

**Catarina Schreck Carmo dos Reis**

**MONITORIZAÇÃO DE *Ammophila arenaria* (L.) Link  
EM ECOSISTEMAS DUNARES PORTUGUESES**

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



**Coimbra, 2000**

---

## RESUMO

As zonas costeiras, e em particular os ecossistemas dunares, encontram-se na sua maioria muito degradados em consequência da pressão humana e da aceleração dos processos de erosão. Em Portugal, a forma mais utilizada para combater o avanço do mar, nem sempre tem sido a mais adequada, obrigando frequentemente ao recurso a obras de engenharia, que, quando analisadas a longo prazo, se revelam ineficazes, transferindo para jusante o problema da erosão. São por isso urgentes, estudos que visem a preservação e recuperação destes ecossistemas, recorrendo à plantação de espécies vegetais autóctones, que, através da sua enorme capacidade de retenção de areia e fixação dunar, conseguem formar uma barreira eficaz a longo termo contra a erosão.

A incomparável capacidade de fixação de areia e formação de dunas de *Ammophila arenaria* (L.) Link prende-se com o facto de possuir um abundante sistema de raízes e rizomas que atinge considerável profundidade, e ainda pelo seu crescimento vertical ser estimulado pela deposição de areia, fazendo com que seja a única espécie presente em áreas abertas de dunas móveis. A vasta distribuição geográfica de *Ammophila arenaria* ao longo de toda a costa europeia sob condições climáticas tão distintas, reflecte uma grande amplitude ecológica. Em Portugal, poucos têm sido os estudos realizados sobre esta espécie, embora ela seja dominante nas dunas de todo o país.

Este trabalho pretende ser um contributo para o conhecimento de *Ammophila arenaria* em ecossistemas dunares portugueses, da distribuição das populações desta espécie e do seu comportamento face ao gradiente climático que se faz sentir de norte a sul do país. Para tal, efectuou-se a monitorização da espécie, face a vários parâmetros morfológicos e fisiológicos (taxa de crescimento, número de folhas, floração, análise de nutrientes, entre outros), em sete sistemas dunares ao longo da costa portuguesa, bem como a realização de duas experiências, uma em laboratório e outra em campo, por forma a verificar os dados obtidos no trabalho de monitorização.

Os resultados obtidos no trabalho de monitorização permitiram verificar a existência de diferenças significativas em praticamente todos os parâmetros analisados, não só ao nível

das populações em estudo, como também dos próprios sistemas. A experiência realizada em laboratório leva a pressupor a variabilidade genética entre as populações em estudo, uma vez que estas apresentam diferenças a vários níveis do crescimento em condições semelhantes e controladas. Por outro lado, a experiência de transplantação recíproca parece indicar que as plantas menos vigorosas podem rejuvenescer, quando submetidas a condições favoráveis, como a acumulação de areia. A variabilidade genética, analisada em indivíduos de *Ammophila arenaria* das sete populações em estudo foi posteriormente confirmada, necessitando no entanto de estudos mais aprofundados.

A selecção de genótipos de *Ammophila arenaria* mais eficazes na fixação e estabilização de dunas conduzirá a uma protecção e gestão mais eficaz dos ecossistemas dunares, que se pode assim efectuar de uma forma económica, duradoura, estética e com mínimo impacte ambiental.

**ÍNDICE**

	Página
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. Sistemas dunares .....	3
1.2. Vegetação dunar .....	4
1.3. <i>Ammophila arenaria</i> .....	5
1.3.1. Distribuição geográfica .....	5
1.3.2. Espécie congénere e sub-espécies .....	6
1.3.3. Caracterização .....	7
1.3.3.1. Formação de dunas .....	9
1.3.3.2. Ciclo de vida .....	9
1.3.4. "O problema de <i>Ammophila</i> " .....	11
1.4. Importância de <i>A. arenaria</i> para o controlo da erosão costeira .....	13
1.5. Objectivos .....	15
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	17
2.1. Trabalho de campo .....	19
2.1.1. Locais de estudo .....	19
2.1.1.1. Caracterização climática dos locais de estudo .....	23
2.1.2. Monitorização .....	25
2.1.2.1. Parâmetros medidos nas plantas .....	26
2.1.2.2. Parâmetros medidos nas parcelas .....	26
2.1.3. Recolha de material .....	28
2.2. Trabalho de laboratório .....	28
2.2.1. Preparação de material para análises .....	28
2.2.2. Análises de solo .....	29
2.2.2.1. pH .....	29
2.2.2.2. Matéria orgânica .....	29
2.2.2.3. Granulometria .....	29
2.2.2.4. Azoto total .....	29
2.2.2.5. Fósforo .....	30
2.2.2.6. Potássio .....	30
2.2.3. Análises de material vegetal .....	30
2.2.3.1. Azoto total .....	30
2.2.3.2. Fósforo .....	30
2.2.3.3. Potássio .....	31
2.3. Trabalho experimental .....	31
2.3.1. Acumulação de areia .....	31
2.3.2. Transplante .....	34
2.4. Análise estatística .....	36
<b>3. RESULTADOS</b> .....	37
3.1. Monitorização .....	39
3.1.1. Parâmetros medidos nas plantas .....	39
3.1.1.1. Número de indivíduos vivos, secos e mortos .....	39
3.1.1.2. Taxa de crescimento .....	40

3.1.1.3. Número de folhas .....	41
3.1.1.4. Floração .....	42
3.1.2. Parâmetros medidos nas parcelas .....	43
3.1.2.1. Número de indivíduos .....	43
3.1.2.2. Número de outras espécies .....	44
3.1.2.3. Nível de areia .....	45
3.1.3. Interação entre alguns parâmetros .....	46
3.2. Laboratório .....	46
3.2.1. Análises de solo .....	46
3.2.1.1. pH .....	46
3.2.1.2. Matéria orgânica .....	47
3.2.1.3. Granulometria .....	48
3.2.1.4. Azoto total .....	49
3.2.1.5. Fósforo .....	49
3.2.1.6. Potássio .....	50
3.2.2. Análises de material vegetal .....	51
3.2.2.1. Biomassa .....	51
3.2.2.2. Azoto total .....	53
3.2.2.3. Fósforo .....	54
3.2.2.4. Potássio .....	55
3.3. Experiências .....	56
3.3.1. Acumulação de areia .....	56
3.3.1.1. Número de indivíduos final .....	56
3.3.1.2. Taxa de crescimento .....	57
3.3.1.3. Número de folhas .....	58
3.3.1.4. Floração .....	59
3.3.1.5. Análises de solo .....	60
3.3.2. Transplante .....	61
<b>4. DISCUSSÃO .....</b>	<b>65</b>
4.1. Monitorização .....	67
4.1.1. Parâmetros medidos nas plantas .....	67
4.1.2. Parâmetros medidos nas parcelas .....	68
4.1.3. Interação entre alguns parâmetros .....	69
4.2. Laboratório .....	69
4.2.1. Análises de solo .....	69
4.2.2. Análises de material vegetal .....	71
4.3. Experiências .....	71
4.3.1. Acumulação de areia .....	71
4.3.2. Transplante .....	72
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>75</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>79</b>

- Alves, J.M.S., Santo, M.D.E., Costa, J.C., Gonçalves, J.H.C. & Louçã, M.F. (1998) *Habitats Naturais e Semi Naturais de Portugal Continental*. Instituto de Conservação da Natureza. Lisboa, 167 pp.
- Braun-Blanquet, J.; Braun-Blanquet, G.; Rozeiro, A. & Pinto da Silva, A.R. (1972) Résultats de trois excursions géobotaniques à travers de Portugal septentrional et moyen. IV Esquisse sur vegetation dunale. *Agronomia Lusitana*, 33: 217-234.
- Brown, R.L. (1948) Permanent coastal dune stabilization with grasses and legumes. *Journal of Soil and Water Conservation*, 3 (2): 69-74.
- Carter, R.W. G. (1995) *Coastal environments: An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines*. Academic Press, London, 617 pp.
- Cruz, C. S. (1984) Estruturas dunares litorais em Portugal: Considerações sobre a fitogeodinâmica. *Actas do Colóquio Nacional para a Conservação das Zonas Ribeirinhas*, 1º Volume, 18 (3): 173-205.
- de Rooij-van der Goes, P.C.E.M. (1995) The role of plant-parasitic nematodes and soil-borne fungi in the decline of *Ammophila arenaria* (L.) Link. *New Phytologist*, 129 (4): 661-669.
- de Rooij-van der Goes, P.C.E.M., van der Putten, W.H. & Peters, B.A.M. (1995) Effects of sand deposition on the interaction between *Ammophila arenaria*, plant-parasitic nematodes, and pathogenic fungi. *Canadian Journal of Botany*, 73: 1141-1150.
- Dewhurst, D. (1999) Coastal Issues - Texas General Land Office. [Online] Available from: <http://www.glo.state.tx.us/coastal/duneguide>
- Disraeli, D.J. (1984) The effect of sand deposits on the growth and morphology of *Ammophila breviligulata*. *Journal of Ecology*, 72: 145-154.
- Eldred, R.A. & Maun, M.A. (1982) A multivariate approach to the problem of decline in vigour of *Ammophila*. *Canadian Journal of Botany*, 60: 1371-1380.
- Ernst, W.H.O., van Duin, W.E. & Oolbekking, G.T. (1984) Vesicular-arbuscular mycorrhiza in dune vegetation. *Acta Botanica Neerlandica*, 33 (2): 151-160.
- Fernandes, J.J. & Neves, M.R. (1997) The impact of tourism on the sand dune system of Ria Formosa Natural Park: the case of Ancão Peninsula. in *The Ecology and Conservation of European Dunes*. Universidad de Sevilla: 321-333.
- Fernández Prieto, J. A., Fernández-Carvajal, C. & Aedo, C. (1987) El género *Ammophila* Host en las costas europeas y norteafricanas. *Candollea*, 42: 399-410.
- Franco, J.A. & Afonso, M.L.R. (1998) *Nova Flora de Portugal (Continente e Açores) Volume III (Fascículo II): Gramineae*. Escolar Editora, Lisboa, 283pp.
- Freitas, H.O. & Leitão, M.T. (1989) As Dunas da Murteira: contribuição para o estudo ecológico e fitossociológico dos ecossistemas dunares. *Boletim da Sociedade Broteriana*, 62, 2ª Série: 139-153.
- Gadgil, R.L. & Ede, F.J. (1998) Application of scientific principles to sand dune stabilization in New Zealand: past and future needs. *Land Degradation & Development*, 9: 131-142.

- Granja, H.M. (1995) Some examples of inappropriate coastal management practice in Northwest Portugal. *Directions in European Coastal Management*. Healy and Doody Eds., Samara Publishing Limited, Cardigan: 541-546.
- Granja, H.M. (1997) Bad practice in the coastal zone of Portugal: coastal dynamics and management. *Coastline*, 2: 16-17.
- Granja, H.M. & Carvalho, G.S. (1995) Is the coastline "Protection" of Portugal by hard engineering structures effective? *Journal of Coastal Research*, 11 (1): 1229-1241.
- Hassouna, M.G. & Wareing, P.F. (1964) Possible role of rhizosphere bacteria in the nitrogen nutrition of *Ammophila arenaria*. *Nature*, 202: 467-469.
- Henriques, P.C. (1994) *Dunas de S. Jacinto: Reserva Natural*. Instituto de Conservação da Natureza, Lisboa, 16 pp.
- Hewett, D.G. (1970) The colonization of sand dunes after stabilization with marram grass (*Ammophila arenaria*). *Journal of Ecology*, 58: 653-668.
- Hope-Simpson, J.F. & Jefferies, R.L. (1966) Observation relating to vigour and debility in marram grass (*Ammophila arenaria* (L.) Link.). *Journal of Ecology*, 54 (1): 271-274.
- Huiskes, A.H.L. (1977) The natural establishment of *Ammophila arenaria* from seed. *Oikos*, 29: 133-136.
- Huiskes, A.H.L. (1979) Biological flora of the British Isles. *Ammophila arenaria* (L.) Link (*Psamma arenaria* (L.) Roem. et Schult.; *Calamagrostis arenaria* (L.) Roth). *Journal of Ecology*, 67: 363-382.
- Huiskes, A.H.L. & Harper, J.L. (1979) The demography of leaves and tillers of *Ammophila arenaria* in a dune sere. *Ecology Plantarum*, 14 (4): 435-446.
- Koske, R.E. & Halvorson, W.H. (1981) Ecological studies of vesicular-arbuscular mycorrhizae in a barrier sand dune. *Canadian Journal of Botany*, 59: 1413-1422.
- Koske, R.E. & Gemma, J.N. (1997) Mycorrhizae and succession in plantings of beachgrass in sand dunes. *American Journal of Botany*, 84 (1): 118-130.
- Krajnyk, I. & Maun, M.A. (1981) Vegetative reproduction in the juvenile phase of *Ammophila breviligulata*. *Canadian Journal of Botany*, 59: 883-892.
- Laing, C.C. (1958) Studies in the ecology of *Ammophila breviligulata*. I. Seedling survival and its relation to population increase and dispersal. *Botanical Gazette*, 119: 208-216.
- Laing, C.C. (1967) The ecology of *Ammophila breviligulata*. II. Genetic change as a factor in population decline on stable dunes. *The American Midland Naturalist*, 77(2): 495-500.
- Little, L.R. & Maun, M.A. (1996) The "Ammophila problem" revisited: a role for mycorrhizal fungi. *Journal of Ecology*, 84: 1-7.
- Marshall, J.K. (1965) *Corynephorus canescens* (L.) P. Beauv. as a model for the *Ammophila* problem. *Journal of Ecology*, 53: 447-463.
- Mata, L. & Santos, R. (1999) Estudo da variabilidade genética de *Ammophila arenaria* da costa portuguesa. 4º Encontro Nacional de Ecologia, Sociedade Portuguesa de Ecologia: 22.

- Maun, M.A. (1985) Population biology of *Ammophila breviligulata* and *Calamovilfa longifolia* on Lake Huron sand dunes. I. Habitat, growth form, reproduction, and establishment. *Canadian Journal of Botany*, 63: 113-124.
- Maun, M. A. (1994) Adaptations enhancing survival and establishment of seedlings on coastal dune systems. *Vegetatio*, 11: 59-70.
- Maun, M.A. (1998) Adaptations of plants to burial in coastal sand dunes. *Canadian Journal of Botany*, 76: 713-738.
- Maun, M.A. & Baye, P.R. (1989) The Ecology of *Ammophila breviligulata* Fern. on coastal dune systems. *CRC Critical Reviews in Aquatic Sciences*, 1 (4): 661-681.
- Maun, M.A. & Lapierre, J. (1984) The effects of burial by sand on *Ammophila breviligulata*. *Journal of Ecology*, 72: 827-839.
- Moore, P.D. (1982) Struggles among the dunes. *Nature*, 296, 805-806.
- Moser, U.S.; Sutherland, W.H. & Black, C.A. (1959) Evaluation of laboratory indexes of absorption of soil phosphorus by plants: I. *Plant and Soil* X (4): 356-374.
- Neto, C.S. (1993) A Flora e a Vegetação das Dunas de S. Jacinto. *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia*, XXVIII (55-56): 101-148.
- Novozamsky, I., Houba, V.J.G., van Eck, R. & van Vark, W. (1983) A novel digestion technique for multi-element plant analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 14: 239-248.
- Nunes, M., Oliveira, M. & Reis, C. (1998) A Direcção Regional do Ambiente do Centro e a revegetação dunar: um exemplo de uma intervenção integrada. *Seminário sobre Dunas da Zona Costeira de Portugal*, Eurocoast: 205-211.
- Odum, E.P. (1971) *Fundamentos de Ecologia*, 4ª Edição. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 927 pp.
- Olafson, A. (1997) Stabilization of coastal dunes with vegetation. [Online] Available from: <http://www.hort.agri.umn.edu/h5015/97papers/olafson>
- Olsen, S.R. & Sommers, L.E. (1982) Phosphorus. In *Methods of soil analysis, part 2: Chemical and Microbiological properties*. A.L. Eds. American Society of Agronomy, Madison, WI: 403-430.
- Pizzey, J.M. (1975) Assessment of dune stabilisation at Camber, Sussex, using air photographs. *Biological Conservation*, 7: 275-288.
- Ranwell, D. (1959) Newborough Warren, Anglesey. I. The dune system and dune slack habitat. *Journal of Ecology*, 47 (3): 571-601.
- Salisbury, E. (1952) *Downs & Dunes: Their plant life and its environment*. G. Bell & Sons, Ltd., London, 328 pp.
- Seliskar, D.M. (1992) Response of *Ammophila breviligulata* to acid rain and low soil pH. *Water, Air and Soil Pollution*. 63: 295-303.
- Seliskar, D.M. (1994) The effect of accelerated sand accretion on growth, carbohydrate reserves, and ethylene production in *Ammophila breviligulata* (Poaceae). *American Journal of Botany*, 81 (5): 536-541.



- Seliskar, D.M. (1995) Coastal dune restoration: a strategy for alleviating dieout of *Ammophila breviligulata*. *Restoration Ecology*, 3 (1): 54-60.
- Seneca, E.D. & Cooper, A.W. (1971) Germination and seedling response to temperature, daylength and salinity by *Ammophila breviligulata* from Michigan and North Carolina. *Botanical Gazette*, 132(3): 203-215.
- van der Laan, D., van Tongeren, O.F.R., van der Putten, W.H. & Veenbaas, G. (1997) Vegetation development in coastal foredunes in relation to methods of establishing marram grass (*Ammophila arenaria*). *Journal of Coastal Conservation*, 3: 179-190.
- van der Putten, W.H. (1990) Establishment and management of *Ammophila arenaria* (marram grass) on artificial coastal foredunes in the Netherlands. In Davidson-Arnott, R. (Ed.) *Proceedings Canadian Symposium on Coastal Sand Dunes*. Associate Committee on Shorelines, National Research Council and Guelph University: 367-387.
- van der Putten, W.H. & Kloosterman, E.H. (1991) Large-scale establishment of *Ammophila arenaria* and quantitative assessment by remote sensing. *Journal of Coastal Research*, 7 (4): 1181-1194.
- van der Putten, W.H. & Peters, B.A.M. (1995) Possibilities for management of coastal foredunes with deteriorated stands of *Ammophila arenaria* (marram grass). *Journal of Coastal Conservation*, 1: 29-39.
- van der Putten, W.H., Maas, P.W.Th., van Gulik, W.J.M. & Brinkman, H. (1990) Characterization of soil organisms involved in the degeneration of *Ammophila arenaria*. *Soil Biology and Biochemistry*, 22 (6): 845-852.
- van der Putten, W.H., van der Werf-Klein Breteler, J.T. & van Dijk, C. (1989) Colonization of the root zone of *Ammophila arenaria* by harmful soil organisms. *Plant and Soil*, 120: 213-223.
- van der Putten, W.H., van Dijk, C. & Peters, B.A.M. (1993) Plant-specific soil-borne diseases contribute to succession in foredune vegetation. *Nature*, 362: 53-56.
- van der Putten, W.H., van Dijk, C. & Troelstra, S.R. (1988) Biotic soil factors affecting the growth and development of *Ammophila arenaria*. *Oecologia*, 76: 313-320.
- Wallén, B. (1980) Changes in structure and function of *Ammophila* during primary succession. *Oikos*, 34: 227-238.
- Willis. A.J. (1965) The influence of mineral nutrients on the growth of *Ammophila arenaria*. *Journal of Ecology*, 53: 735-745.
- Willis. A.J. (1989) Coastal sand dunes as biological systems. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 96B: 17-36.
- Yuan, T., Maun, M.A. & Hopkins, W.G. (1993) Effects of sand accretion on photosynthesis, leaf-water potential and morphology of two dune grasses. *Functional Ecology*, 7: 676-682.
- Zar, J. H. (1996) *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall International, Inc., New Jersey, 662 pp.
- Zoon, F.C., Troelstra, S.R. & Maas, P.W.Th. (1993) Ecology of plant-feeding nematode fauna associated with sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L. ssp. *rhamnoides*) in different stages of dune succession. *Fundamental Applied Nematology*, 16 (3): 247-258.

