



Grupo de Oceanografia / Departamento de Física
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Cinémática e Dinâmica da Circulação Oceânica na Margem Continental Noroeste Ibérica

Dissertação de Doutoramento no Ramo de Física
Especialidade de Oceanografia
JOAQUIM GUILHERME HENRIQUES DIAS

Orientado por:

Prof. Doutor Armando Falcão de Gusmão Fiúza



2000

Resumo

Com o objectivo de contribuir para a caracterização quantitativa do sistema de correntes oceânicas na camada limite lateral sobre a margem continental noroeste da Península Ibérica, focando a sua variabilidade em escalas temporais compreendidas entre algumas horas e até alguns meses e a sua distribuição espacial, é analisado no presente trabalho um conjunto de medições da velocidade horizontal obtidas nessa região do Atlântico Norte, no âmbito do Projecto MORENA (Multidisciplinary Oceanographic Research in the Eastern Boundary of the North Atlantic).

São descritas as acções de planeamento e de execução da estratégia observacional, que conduziram ao fundeamento de 8 amarrações distribuídas ao longo de duas secções aproximadamente zonais sobre a vertente e rampa continental, a 41° N (Portugal) e a cerca de 42.3° N (Galiza). Cada amarração encontrava-se instrumentada com 4 a 5 correntómetros de auto-registo a profundidades seleccionadas, tendo-se obtido, entre Junho de 1993 e Novembro de 1994, um conjunto de registos com cerca de 7 meses a 1 ano de observações da velocidade com um intervalo de amostragem de 0.5 h ou 1 h.

Após a validação e o processamento preliminar dos registos obtidos, as séries de velocidade são analisadas com maior detalhe em duas bandas de energia: uma associada às oscilações da maré e inercial com períodos inferiores a 40 h e a outra associada às oscilações de submesoescala e de mesoescala (períodos superiores a 3-4 dias).

No escoamento de baixa frequência é notória a influência da topografia do fundo, evidente na tendência manifestada pelas velocidades médias e pelas elipses de variância em se alinharem com as principais estruturas topográficas. É claramente identificada na camada de Água Mediterrânica (~ 800 m - 1200 m), nas amarrações sobre a vertente continental da secção sul e em todas as amarrações da secção norte, a predominância geral de escoamento para norte, identificando a presença da Subcorrente da Vertente de Portugal. O escoamento nas duas amarrações mais ao largo na secção sul mostra, em

conjunto com observações hidrológicas realizadas em campanhas MORENA contemporâneas, um regime mais variável constituído por vórtices e meandros, mas com uma componente média (~ 2.0 cm/s a 2.5 cm/s) dirigida para a costa. O escoamento na camada de Água Profunda (~ 2000 m - 3000 m) é mais lento e consideravelmente mais variável do que o escoamento nas camadas acima, não sendo possível identificar um regime de circulação dominante com o presente conjunto de dados.

A energética do escoamento de baixa frequência é analisada através das distribuições da energia cinética média (MKE), da energia cinética perturbada (EKE) e do seu quociente MKE/EKE. A contribuição da EKE torna-se mais importante nos níveis mais profundos ($MKE/EKE \approx 0.1$) em contraste com os níveis da Água Mediterrânica onde MKE/EKE atinge o seu valor máximo (≈ 0.5).

Quanto ao regime do escoamento de alta frequência, banda inercial e da maré, a análise espectral dos registos da velocidade mostra valores extremos (picos) bem significativos na banda semidiurna da maré (máximo de energia) e no período inercial. Com menor amplitude, mas igualmente com significado estatístico, encontram-se picos localizados na banda quarto-diurna (6 h) e na banda sexto-diurna (4 h) da maré. A distribuição vertical da energia da maré semidiurna mostra máximos subsuperficiais em ambas as secções, devidos, provavelmente, à propagação em direcção ao largo de energia associada à maré interna gerada junto ao bordo da plataforma continental. A energia associada à oscilação inercial decresce com o aumento da profundidade.

A análise harmónica dos registos de velocidade utilizando um conjunto de 29 constituintes do potencial da maré, identifica o termo semidiurno de origem lunar M_2 como o mais energético, com um valor máximo de $70 \text{ cm}^2/\text{s}^2$. As elipses da corrente de maré calculadas para o constituinte M_2 têm uma orientação essencialmente meridional, indicando também efeitos de refacção devidos à batimetria da vertente continental superior. O aumento de fase observado entre a secção sul e a secção norte é consistente com a propagação da onda da maré semidiurna para norte ao longo da Península Ibérica.

Índice

Lista de figuras.....	v
Lista de quadros	xv
Lista de acrónimos.....	xvii
Lista de símbolos.....	xix
Preâmbulo.....	1
Capítulo 1 - Medição de correntes oceânicas na margem noroeste da Península	
Ibérica: enquadramento em projectos de investigação	5
1.1 - O Projecto MORENA	5
1.2 - O Programa WOCE	8
Capítulo 2 - Sinopse do conhecimento prévio da oceanografia da região em	
estudo	13
2.1 - Localização geográfica e topografia	13
2.2 - Massas de água	15
2.3 - Circulação geral do Atlântico Nordeste subtropical	21
2.3.1 - Oceano superior.....	21
2.3.2 - Camadas intermédias e profundas	25
2.4 - Circulação observada na margem continental ocidental da Península	
Ibérica.....	28
2.4.1 - Afloramento costeiro	29
2.4.2 - Subcorrente da vertente em direcção ao pólo	41
2.4.3 - Variabilidade de curto periodo	47
2.4.3_1 - Marés.....	47

2.4.3_2 - Ondas longas cativas da margem continental.....	51
2.5 - Conclusão	53
Capítulo 3 - Programa observacional.....	55
3.1 - Estratégia observacional.....	55
3.2 - Instrumentação.....	59
3.2.1 - Correntómetro Aanderaa	60
3.2.2 - Estrutura das amarrações.....	63
3.2.3 - Calibração dos sensores.....	68
3.3 - Realização experimental.....	70
Capítulo 4 - Processamento e apresentação preliminar dos resultados das medições	73
4.1 - Processamento básico.....	73
4.1.1 - Conversão para unidades físicas.....	73
4.1.2 - Identificação e eliminação de erros não aleatórios	75
4.1.3 - Preenchimento de lacunas de registos.....	81
4.2 - Estatísticas fundamentais das séries temporais.....	87
4.3 - Espectros de variância das componentes da velocidade	89
4.3.1 - Cálculo dos espectros de variância	89
4.3.2 - Espectros obtidos e sua descrição preliminar.....	96
Capítulo 5 - Circulação observada: regime médio e variabilidade de baixa frequência.....	99
5.1 - Aplicação do filtro de Lanczos	99
5.2 - Análise no domínio do tempo.....	108
5.2.1 - Séries temporais.....	108
5.2.2 - Análise estatística.....	115
5.2.2_1 - Vectores médios e elipses de variância.....	116
5.2.2_2 - Energética do regime médio e perturbado	123
5.3 - Análise no domínio da frequência	128
5.4 - Hidrologia.....	131

5.4.1 - Principais características hidrológicas observadas	134
5.4.2 - Circulação geostrófica e correntes observadas: análise comparativa	138
5.4.2_1 - “MORENA 1”	139
5.4.2_2 - “MORENA 2”	155
5.4.2_3 - “FLUXPOR/94”	171
5.4.2_4 - Síntese	175
Capítulo 6 - Circulação observada: marés e variabilidade de alta frequência	177
6.1 - Análise no domínio da frequência	178
6.2 - Análise harmónica das correntes de maré	192
6.2.1 - Descrição do método	193
6.2.2 - Correntes e elipses de maré	195
6.2.3 - Cálculo das componentes de maré da corrente observada	199
6.2.4 - Resultados principais	202
Capítulo 7 - Comentários finais	215
7.1 - Resultados principais	216
7.2 - Trabalho futuro	220
Apêndice A- Informação sobre as amarrações.....	223
Apêndice B - Parâmetros estatísticos dos registos.....	229
Apêndice C - Espectros de energia	241
Apêndice D - Séries temporais de velocidade, temperatura e pressão	253
Referências bibliográficas	279

Referências bibliográficas

- Aanderaa Instruments, 1986: "Operating manual RCM 4S & 5S". Technical Description No. 119.
- Aanderaa Instruments, 1992: "Operating manual RCM 7 & 8". Technical Description No. 159.
- Alonso, J., F. F. de Castillejo, G. Díaz del Río, D. Marcote e G. Casas, 1995: "Preliminary results of current measurements in the north west of the Iberian Peninsula". MORENA Scientific and Technical Report no. 15, 57 pp.
- Ambar, I., 1983: "Influência da Água Mediterrânica na Vertente Continental Portuguesa". 2º Relatório de Progresso, Grupo de Oceanografia, Universidade de Lisboa, 22 pp.
- Ambar, I., 1984: "Seis meses de medições de correntes, temperaturas e salinidades na vertente continental ao largo da costa Alentejana". Relatório Técnico no. 1/84, Grupo de Oceanografia, Universidade de Lisboa, 46 pp.
- Ambar, I., 1985: "Seis meses de medições de correntes, temperaturas e salinidades na vertente continental Portuguesa a 40° N". Relatório Técnico no. 1/85, Grupo de Oceanografia, Universidade de Lisboa, 39 pp.
- Ambar, I. e M. R. Howe, 1979: "Observations of the Mediterranean outflow - I. Mixing in the Mediterranean outflow". Deep-Sea Research, 26A: 535-554.
- Ambar, I., A. F. G. Fiúza, T. Boyd e R. Frouin, 1986: "Observations of a warm oceanic current flowing northward along the coasts of Portugal and Spain during November-December 1983". EOS Transactions, American Geophysical Union 67 (44): 1054.
- Ambar, I. e A. F. G. Fiúza, 1994: "Some features of the Portugal Current System: a poleward slope undercurrent, an upwelling-related summer southward flow and an autumn-winter poleward coastal surface current". Em "Proceedings of the Second International Conference on Air-Sea Interaction and on Meteorology and Oceanography of the Coastal Zone", K. B. Katsaros, A. F. G. Fiúza e I. Ambar (eds.), American Meteorological Society: 286-287.

- Arhan, M., A. Billant, A. Colin de Verdière, N. Daniault e R. Prego, 1991: "Hydrography and velocity measurements offshore from the Iberian Peninsula". BORD-EST Data Report, Campagnes Océanographiques Françaises, IFREMER, no. 15 (Vol. 2), 232 pp.
- Arhan, M., A. Colin de Verdière e L. Mémery, 1994: "The eastern boundary of the subtropical North Atlantic". *Journal of Physical Oceanography*, **24**: 1295-1316.
- Bakun, A. e C. S. Nelson, 1991: "The seasonal cycle of wind-stress curl in subtropical eastern boundary current regions". *Journal of Physical Oceanography*, **21**: 1815-1834.
- Barton, E. D., 1989: "The poleward undercurrent of the eastern boundary of the subtropical North Atlantic". Em "Poleward flows along eastern ocean boundaries", S. J. Neshyba, C. N. K. Mooers, R. L. Smith e R. T. Barber (eds.), Springer-Verlag: 82-92.
- Barton, E. D., 1998: "Eastern boundary of the North Atlantic: northwest Africa and Iberia". Em "The Sea", Vol. 11, "The global coastal ocean: regional studies and syntheses", A. R. Robinson e K. H. Brink (eds.), John Wiley & Sons: 633-657.
- Bendat, J. S. e A. G. Piersol, 1986: "Random data: analysis and measurement procedures". 2ª edição, Wiley-Interscience, 566 pp.
- Bower, A. S., L. Armi e I. Ambar, 1997: "Lagrangian observations of meddy formation during a Mediterranean Undercurrent Seeding Experiment". *Journal of Physical Oceanography*, **27**: 2545-2575.
- Coste, B., A. F. G. Fiúza e H. J. Minas, 1986: "Conditions hydrologiques et chimiques associées à l' upwelling côtier du Portugal en fin d'été". *Oceanologica Acta*, **9** (2): 149-158.
- Da Silva, J. C., D. R. G. Jeans, I. S. Robinson e T. J. Sherwin, 1997: "The application of near real-time ERS-1 SAR data to the prediction of the location of internal waves at sea". *International Journal of Remote Sensing*, **18** (16): 3507-3517.
- Daniault, N., J. P. Mazé e M. Arhan, 1994: "Circulation and mixing of Mediterranean Water west of the Iberian Peninsula". *Deep Sea Research*, **41** (11/12): 1685-1714.
- Dias, J., 1991: "Ondas longas: aplicação à margem continental Portuguesa". Trabalho de síntese integrado nas provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica do Estatuto da Carreira Docente Universitária, Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 70 pp.

- Dias, J. G. H., 1993: "Relatório da Campanha MORENA 1 - fundeamento de correntómetros". Relatório Técnico no. 1/93. Grupo de Oceanografia, Departamento de Física/Centro de Geofísica, Universidade de Lisboa, 15 pp.
- Dias, J. G. H., A. M. P. Santos e A. F. G. Fiúza, 1995: "Long-term current measurements on the Portuguese Continental Slope and Rise at 41° N". MORENA Scientific and Technical Report no. 21, 61 pp.
- Dietrich, G., 1963: "General Oceanography". John Wiley & Sons, 588 pp.
- Doodson, A. T. e H. D. Warburgh, 1941: "Admiralty manual of tides". His Majesty's Stationary Office, 270 pp.
- Emery, W. J. e R. E. Thomson, 1998: "Data analysis methods in Physical Oceanography". 1ª edição, Pergamon Press, 634 pp.
- Fiúza, A. F. G., 1983: "Upwelling patterns off Portugal". Em "Coastal upwelling: its sediment record", A. E. Suess e J. Thiede (eds.), Plenum Press: 85-97.
- Fiúza, A. F. G., 1984: "Hidrologia e dinâmica das águas costeiras de Portugal". Dissertação de Doutoramento, Universidade de Lisboa, 294 pp.
- Fiúza, A. F. G., 1996: "Final report of the MORENA Project: 1993-1996". Instituto de Oceanografia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 121 pp.
- Fiúza, A., M. E. de Macedo e M. R. Guerreiro, 1982: "Climatological space and time variation of the Portuguese coastal upwelling". *Oceanologica Acta*, 5 (1): 31-40.
- Fiúza, A. F. G., J. H. Dias e J. Alonso, 1996: "Long-term current measurements on the West Iberian Margin". MORENA Scientific and Technical Report no. 36, 105 pp.
- Fiúza, A. F. G., M. Hamann, I. Ambar, G. del Río, N. González e J. Cabanas, 1998: "Water masses and their circulation off western Iberia during May 1993". *Deep Sea Research I*, 45: 1127-1160.
- Foreman, M. G. G., 1977: "Manual for tidal heights analysis and prediction". Pacific Marine Science Report 77-10, Institute of Ocean Sciences, BC., 101 pp.
- Foreman, M. G. G., 1978: "Manual for tidal currents analysis and prediction". Pacific Marine Science Report 78-6, Institute of Ocean Sciences, 70 pp.
- Fraga, F., 1981: "Upwelling of the Galician coast, northwest Spain". Em "Coastal upwelling", F. A. Richards (ed.), American Geophysical Union: 176-182.

- Fraga, F., C. Mouriño e M. Manríquez, 1982: "Las masas de agua en la costa de Galicia: junio-octubre". Resultados Expediciones Científicas (Suplemento Investigación Pesquera), **10**: 51-77.
- Frouin, R., A. F. G. Fiúza, I. Ambar e T. J. Boyd, 1990: "Observations of a poleward surface current off the coasts of Portugal and Spain during winter". *Journal of Geophysical Research*, **95** (C1): 679-691.
- Garrett, C. e W. Munk, 1979: "Internal waves in the ocean". *Ann. Rev. Fluid Mechanics*, **11**: 339-369.
- Hamann, M., A. F. G. Fiúza e I. Ambar, 1996: "Seasonal variability of the hydrology and geostrophic circulation on the Iberian Atlantic continental margin". MORENA Scientific and Technical Report no. **34**, 52 pp.
- Hamming, R., 1983: "Digital filters". 2ª edição, Prentice-Hall, 257 pp.
- Haynes, R. e E. D. Barton, 1990: "A poleward flow along the Atlantic coast of the Iberian Peninsula". *Journal of Geophysical Research*, **95** (C7): 11425-11441.
- Haynes, R., E. D. Barton e I. Pilling, 1993: "Development, persistence, and variability of upwelling filaments off the Atlantic coast of the Iberian Peninsula". *Journal of Geophysical Research*, **98** (C12): 22681-22692.
- Helland-Hansen, B. e F. Nansen, 1927: "The eastern North Atlantic". *Geophysiske Publicasjoner IV* (2): 1-76.
- Hill, A., B. Hickey, F. Shillington, P. Strub, K. Brink, E. Barton e A. Thomas, 1998: "Eastern ocean boundaries". Em "The Sea", Vol. 11, "The global coastal ocean: regional studies and syntheses", A. R. Robinson e K. H. Brink (eds.), John Wiley & Sons: 29-67.
- Holloway, G. e T. Sou, 1995: "Model skill measured against long-term current meters". *WOCE Notes 7* (No. 2): 11-14.
- Huthnance, J. M., 1981: "Waves and currents near the continental shelf edge". *Progress in Oceanography*, **10**: 193-226.
- Huthnance, J. M., J. Loynes e A. C. Edden, 1988: "An investigation of meteorological effects on currents in the shelf and continental slope seas northwest of the U.K. I. Analyses for individual moorings". Proudman Oceanographic Laboratory, Report no. **2**, 211pp.
- Jacobs, P., Y. Guo e P. A. Davis, 1999: "Boundary currents over shelf and slope topography". *Journal of Marine Systems*, **19**: 137-158.
- Jeans, D. R. G. e T. J. Sherwin, 1996: "Solitary internal waves on the Iberian Shelf". MORENA Scientific and Technical Report no. **44**, 14 pp.

- Käse, R. H., A. Beckmann e H.-H. Hinrichsen, 1989: "Observational evidence of salt lens formation in the Iberian Basin". *Journal of Geophysical Research*, **94** (C4): 4905-4912.
- Klein, B. e G. Siedler, 1989: "On the origin of the Azores Current". *Journal of Geophysical Research*, **94** (C5): 6159-6168.
- Krauss, W. e R. H. Käse, 1984: "Mean circulation and eddy kinetic energy in the Eastern North Atlantic". *Journal of Geophysical Research*, **89** (C3): 3407-3415.
- Maillard, C., 1981: "Mean circulation in the North East Atlantic from historical data". *International Council for the Exploration of the Sea*, **C:41**, 18 pp.
- Maillard, C., 1984: "Mean circulation and exchanges in the Northeastern Atlantic from historical data". *Rapp. Proc. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, **185**: 131-139.
- Maillard, C. e R. Käse, 1989: "The near-surface flow in the subtropical gyre south of the Azores". *Journal of Geophysical Research*, **94** (C11): 16133-16140.
- Martins, C. G. R., 1997: "OCEANUS - Um atlas digital oceanográfico, aplicado ao estudo da estrutura, variabilidade e climatologia do Atlântico ao largo de Portugal Continental". Dissertação de Doutoramento, Universidade de Lisboa, 301 pp + 2 disquetes.
- Martins, C. S., 1997: "Estudo da circulação oceânica superficial no Atlântico Nordeste utilizando bóias derivantes com telemetria por satélite". Dissertação de Doutoramento, Universidade de Lisboa, 229 pp.
- McCartney, M. S. e L. D. Talley, 1982: "The subpolar mode water of the North Atlantic ocean". *Journal of Physical Oceanography*, **12**: 1169-1188.
- McClain, C. R., S-Y Chao, L. P. Atkinson, J. O. Blanton e F. de Castillejo, 1986: "Wind-driven upwelling in the vicinity of Cape Finisterre, Spain". *Journal of Geophysical Research*, **91** (C7): 8470-8486.
- Meincke, J., G. Siedler e W. Zenk, 1975: "Some current observations near the continental slope off Portugal". *"Meteor" Forsch.-Ergebnisse*, **A (16)**: 15-22.
- Munk, W. H., 1981: "Internal waves and small-scale porcesses". Em "Evolution of Physical Oceanography", B. A. Warren e C. Wunsch (eds.), MIT Press: 264-291.
- Nykjaer, L. e L. Van Camp, 1991: "Seasonal and interannual variability of coastal upwelling along northwest Africa and Portugal from 1981 to 1991". *Journal of Geophysical Research*, **99** (C7): 14197-14207.

- Pillsbury, R. D., J. S. Bottero, R. E. Still e W. E. Gilbert, 1974: "A compilation of observations from moored current meters". Vol. VI e VII. Ref. 74-2 e 74-7, School of Oceanography, Oregon State University.
- Pingree, R. D. e A. L. New, 1991: "Abyssal penetration and bottom reflection of internal tidal energy in the Bay of Biscay". *Journal of Physical Oceanography*, **21**: 28-39.
- Pollard, R. T. e S. Pu, 1985: "Structure and circulation of the upper Atlantic ocean northeast of the Azores". *Progress in Oceanography*, **14**: 443-462.
- Pond, S. e G. L. Pickard, 1978: "Introductory Dynamic Oceanography". 1ª edição, Pergamon Press, 241 pp.
- Prater, M. D. e T. B. Sanford, 1994: "A meddy off Cape St. Vincent. Part I: description". *Journal of Physical Oceanography*, **24**: 1572-1586.
- Press, W. H., S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling e B. P. Flannery, 1992: "Numerical recipes in FORTRAN: the art of scientific computing". 2ª edição, Cambridge University Press, 963 pp.
- Pugh, D. T., 1987: "Tides, surges and mean sea-level". John Wiley & Sons, 472 pp.
- Reid, J. L. e A. W. Mantyla, 1976: "The effect of the geostrophic flow upon coastal elevations in the northern North Pacific." *Journal of Geophysical Research*, **81** (18): 3100-3110.
- Roberts, J. e T. D. Roberts, 1978: "Use of the Butterworth low-pass filter for oceanographic data". *Journal of Geophysical Research*, **83** (C11): 5510-5514.
- Røed, L. P., 1996: "Modelling mesoscale features in the ocean". Em "Waves and nonlinear processes in hydrodynamics", J. Grue, B. Gjevik e J. E. Weber (eds.), Kluwer Academic: 383-396.
- Roether, W. e G. Fuchs, 1988: "Water mass transport and ventilation in the Northeast Atlantic derived from tracer data". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, **A325**: 63-69.
- Salaun, C., E. Moussat, P. Branellec e H. Mercier, 1992: "A.N.A.I.S. Analyse Interactive de Séries temporelles". Version 3.0, Internal report IFREMER, August 1992, 155 pp.
- Sammari, C., C. Millot e L. Prieur, 1995: "Aspects of the seasonal and mesoscale variabilities of the Northern Current in the western Mediterranean Sea inferred from the PROLIG-2 and PROS-6 experiments". *Deep-Sea Research*, **42** (6): 893-917.

- Saunders, P. M., 1982: "Circulation in the eastern North Atlantic". *Journal of Marine Research*, **40** (Supl.): 641-657.
- Saunders, P. M., 1986: "The accuracy of measurement of salinity, oxygen and temperature in the deep ocean". *Journal of Physical Oceanography*, **16** (1): 189-195.
- Sherwin, T. J., 1995: "Analysis of internal tide generation on the Portuguese shelf using a linear model". MORENA Scientific and Technical Report no. **8**, 17 pp.
- Sherwin, T. J., J. C. Silva e I. S. Robinson, 1995: "The use of a fast-delivery ERS-1 SAR image to study internal waves at sea". *Earth Observation Quarterly*, **48**: 21-24.
- Shi, X. B. e L. P. Røed, 1999: "Frontal instabilities in a two-layer, primitive equation ocean model". *Journal of Physical Oceanography*, **29** (5): 948-968.
- Siedler, G. e U. Paul, 1991: "Barotropic and baroclinic tidal currents in the eastern basins of the North Atlantic". *Journal of Geophysical Research*, **96** (C12): 22259-22271.
- Smith, R. L., 1981: "A comparison of the structure and variability of the flow field in three coastal upwelling regions: Oregon, Northwest Africa, and Peru". Em "Coastal upwelling", F. A. Richards (ed.), American Geophysical Union: 107-118.
- Sousa, F. M., 1995: "Processos de mesoescala ao largo da costa Portuguesa utilizando dados de satélite e observações *in situ*". Dissertação de Doutoramento, Universidade de Lisboa, 167 pp.
- Sousa, F. M. e A. Bricaud, 1992: "Satellite-derived phytoplankton pigment structures in the Portuguese upwelling area". *Journal of Geophysical Research*, **97** (C7): 11343-11356.
- Sousa, F., J. Dias e M. Rufino, 1993: "Relatório sobre a participação da Universidade de Lisboa na campanha oceanográfica MORENA 2 realizada a bordo do navio de investigação norueguês HAAKON MOSBY de 17 a 30 de Novembro de 1993". Grupo de Oceanografia, Departamento de Física/Centro de Geofísica, Universidade de Lisboa, 14 pp.
- Sousa, F., J. Dias, M. Hamann, M. Rufino e A. Fiúza, 1994: "Relatório sobre a campanha oceanográfica FLUXPOR/94 realizada a bordo do navio de investigação NORUEGA de 15 a 28 de Setembro de 1994". Relatório Técnico no. **3/94**. Grupo de Oceanografia, Departamento de Física/Instituto de Oceanografia, Universidade de Lisboa, 22 pp.

- Stevens, I. G. e J. A. Johnson, 1997: "Sensitivity to open boundary forcing in a fine-resolution model of the Iberian shelf-slope region". *Annales Geophysicae*, **15**: 113-123.
- Stramma, L., 1984: "Geostrophic transport in the Warm Water Sphere of the eastern subtropical North Atlantic". *Journal of Marine Research*, **42**: 537-558.
- Stramma, L. e G. Siedler, 1988: "Seasonal changes in the North Atlantic subtropical gyre". *Journal of Geophysical Research*, **93** (C7): 8111-8118.
- Stull, R. B., 1988: "An introduction to boundary layer meteorology". Kluwer Academic Publishers, 666 pp.
- Sturges, W., 1983: "On interpolating gappy records for time-series analysis". *Journal of Geophysical Research*, **88** (C14): 9736-9740.
- Talley, L. D. e M. S. McCartney, 1982: "Distribution and circulation of Labrador Sea Water". *Journal of Physical Oceanography*, **12** (11): 1189-1205.
- Thompson, R. O. R. Y., 1983: "Low-pass filters to suppress inertial and tidal frequencies". *Journal of Physical Oceanography*, **13**: 1077-1083.
- WCRP, 1986: "Scientific Plan for the World Ocean Circulation Experiment". WCRP Publications Series No. 6. WMO Technical Documents **122**, 83 pp.
- WCRP, 1988(a): "World Ocean Circulation Experiment Implementation Plan. Vol. I: Detailed Requirements". WCRP-11. WMO Technical Documents **242**.
- WCRP, 1988(b): "World Ocean Circulation Experiment Implementation Plan. Vol. II: Scientific Background". WCRP-12. WMO Technical Documents **243**.
- WOCE, 1997: "WOCE Analysis, Interpretation, Modelling and Synthesis (AIMS) Strategy". WOCE Synthesis and Modelling Working Group.
- WOCE, 1998: "WOCE Global Data". Versão 1.0, CD-ROM.
- Wooster, W. S., A. Bakun e D. R. McLain, 1976: "The seasonal upwelling cycle along the eastern boundary of the North Atlantic". *Journal of Marine Research*, **34** (2): 131-141.
- Wunsch, C., 1981: "Low-frequency variability of the sea". Em "Evolution in Physical Oceanography", B. A. Warren e C. Wunsch (eds.), MIT Press: 342-374.
- Wunsch, C., 1983: "Western North Atlantic interior". Em "Eddies in marine science", A. R. Robinson (ed.), Springer-Verlag: 46-65.

- Zenk, W., 1970: "On the temperature and salinity structure of the Mediterranean water in the Northeast Atlantic". *Deep-Sea Research*, **17**: 627-631.
- Zenk, W. e L. Müller, 1988: "Seven-year current meter record in the Eastern North Atlantic". *Deep-Sea Research*, **35** (8): 1259-1268.
- Zenk, W. e L. Armi, 1990: "The complex spreading pattern of Mediterranean Water off the Portuguese continental slope". *Deep-Sea Research*, **37** (12): 1805-1823.
- Zenk, W., K. S. Tokos e O. Boebel, 1992: "New observations of meddy movement south of the Tejo Plateau". *Geophysical Research Letters*, **19** (24): 2389-2392.

