

DL 15.FEV2001*190906

Maria Raquel de Assunção Gonçalves Machás

**Análise isotópica da cadeia trófica da Ria Formosa:
contribuição relativa dos produtores primários**

**Dissertação apresentada à
Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade de Coimbra
para obtenção do grau de
Mestre em Ecologia**

Universidade de Coimbra

1999



RESUMO

O presente estudo teve como objectivo genérico detectar as principais fontes de matéria orgânica disponível para os macroconsumidores da Ria Formosa, testando o método de análise da abundância natural de isótopos estáveis (carbono, enxofre e azoto) em conjugação com determinações da matéria particulada em suspensão (MPS), da matéria orgânica particulada (MOP) e da clorofila a (Cl a).

O trabalho foi efectuado no canal de Faro, desde a Barra de Faro até ao Ramalhete, e compreendeu duas partes: um estudo preliminar, onde se averiguou se existia um gradiente na distribuição espacial das fontes de matéria orgânica e o estudo propriamente dito, a avaliação da variação espaço-temporal da contribuição relativa das fontes de matéria orgânica.

O estudo preliminar consistiu na estimação dos valores da MPS, MOP e Cl a, e análise dos valores isotópicos da MOP, de produtores primários e *Mytilus galloprovincialis*, no Inverno de 1996. Visto que foi confirmada a existência de um gradiente, no Verão de 1996 e Inverno de 1997 averiguou-se a variação espaço-temporal dos valores da MPS, MOP e Cl a e os valores isotópicos da MOP, produtores primários e consumidores seleccionados.

Os dados permitiram concluir que as fontes de matéria orgânica disponíveis na coluna de água variam do exterior para o interior do canal de Faro. A MOP é constituída por uma mistura balanceada das fontes de matéria orgânica ao longo do canal, com uma aparente maior contribuição das Ulvales, nas estações exteriores, e uma maior contribuição relativa dos microfitobentos e *Spartina maritima* nas estações interiores. *Sarcocornia perennis* e/ou *Bostrychia scorpioides* são importantes constituintes da MOP em toda a lagoa. A contribuição relativa destas fontes não varia no Verão e no Inverno. Contudo no Inverno verifica-se um aumento proporcional da contribuição relativa dos produtores primários. *M. galloprovincialis* e *Ruditapes decussatus* filtram selectivamente a MOP, com uma menor contribuição ou exclusão do material empobrecido em ^{13}C (possivelmente, *S. perennis*), ^{34}S (provavelmente a pirite) e ^{15}N (material que não detectado).

Adicionalmente verificou-se que os valores isotópicos confirmam que a dieta alimentar de *Phalacrocorax carbo* (corvo marinho) é constituída principalmente por *Atherina presbyter* (peixe-rei) e que este é zooplactívoro; os valores de $\delta^{34}\text{S}$ de *Halobatrachus didactylus* (charroco) e *Dicentrarchus labrax* (robalo) indicam uma dieta baseada em organismos bentónicos. *D. labrax* é um consumidor de topo da cadeia trófica da Ria Formosa.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. ISÓTOPOS ESTÁVEIS	5
2.1. MARCADORES EM ECOSISTEMAS COSTEIROS	5
2.2. ASSINATURAS ISOTÓPICAS	6
3. CARACTERIZAÇÃO DA RIA FORMOSA	11
3.1. ASPECTOS GERAIS	11
3.2. CONDIÇÕES CLIMATÉRICAS	13
3.3. MARÉS	13
3.4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICAS	14
3.5. COMUNIDADE VEGETAL DA RIA FORMOSA	14
3.5.1. Macrófitas	14
3.5.2. Microalgas bentônicas	16
3.5.3. Fitoplâncton	16
3.6. CONSUMIDORES DA RIA FORMOSA	16
3.7. IMPORTÂNCIA ECONÓMICA	19
4. CONTRIBUIÇÃO RELATIVA DOS PRODUTORES PRIMÁRIOS AO LONGO DO CANAL DE FARO	20
4.1. MÉTODOS	20
4.1.1. Amostragem	20
4.1.2. Determinação da Clorofila a	21
4.1.3. Determinação da MPS e MOP	21
4.1.4. Isótopos estáveis	22
4.1.4.1. Preparação das amostras	22
4.1.4.2. Análise das amostras	23
4.2. RESULTADOS	24
4.3. DISCUSSÃO	29
5. VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA CONTRIBUIÇÃO RELATIVA DOS PRODUTORES PRIMÁRIOS AO LONGO DO CANAL DE FARO	31
5.1. MÉTODOS	31
5.1.1. Amostragem	31
5.1.2. Análise qualitativa e quantitativa do fitoplâncton	33
5.1.3. Isótopos estáveis	34
5.1.4. Análise dos dados	35
5.2. RESULTADOS	36
5.2.1. MPS, MOP, Cl a e razão Cl a /MOP	36
5.2.2. Valores isotópicos dos produtores primários	40
5.2.3. Valores isotópicos da MOP e bivalves	46
5.2.4. Relações entre os valores isotópicos dos produtores primários, MOP e consumidores	52
5.2.5. Análise do fitoplâncton	60
5.3. DISCUSSÃO	63
5.3.1. Valores isotópicos dos produtores primários	63
5.3.2. Contribuição relativa dos produtores primários para a matéria particulada	66
5.3.2.1. Variações espaciais	66
5.3.2.2. Variações temporais	67
5.3.2.3. Variações com a maré	67
5.3.3. Relações entre os produtores primários, MOP e consumidores	68
6. CONCLUSÕES	70
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁGUAS, M. (1986). Simulação da circulação hidrodinâmica na Ria Formosa. In: *Os Sistemas Lagunares do algarve*. Universidade do Algarve, Faro. *Algarve* 2: 78-90.
- ANDRADE, C.F. (1990a). O ambiente barreira da Ria Formosa (Algarve-Portugal). *Tese de Doutoramento*. Universidade de Lisboa, 644 pp.
- ANDRADE, J.P. (1990b). A importância da Ria Formosa no ciclo biológico de *Solea senegalensis* (Kaup, 1858), *Solea vulgaris* (Quensel, 1806), *Solea lascaris* (Risso, 1810) e *Microchirus azevia* (Capelo, 1868). *Tese de Doutoramento*. Universidade do Algarve, 410 pp.
- ANDRADE, J.P.; CANÁRIO, A.; COSTA-MONTEIRO, C. (1984). A gestão dos recursos marinhos e a colaboração entre a UAl e o INIP. *3º Congresso Nacional sobre o Algarve*. 2: 373-391.
- ANDRADE, J.P.; ERZINI, K.; PALMA, J. (1996). Gastric evacuation and feeding in the gilthead sea bream reared under semi-intensive conditions. *Aquaculture International*. 4: 129-141.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAM WATER WORKS ASSOCIATION AND WATER ENVIRONMENT FEDERATION (1985). *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 16th ed. Greenberg, A.E.; Clesceri, L.S.; Eaton, A.D. (Eds.), Maryland, U.S.A, 1268 pp.
- ARAVENA, R.; EVANS, M.L.; CHERRY, J.A. (1993). Stable isotopes of oxygen and nitrogen in source identification of nitrate from septic systems. *Ground Water*. 31(2): 180-186.
- ASSIS, M.; SAMPAYO, A.; VILELA, M. (1984). Ria de Faro-Olhão. I-Pigmentos e Formas Planctónicas Predominantes. *Cuad. Are Cienc. Mariñas. Sem. Estudos Galegos*. 1: 217-236.
- BRÖCKEL, K. (1990). A biologia da Ria Formosa: o ciclo do oxigénio e dos nutrientes e seu significado para as águas costeiras adjacentes. *7º Congresso do Algarve*. Edições Racal Clube, Silves. 1: 385-393.
- BROTAS, V.; AMORIM-FERREIRA, A.; VALE, C. CATARINO, F. (1990). Oxygen profiles in intertidal sediments of Ria Formosa (S. Portugal). *Hydrobiologia*. 207: 123-129.
- CALVÁRIO, J. (1996). Estrutura e dinâmica das comunidades macrobentónicas. *Tese de doutoramento*. Universidade do Algarve, 337 pp.
- CARDOSO, A.C.; SPRUNG, M. (1993). Decapod larvae in the Ria Formosa. *Bol. Uca. U. Algarve*. 1: 463-466.
- CARLSON P.R.; FORREST J. (1982). Uptake of dissolved sulfide by *Spartina alterniflora*: evidence from natural sulfur isotope abundance ratios. *Science*. 216:633-635.
- CCRA (1984). Programa de ordenamento e desenvolvimento da Ria Formosa. *Documento de trabalho da Comissão de Coordenação da Região do Algarve*, 126 pp.
- CLOERN, J.E. (1996). Phytoplankton bloom dynamics in coastal ecosystems: a review with some general lessons from sustained investigation of San Francisco Bay, California. *Reviews of Geophysics*. 34(2): 127-168.
- CUNHA, A.P.M.H. (1994). Aplicação das técnicas de reconstrução ao estudo da dinâmica populacional de *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson. *Dissertação apresentada à*

- Universidade do Algarve para a obtenção do grau de Mestre em estudos Marinhos e Costeiros na especialidade de Gestão Costeira*. Universidade do Algarve, 99 pp.
- CUNHA, F.R. (1983). O ambiente climático no conjunto de Portugal Continental. In: Anónimo (Ed.). *O Papel da Universidade no Processo de Regionalização e de Desenvolvimento Regional*. Universidade do Algarve, Faro. 169-188.
- CURRIN, C.A.; NEWELL, S.Y.; PAERL, H.W. (1995). The role of standing dead *Spartina alterniflora* and benthic microalgae in salt marsh food webs: considerations based on multiple stable isotope analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 121: 99-116.
- DEEGAN L.A.; GARRITT, R.H.(1997). Evidence for spatial variability in estuarine food webs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 147: 31-47.
- DIRECÇÃO GERAL DO ORDENAMENTO (DGO) (1985). Contribuição para o estudo da hidrodinâmica da Ria Formosa. Rel. RF/85/2H (Área de Faro-Olhão). Dir. Ger. Ordenamento, 19 pp.
- DODGE, J.D.C.(1982). *Marine Dinoflagellates of the British Isles*. Her Majesty's Stationery Office, London, 283 pp.
- DORNBLASER, M.; GIBLIN, A.E.; FRY, B.; PETERSON, B.J. (1984). Effects of sulfate concentration in the overlying water on sulfate reduction and sulfur storage in lake sediments. *Biogeochemistry*. 24: 129-144.
- FALCÃO, M. (1988). Alguns aspectos químicos, físicos e biológicos da zona lagunar Ria Formosa. *5º Congresso do Algarve*. 1(2): 699-705.
- FALCÃO, M.; VALE, C. (1990). Study of the Ria Formosa ecosystem: benthic nutrient remineralization and tidal variability of nutrients in the water. *Hydrobiologia*. 207: 137-146.
- FALCÃO, M.; PISSARA, J.; CAVACO, M. (1985). Características físicas e químicas da Ria de Faro-Olhão: 1984. *Relatório Técnico do Instituto Nacional de Investigação das Pescas*. 61: 1-24.
- FRANCE, R.; CHANDLER, M.; PETERS, R. (1998). Mapping trophic continua of benthic foodwebs: body size- $\delta^{15}\text{N}$ relationships. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 174: 301-306.
- FRY, B.; SHERR, E.F.(1984). $\delta^{13}\text{C}$ Measurements as indicators of carbon flow in marine and freshwater ecosystems. *Contr. Mar. Scien.* 27: 13-47.
- FRY, B.; BRAND, W.; MERSCH, F.J.; THOLKE, K.; GARRITT, R. (1992). Automated analysis system for coupled $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ measurements American. *Chemical Society*. 64 (3): 288-291.
- GODLEY, B.J.; THOMPSON, D.R.; WALDRON, S.; FURNESS, R.W. (1998). The trophic status of marine turtles as determined by stable isotope analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 166: 277-284.
- GRADE, N.J.S. (1996). Ecologia alimentar e efectivo invernante do corvo-marinho-de-faces-brancas, *Phalacrocorax carbo*, no Parque Natural da Ria Formosa – Interacções com as pisciculturas intensivas e semi-intensivas. *Relatório de Estágio da Licenciatura em Biologia Marinha e Pescas*, 54 pp.
- GRANJA, H.; FRIDEFOND, J.M.; PERA, T. (1984). Processus d'évolution morphosedimentaire de la Ria Formosa. *Bulletin de l'Institut de Geologie du Bassin d'Aquitaine*. 36:37-50.
- HAINES, E.B; MONTAGUE, C.L. (1979). Food sources of estuarine invertebrates analyzed using $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ Ratios. *Ecol.* 60 (1): 48-56.

- HANDLEY, L.L.; RAVEN, J.A. (1992). The use of natural abundance of nitrogen isotopes in plant physiology and ecology. *Plant. Cell and Environment*. 15: 965-985.
- HASLE, G.R. (1978). The inverted-microscope method. In: Sournia, A. (Eds.). *Phytoplankton Manual*. Unesco, Paris: 88-96.
- HASLE, G.R.; SYVERTSEN, E.; STEIDINGER, K.A.; TANGEN, K. (1996). In: TOMAS, C.R. (Ed.). *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. 598 pp. Academic Press, Inc.
- HOWARTH, R.W. (1984). The ecological significance of sulfur in the energy dynamics of salt marsh and marine sediments. *Biogeochemistry*. 1: 5-27.
- HUMM, H.J.; WICKS, S.R. (s/d). *Introduction and Guide to the Marine Bluegreen Algae*. John Wiley and Sons, 194 pp.
- HUSTEDT, F. (1977a). *Krytogamen-Flora – Band VII- Die Kiessselalgen. – 1. Teil*. Rabennhorst's, L. (Ed.). Otto Koeltz Science Publishers. Bremen. West germany. 920 pp.
- HUSTEDT, F. (1977b). *Krytogamen-Flora – Band VII- Die Kiessselalgen. – 2. Teil*. Rabennhorst's, L. (Ed.). Otto Koeltz Science Publishers. Bremen. West germany. 845 pp.
- JOHNSTON, A. M.; RAVEN, J.A. (1992). Effect of aeration rates on growth rates and natural abundance $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratio of *Phaeodactylum tricornutum*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 87: 295-300.
- LAJTHA, K.; MARSHALL, J.D. (1994). Sources of variation in the stable isotopic composition of plants. In: LAJTHA, K.; MICHENER, R.H. (Eds.). *Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science*. 316 pp.. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 1-21.
- LAJTHA, K.; MICHENER, R.H. (1994). *Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science*. Blackwell Scientific Publications, 316 pp.
- LIMA, C.; VALE, C. (1980). Alguns dados fisico-químicos e bacteriológicos sobre a Ria Formosa. *Boletim do Instituto Nacional de Investigação das Pescas*. 3: 5-26.
- LORENZEN, C.J. (1967). Determination of chlrophylland pheo-pigments: spectrophotometric equations. *Oceanogra*. 12: 343-346.
- LUND, J.W.G.; KIPLING, C.; LECREN, E.D. (1958). The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiol.* 11 (2): 143-170.
- MABERLY, S.C.; RAVEN, J.A.; JOHNSTON, A.M. (1992). Discrimination between ^{12}C and ^{13}C by marine plants. *Oecologia*. 91: 481-492.
- MACHÁS, R.; Deegan, A.; Peterson, J.; Hughes, E. (1997). "Nitrogen Source Among Estuarine Zooplankton As Revealed by a ^{15}N Tracer Experiment: Different Nitrogen Turnover Rates, Or Different Diets?. *ERF'97 meeting*. Providence, Rhode Island, EUA. (poster).
- MAUSSETH, J.D. (1991). *Botany An introduction to plant biology*. Saunders College Publishing: 239-271.
- MICHENER, R.H.; SCHELL, D.M. (1994). Stable isotope ratios as traces in marine aquatic food webs. In: LAJTHA, K.; MICHENER, R.H. (Eds.). *Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science*. pp. 316. Blackwell Sci. Publ., Oxford: 138-157.

- MONTAGUE, C.L.; BUNKER, S.M.; HAINES, E.B.; PACE, M.L.; WETZEL, R.L. (1981). Aquatic macroconsumers. In: L.R. POMEROY AND R.G. WIEGERT (Eds.). *The ecology of a Salt Marsh*. Springer-Verlag, New York: 69-85.
- MORAIS, A.; CARVALHO, C. (1992). A pesca no Algarve: principais números. 7º *Congresso do Algarve*. Edições Racal Clube, Silves. 1: 419-430.
- MUZAVOR, S.; ARRUDA, L.M.; ANDRADE, J.P. (1993). Roteiro ecológico da Ria Formosa, II-Peixes. *Algarve em Foco*. 167 pp.
- NEVES, R.J.J.; LEITÃO, J.C.; COELHO H. (1994). Ria de Faro. Modelação matemática da hidrodinâmica. Validação do modelo-Tomo 1. *Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico*, 25 pp.
- NUNES, M. C. (1984). Ria de Faro-Olhão. II Estudo bacteriológico das águas (Maio 1972 - Maio 1973). *Cuad. Área Cienc. Mariñas Sem. Estudos Galegos*. 1: 357-364.
- ODUM, E.P. (1993). *Ecology and our endangered life-support systems*. 2nd Ed., Sunderland: Sinauer Associates, 301 pp.
- PERA, M. T. (1986). Algumas considerações sobre o sistema lagunar algarvio. In: Anónimo (Ed.). *Sistemas Lagunares do Algarve*. Universidade do Algarve, Faro. 18-211.
- PETERSON, B.J. (1999). Stable isotopes as tracers of organic matter input and transfer in benthic food webs. *Acta Oecologica*. 20 (4): 479-487.
- PETERSON, B.J.; FRY, B. (1987). Stable isotopes in ecosystem studies. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 18: 293-320.
- PETERSON, B.J.; HOWARTH, R.W. (1987). Sulfur, carbon, and nitrogen isotopes used to trace organic matter flow in the Salt-Marsh Estuaries of Sapelo Island, Georgia. *Limnol. Oceanogr.* 32 (6): 1195-1213.
- PETERSON, B.J.; HOWARTH, R.W.; GARRITT, R.H. (1985). Multiple stable isotopes used to trace the flow of organic matter flow in estuarine food webs. *Science*. 227: 1361-1363
- PETERSON, B.J.; HOWARTH, R.W.; GARRITT, R.H. (1986). Sulfur and carbon isotopes as tracers of salt marsh organic matter flow.. *Ecol.* 67: 865-874.
- RAU G.R.; MESARNS, A.J.; YOUNG, D.R.; OLSON, R.J.; SCHAFER, H.A.; KAPLAN, I.R. (1983). Animal ¹³C/¹²C correlates with trophic level in pelagic food webs. *Ecology*. 64: 1314-1318.
- ROBINSON, D.; HANDLEY, L.L.; SCRIMGEOUR, C.M. (1998). A theory for ¹⁵N/¹⁴N fractionation in nitrate-grown vascular plants. *Planta*. 205: 397-406.
- RUSSEL (1982). *Química geral*. Mcgraw-Hill do Brasil Ltda., 899 pp.
- SOURNIA, A. (1986). Atlas du Phytoplancton Marin. Introduction, *Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées et Raphidophycées*. Centre national de la recherche scientifique, 219 pp.
- SPRUNG, M. (1994a). Macrobenthic secondary production in the intertidal zone of the Ria Formosa-a lagoon in Southern Portugal. *Estuar. Coast. Shel. Scien.* 38: 539-558.
- SPRUNG, M. (1994b). High larval abundances in the Ria Formosa (Southern Portugal) - methodological or local effect? *Journal of Plankton Research*. 16: 151-160.
- STEPHENSON, R.L.; TAN, F.C.; MANN, K.H. (1984). Stable carbon isotope variability in marine macrophytes and its implications for food web studies. *Marine Biology*. 81: 223-230.

- STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS T.R. (1968). A practical hand book of seawater analysis. *Fisheries Research Board of Canada*. **167**: 311pp.
- STRIBLING, J.M.; Cornwell, J.C.; Currin, C.(1998). Variability of stable sulfur isotopic ratios in *Spartina alterniflora*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **166**: 73-81.
- SULLIVAN, M.J; MONCREIFF, C.A. (1990). Edaphic algae are an important component of salt marsh food-webs: evidence from multiple stable isotope analyses. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **62** (1-2): 149-159.
- TEIXEIRA, A.J.S.; ALVIM, A.J. (1978). Reconhecimento dos sapais da Ria de Faro. *Pedologia*. **13** (1): 69-109.
- TOMAS, C.R. (1997). *Identifying marine phytoplankton*. Academic Press, California, 858 pp.
- THOMAS, C.J.; CAHOON, L.B. (1993). Stable isotope analyses differentiate between different trophic pathways supporting rocky-reef fishes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **95**: 19-24.
- WADA, E.; MIZUTANI, H.; MINAGAWA, M. (1991). The use of stable isotopes for food web analysis. *Crit. Rev.Food Sci. Nutr.* **30**: 361-371.
- WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. (1991). *Limnological Analysis*. (2nd Edition), Springer-Verlag, New York. pp.
- WOLFRATH, B. (1992). Field experiments on feeding of European fiddler crab *Uca tangeri*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **90**: 39-43.
- VALDÉS, B.; TALAVERA, S.; FERNÁNDEZ-GALIANO (1987). *Flora Vascular de Andalucía Occidental*. Ketres Editora, S.A., Barcelona.
- VALIELA, I. (1995). *Marine ecological processes*. 2nd Ed., Springer-Verlag New York, Inc., 686 pp.
- VILELA, H.(1950). Vida Bentónica de *Tapes decussatus* (L.). *Sep. Arq. Mus. Boc.* **XXI**:1-120.