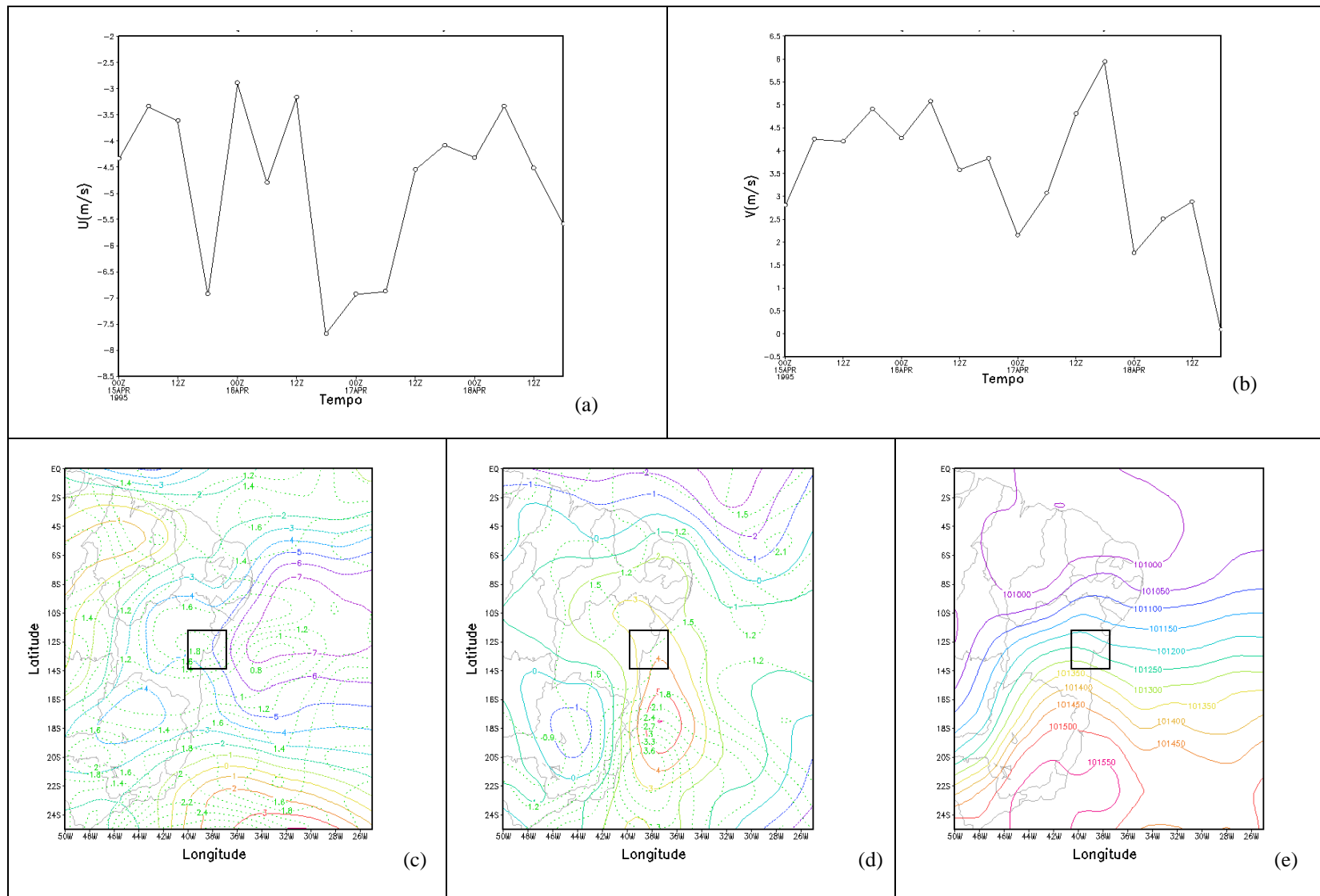


Figura A2.56 - Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 15/04 a 18/04/95.

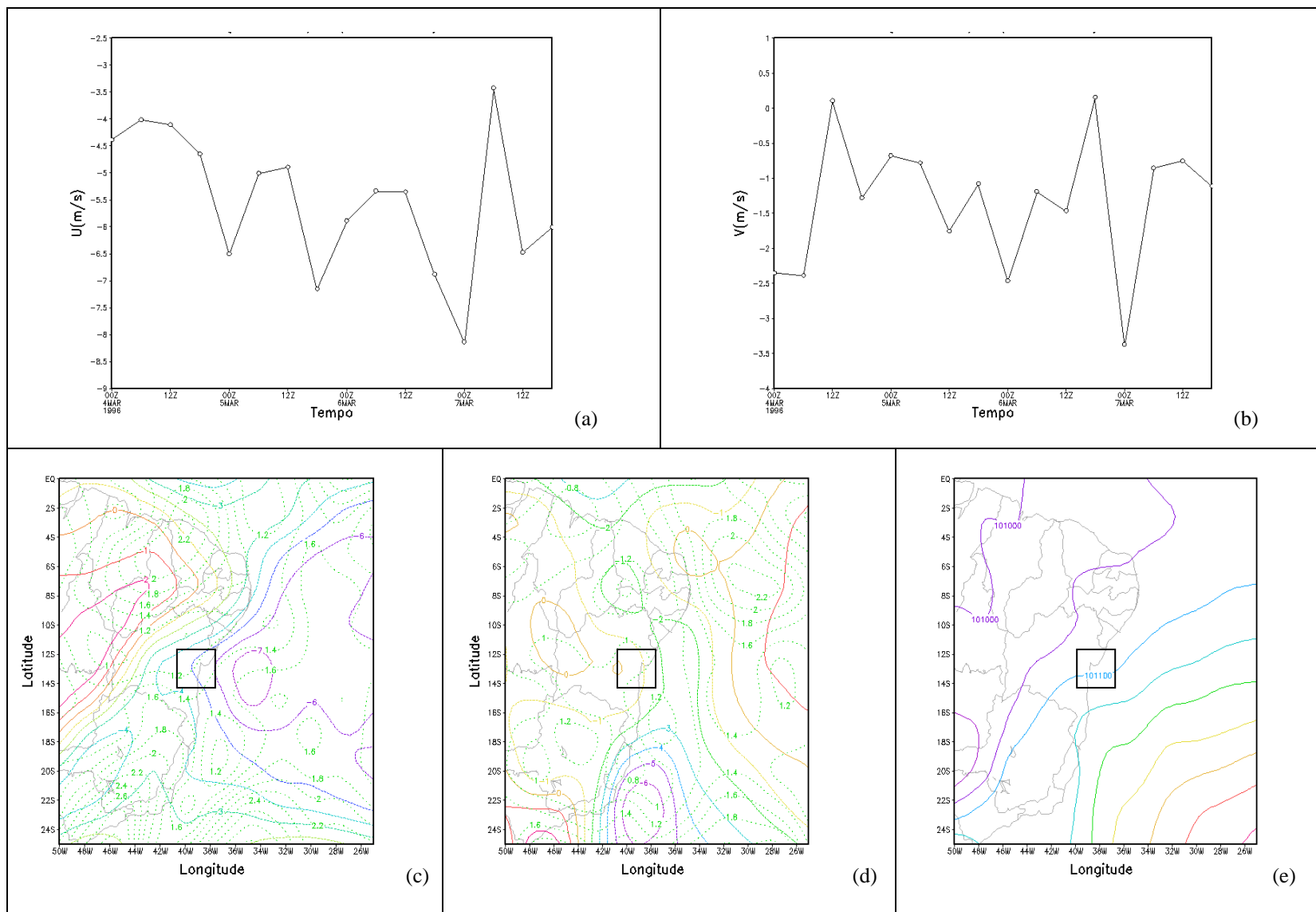


Figura A2.57 - Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 04/03 a 07/03/96.

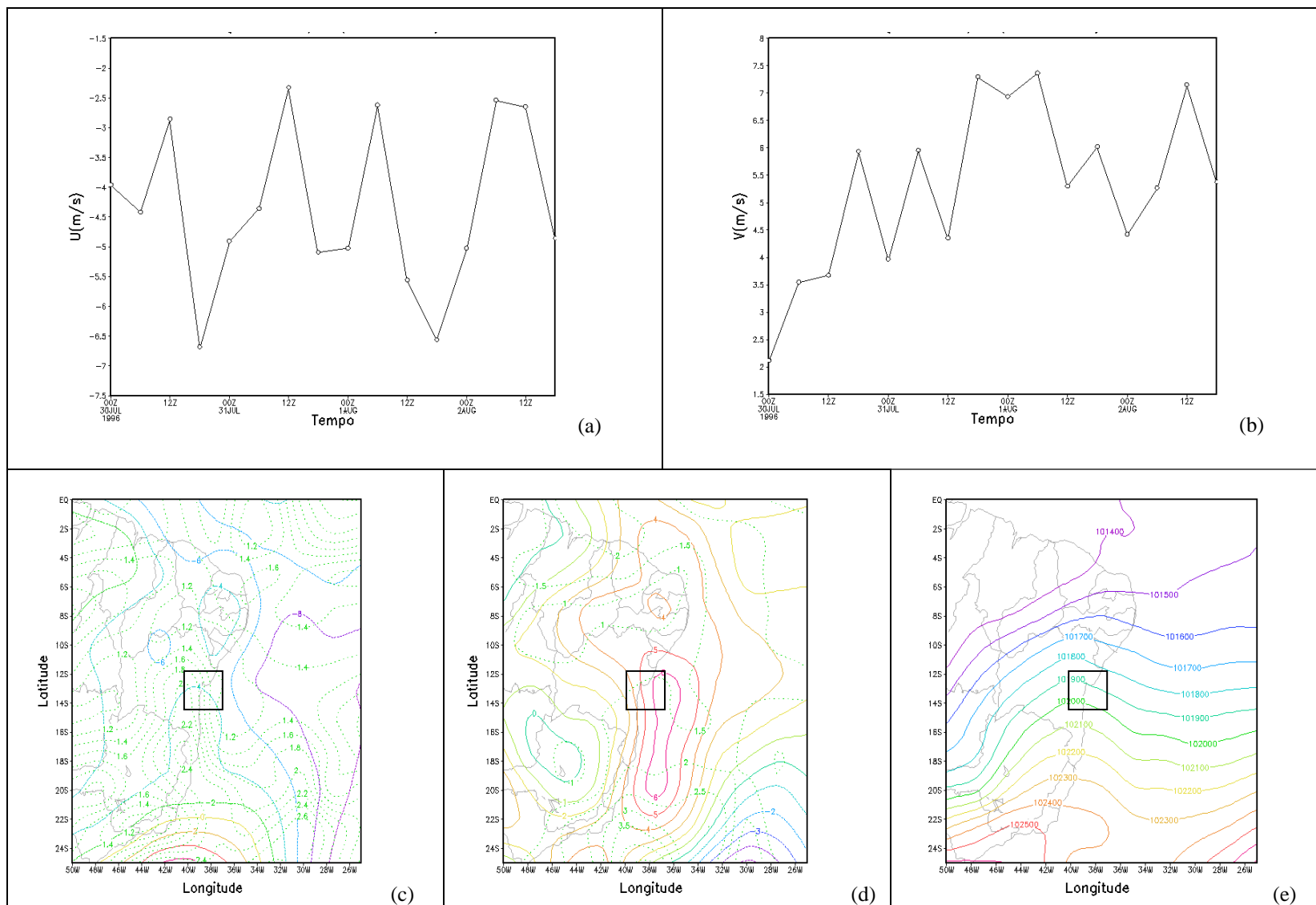


Figura A2.58 - Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 30/07 a 02/08/96.

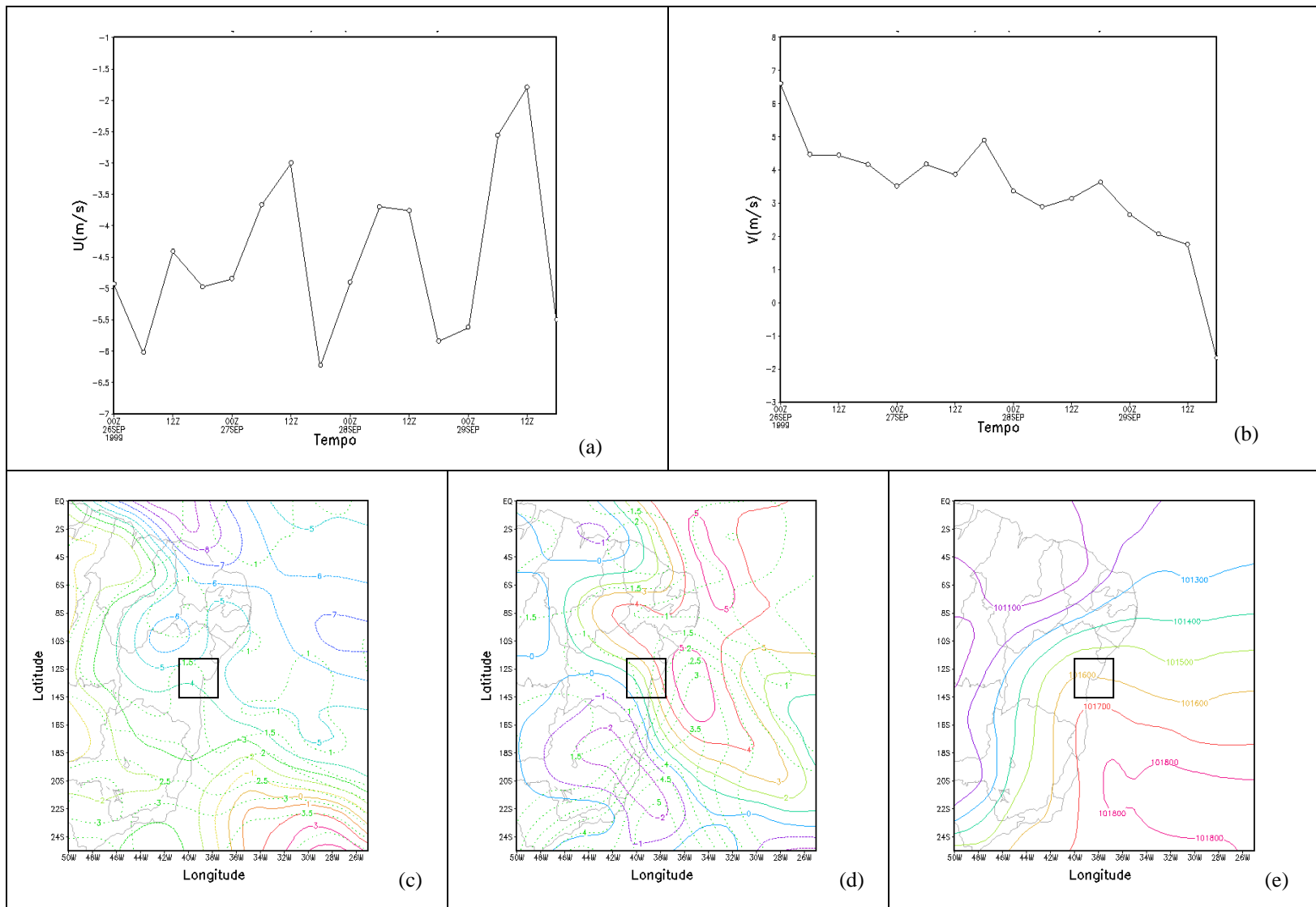


Figura A2.59 - Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 26/09 a 29/09/99.

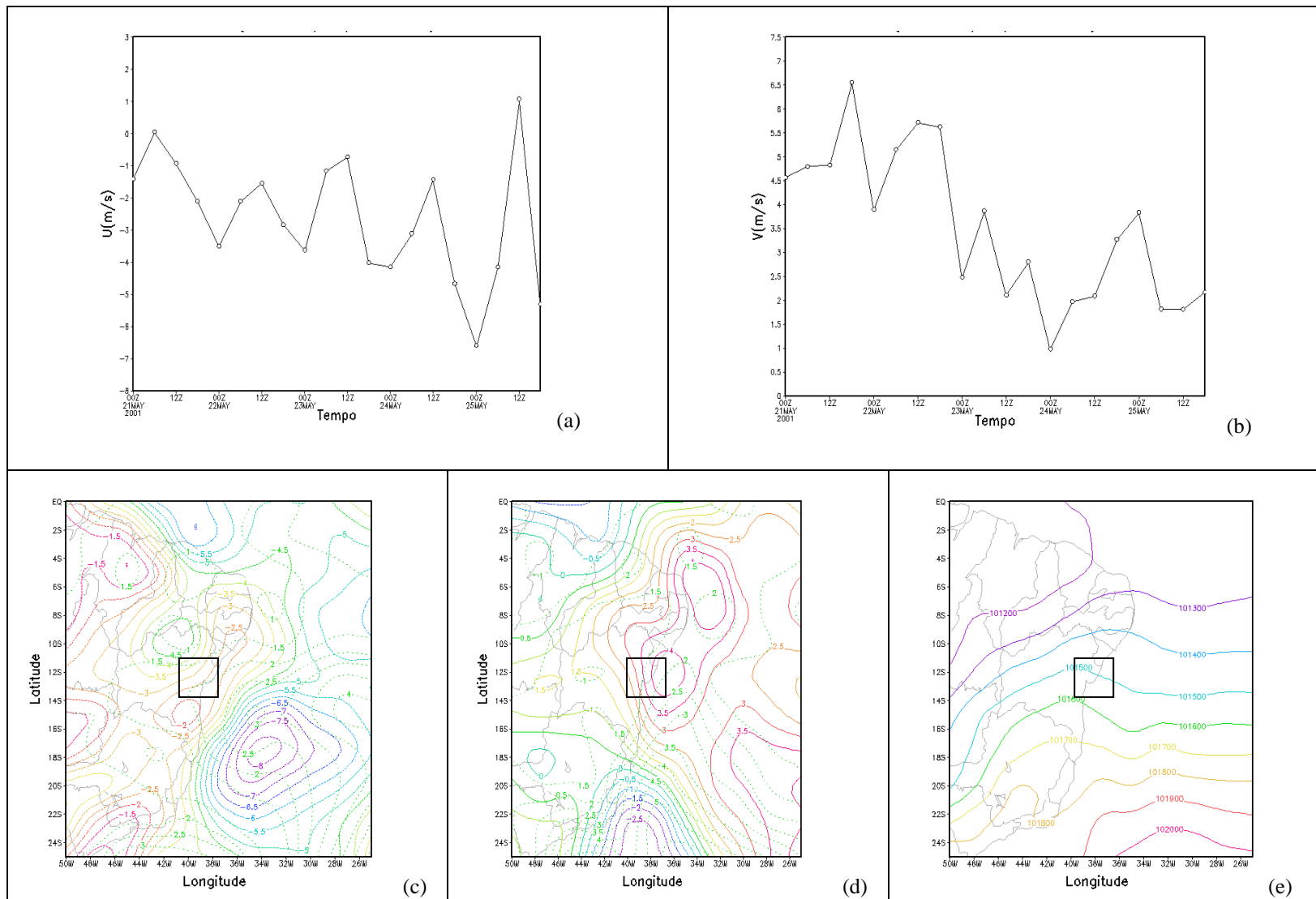


Figura A2.60 - Variação média das componentes zonal (a) e meridional do vento (b) na área (39,5W, 14,0S e 37,0W, 12,5S), Média (linha cheia) e Desvio Padrão (linha pontilhada) da componente zonal (c) e meridional do vento (d) e Média da PNM (e) durante o período erosivo de 21/05 a 25/05/01.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)