

## CAPÍTULO 1 | CHAPTER 1

# A BIODIVERSIDADE TERRESTRE E DULÇAQUÍCOLA DOS ARQUIPÉLAGOS DA MADEIRA E DAS SELVAGENS

## TERRESTRIAL AND FRESHWATER BIODIVERSITY OF THE MADEIRA AND SELVAGENS ARCHIPELAGOS

Paulo A. V. Borges<sup>1</sup>, Cristina Abreu<sup>2</sup>, António Franquinho Aguiar<sup>3</sup>, Palmira Carvalho<sup>4</sup>,  
Susana Fontinha<sup>5</sup>, Roberto Jardim<sup>6</sup>, Ireneia Melo<sup>4</sup>, Paulo Oliveira<sup>5</sup>,  
Miguel Menezes de Sequeira<sup>2</sup>, Cecília Sérgio<sup>4</sup>, Artur R. M. Serrano<sup>7</sup>,  
Manuela Sim-Sim<sup>8</sup> & Paulo Vieira<sup>9</sup>

<sup>1</sup> Universidade dos Açores, Dep. de Ciências Agrárias – CITA-A (Grupo de Biodiversidade dos Açores), Terra-Chã, 9700-851 Angra do Heroísmo, Terceira, Açores, Portugal; e-mail: pborges@uac.pt

<sup>2</sup> Universidade da Madeira, Dep. Biologia/CEM, Alto da Penteada, 9000-390 Funchal, Portugal; e-mail: cristinaabreu@netmadeira.com; sequeira@uma.pt

<sup>3</sup> Núcleo de Entomologia, Laboratório Agrícola da Madeira, Caminho dos Caboucos 61, 9135-372 Camacha, Madeira, Portugal; e-mail: antonioaguiar.sra@gov-madeira.pt

<sup>4</sup> Jardim Botânico, Museu Nacional de História Natural, Universidade de Lisboa, Centro de Biologia Ambiental, R. da Escola Politécnica, 58, 1250-102, Lisboa, Portugal; e-mail: pgcarvalho@fc.ul.pt; mimelo@fc.ul.pt; csergio@fc.ul.pt

<sup>5</sup> Parque Natural da Madeira/CEM, Quinta do Bom Sucesso, Caminho do Meio, 9050-251, Funchal, Madeira, Portugal; e-mail: susana-fontinha.sra@gov-madeira.pt; paulooliveira.sra@gov-madeira.pt

<sup>6</sup> Jardim Botânico da Madeira, Caminho do Meio, 9064-512 Funchal, Portugal; e-mail: robertojardim.sra@gov-madeira.pt

<sup>7</sup> Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Centro de Biologia Ambiental, Departamento de Biologia Animal, R. Ernesto de Vasconcelos, Ed. C2, 2º Piso, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal; e-mail: aserrano@fc.ul.pt

<sup>8</sup> Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências (DBV – Dep. de Biologia Vegetal), CBA – Centro de Biologia Ambiental, R. Ernesto de Vasconcelos, Ed. C2, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal; e-mail: msim-sim@fc.ul.pt

<sup>9</sup> NemaLab/ICAM, Dep. de Biologia, Universidade de Évora, 7002-554 Évora, Portugal; e-mail: pvieira@uevora.pt

### Resumo

1. As ilhas atlânticas dos Açores, Madeira, Selvagens, Canárias e Cabo Verde constituem uma das regiões da Europa mais ricas em diversidade de fungos, plantas e animais. Desde 2004 que a inventariação detalhada da diversidade destas ilhas tem sido um dos principais objectivos dos projectos ATLÂNTICO e BIONATURA (incluídos no projecto EU INTERREG IIIB). Este livro é a mais recente contribuição destes projectos, apresentando uma lista de todos os fungos, flora e fauna terrestre conhecida, incluindo a dulçaquícola, para dois arquipélagos atlânticos (Madeira e Selvagens).
2. A lista abrange o arquipélago da Madeira, constituído por duas ilhas de maiores dimensões (Madeira e Porto Santo) e três pequenas, cujo conjunto constitui as Desertas (Ilhéu Chão, Deserta Grande e Bugio), e ainda o arquipélago das Selvagens, formado por duas pequenas ilhas (Selvagem Grande e Selvagem Pequena) e um ilhéu (Ilhéu de Fora).

### Abstract

1. The Azores, Madeira, Selvagens, Canary Islands and Cape Verde are among the richest regions in Fungi, plant and animal diversity in Europe. The main objectives of the EU INTERREG IIIB projects ATLÂNTICO and BIONATURA have been, since 2004, to carry out a detailed inventory of the terrestrial Fungi, Flora and Fauna of these archipelagos. This book, encompassing a checklist of all the known terrestrial and freshwater Fungi, Flora and Fauna of Madeira and Selvagens archipelago is the latest contribution towards that goal.
2. The geographic scope of this checklist includes the Madeira archipelago, composed of two large islands (Madeira and Porto Santo) and three small islands, which are globally named Desertas (Ilhéu Chão, Deserta Grande and Bugio), and the archipelago of Selvagens with two small islands (Selvagem Grande and Selvagem Pequena) and one islet (Ilhéu de Fora).

3. A lista apresentada nos Capítulos 3 a 11 baseia-se nos *taxa* reconhecidos em publicações primárias, reunidas por um grande número de especialistas. Neste Capítulo, resumimos as estimativas actuais do número total de espécies e subespécies para os arquipélagos da Madeira (Madeira, Porto Santo, Desertas) e das Selvagens. Foram estudados os grupos taxonómicos terrestres mais importantes: Fungi (fungos), líquenes, Bryophyta (briófitos: musgos, hepáticas e antocerotas), Pteridophyta (fetos), Spermatophyta (espermatófitas: gimnospérmicas e angiospérmicas), Platyhelminthes (platelmintos), Nematoda (nemátodes), Annelida (anelídeos), Mollusca (moluscos: lesmas e caracóis), Arthropoda (artrópodes: milípedes, centopeias, ácaros, aranhas, insectos, etc.) e Vertebrata (vertebrados: peixes de água doce, anfíbios, répteis, aves e mamíferos).
4. Um número total de 7571 *taxa* terrestres (7452 espécies e 421 subespécies), para os grupos taxonómicos estudados, foi estimado para os arquipélagos da Madeira e Selvagens.
5. Os Reinos dos Fungos e das Plantas representam cerca de 42% da diversidade terrestre. No entanto, o Reino Animal domina, em particular os artrópodes, que compreendem a maior parte (51%) de todos os *taxa* registados.
6. O número total de espécies e subespécies endémicas dos arquipélagos da Madeira e Selvagens é de 1419 *taxa* (1286 espécies e 182 subespécies), correspondendo a 19% da diversidade total. O Reino Animal é o grupo com maior número de espécies e subespécies endémicas, nomeadamente os moluscos (210) e os artrópodes (979), compreendendo cerca de 84% de todos os endemismos da Madeira e Selvagens. A proporção de endemismo nos moluscos (71%) é notável. As plantas vasculares têm 154 espécies e subespécies endémicas, correspondendo a 13% da diversidade total das plantas. Os restantes grupos taxonómicos apresentam menor número de espécies e subespécies endémicas: 36 fungos (correspondendo a 5% da diversidade total de fungos), 12 líquenes (2%), 11 briófitos (2%) e 15 vertebrados (24%).

## 1. Introdução

O número estimado de espécies que ocorrem actualmente na Terra não é ainda consensual entre a comunidade científica. Na verdade, sabe-se que existem aproximadamente 1,7 milhões de espécies conhecidas, mas pensa-se que possam existir entre 5 a 30 milhões para serem descobertas e/ou descritas correctamente (ver May 1998). O défice elevado de conhecimento sobre o número das espécies que ocorrem no nosso planeta torna premente um maior investimento de pesquisa nesta área.

O Governo das ilhas Canárias, há cerca de 10 anos, iniciou um projecto, designado BIOTA (ver Izquierdo *et al.* 2001), para mapear a biodiversidade das ilhas do arquipélago das Canárias. Neste âmbito foi desenvolvido um programa informático em Visual Basic, ATLANTIS Tierra 2.0, para o armazenamento de dados de biodiversidade (ver Zurita & Are-

3. The list of *taxa* (Chapters 3 to 11) is based on the *taxa* recognized in primary published literature sources, compiled by a vast group of experts. In this chapter the current estimates of the total number of species and subspecies presently known in Madeira (Madeira, Porto Santo, Desertas) and Selvagens archipelagos are summarized. The most important terrestrial taxonomic groups were studied: Fungi, Lichens, Bryophyta (mosses, liverworts and hornworts), Pteridophyta (ferns), Spermatophyta (gymnosperms and angiosperms), Platyhelminthes (flatworms), Nematoda (roundworms), Annelida (earthworms), Mollusca (slugs and snails), Arthropoda (millipedes, centipedes, mites, spiders, insects, etc.) and Vertebrata (freshwater fishes, amphibians, reptiles, birds and mammals).
4. The total estimated number of terrestrial species and subspecies of the above-mentioned taxonomic groups in the Madeira and Selvagens archipelagos was about 7,571 (7,452 species and 421 subspecies).
5. Fungi and plants represent about 42% of the terrestrial diversity. However, animals dominate, arthropods being the majority (51%) of all recorded *taxa*.
6. The total number of endemic species and subspecies from the Madeira and Selvagens archipelagos is about 1,419 (1,286 species and 182 subspecies), which represents 19% of the overall species diversity. The animal *Phyla* are the most diverse in endemic *taxa*, namely Mollusca (210) and Arthropoda (979), comprising about 84% of the Madeiran endemics. The percentage of endemism within Mollusca is particularly remarkable, reaching 71%. Within vascular plants there are 154 endemic species and subspecies (13% of the overall plant species diversity) while the remaining higher taxonomic groups are less diverse in terms of endemic forms: Fungi – 36 (5%); Lichens – 12 (2%); Bryophytes – 11 (2%); vertebrates 15 (24%).

## 1. Introduction

A convincing estimate of the current number of species living on Earth, with approximately 1,7 million species described and a probable 5 to 30 million yet to be discovered and adequately described (see May 1988), has not been presented to date. Given this lack of knowledge on the biodiversity of the planet, all efforts to increase information on the diversity of organisms that inhabit our planet should be encouraged.

About 10 years ago, the Government of the Canary Islands started a project to map the biodiversity of these Atlantic islands, Project BIOTA (see Izquierdo *et al.* 2001). A Visual Basic software, called ATLANTIS Tierra 2.0, was developed for biodiversity data storage (see Zurita & Arechavaleta 2003; Borges 2005), with the main objective of gathering detailed information on the distribution of all species on the

chavaleta 2003; Borges 2005), com o principal objectivo de reunir informação detalhada acerca da distribuição de todas as espécies a uma escala de 500x500 m. Este livro é a mais recente contribuição para o conhecimento da biodiversidade das ilhas atlânticas espanholas e portuguesas, e surge após a publicação das listas do arquipélago das Canárias (Izquierdo *et al.* 2001, 2004), do arquipélago dos Açores (Borges *et al.* 2005) e do arquipélago de Cabo Verde (Arechavaleta *et al.* 2005). Com a presente publicação, que inclui uma lista da biodiversidade terrestre e dulçaquícola das ilhas da Madeira e das Selvagens, fica completa a informação taxonómica de base de todos os arquipélagos pertencentes à normalmente designada Região da Macaronésia.

Este livro apresenta informação útil para, entre outras áreas, o planeamento florestal e agrícola, a gestão de conservação da natureza e a conservação de espécies. Os factores responsáveis pela diversificação das espécies em ilhas oceânicas são também debatidos nesta obra. Na verdade, a publicação das listas dos Açores, Canárias e Cabo Verde já despertaram discussões interessantes (ver Emerson & Kolm 2005a,b, 2007; Cadena *et al.* 2005; Kiflawi *et al.* 2007; Pereira *et al.* 2007; Witt & Maliakal-Witt 2007; Whittaker *et al.* 2007, 2008; Borges & Hortal in press).

O principal objectivo deste livro é listar, com o maior rigor possível, todos os fungos, plantas e animais terrestres e dulçaquícolas, dos arquipélagos da Madeira e das Selvagens, indicando a presença de cada espécie e subespécie em cada uma das ilhas estudadas (ver Capítulos 3 a 11). Este projecto, à semelhança dos trabalhos realizados anteriormente para os arquipélagos dos Açores, Canárias e Cabo Verde (Izquierdo *et al.* 2001, 2004; Arechavaleta *et al.* 2005; Borges *et al.* 2005), envolveu a colaboração de 90 taxonomistas de várias instituições portuguesas e estrangeiras, sob a coordenação editorial do Grupo de Biodiversidade dos Açores (GBA) do CITA-A (Universidade dos Açores; [www.angra.uac.pt/gba](http://www.angra.uac.pt/gba)). Desde 2004, a inventariação detalhada da fauna e flora terrestres da Macaronésia tem sido um dos principais objectivos dos projectos ATLÂNTICO e BIONATURA (incluídos no projecto EU INTERREG IIIB), sendo este livro editado com o apoio financeiro da Direcção Regional da Madeira através do Projecto INTERREG IIIB – BIONATURA (<http://interreg-bionatura.com/canarias.php>).

## 2. Geografia, geologia e clima

O arquipélago da Madeira está localizado no Norte do Oceano Atlântico, a sudoeste da Península Ibérica, entre as latitudes 32°24' e 33°07' N e as longitudes 16°16' e 17°16' W. A distância entre este arquipélago e o ponto mais próximo na Europa (Ponta de Sagres, Portugal) é de cerca de 1000 km, enquanto a distância ao noroeste da costa Africana é de cerca de 600 km. O arquipélago é constituído por duas ilhas principais habitadas, a ilha da Madeira (742 km<sup>2</sup>, 1861 m de altitude máxima) e a ilha de Porto Santo (43 km<sup>2</sup>, 517 m de altitude máxima), com seis ilhéus rodeando estas duas grandes ilhas. A sudeste destas ilhas encontram-se as Desertas, constituídas por três ilhas pequenas: o Ilhéu Chão

Canary Islands on a 500x500 m scale. This book is the fourth of recent contributions to the knowledge of terrestrial and freshwater biodiversity in the Portuguese and Spanish Atlantic islands, following the species checklists of the Canary Islands (Izquierdo *et al.* 2001, 2004), the Azores (Borges *et al.* 2005) and Cape Verde (Arechavaleta *et al.* 2005). With this contribution, providing the first exhaustive compilation of the terrestrial and freshwater biodiversity of Madeira (Madeira, Porto Santo and Desertas) and Selvagens archipelagos, it is now possible to have the baseline taxonomic information for all archipelagos of the so-called Macaronesia (Azores, Madeira, Selvagens, Canary Islands and Cape Verde).

This book provides summarized information useful for people working in agriculture and forestry planning, nature conservation management, species conservation etc., and is a contribution to the debate over the factors underlying species diversification on oceanic islands. In fact, the publication of similar species checklists of the Azores, Canary Islands and Cape Verde has already catalyzed interesting discussions (see Emerson & Kolm 2005a,b, 2007; Cadena *et al.* 2005; Kiflawi *et al.* 2007; Pereira *et al.* 2007; Witt & Maliakal-Witt 2007; Whittaker *et al.* 2007, 2008; Borges & Hortal in press).

The main goal of this book is to list, as rigorously as possible, all the known terrestrial and freshwater, i.e. insular, Fungi, plants and animals of the Madeira and Selvagens archipelagos with the indication of their known presence on the islands of Madeira proper, Porto Santo, Desertas and Selvagens (see Chapters 3 to 11). As in the case of previous works on the Azorean, Canary Islands and Cape Verde archipelagos (Izquierdo *et al.* 2001, 2004; Arechavaleta *et al.* 2005; Borges *et al.* 2005), it implied the collaborative work of many taxonomists from different Portuguese and foreign institutions (about 90 taxonomists), under the editorial coordination of the Azorean Biodiversity Group (CITA-A, University of the Azores; [www.angra.uac.pt/gba](http://www.angra.uac.pt/gba)).

Since 2004 the main objectives of the EU INTERREG IIIB projects ATLÂNTICO and BIONATURA have been to carry out a detailed inventory of the terrestrial Fungi, Flora and Fauna of these archipelagos. This book was funded by “Direcção Regional do Ambiente da Madeira” under the Project INTERREG IIIB – BIONATURA (<http://interreg-bionatura.com/canarias.php>).

## 2. Geography, geology and climate

The Madeira archipelago is located in the Atlantic Ocean, Southwest of the Iberian Peninsula, between latitudes 32°24' and 33°07' N and longitudes 16°16' and 17°16' W. The distance between this archipelago and Ponta de Sagres (Portugal – the closest mainland in Europe) is about 1,000 km, and between the archipelago and the closest point of the Western African coast approximately 600 km. The archipelago of Madeira includes two main inhabited islands, Madeira proper (742 km<sup>2</sup>, 1,861 m maximum altitude) and the smaller island of Porto Santo (43 km<sup>2</sup>, 517 m above sea level) and six surrounding islets. To the Southeast the Madeira archipelago continues along the Desertas sub-archipelago,

(cerca de 0,5 km<sup>2</sup>, 100 m de altitude máxima), a Deserta Grande (cerca de 10 km<sup>2</sup>, 479 m de altitude máxima) e o Bugio (cerca de 3 km<sup>2</sup>, 388 m de altitude máxima) (Fig. 1). Todas as ilhas deste arquipélago são de origem vulcânica e encontram-se na placa continental africana.

O arquipélago das Selvagens está situado entre as latitudes 30°00' e 30°10' N e as longitudes 15°50' e 16°05' W, aproximadamente a 300 km a sul da Madeira e a 180 km a norte das ilhas Canárias (ver Fig. 1). É constituído por três pequenas ilhas com cerca de 2,73 km<sup>2</sup> de área total (Selvagem Grande, Selvagem Pequena e Ilhéu de Fora) e vários ilhéus. A altitude máxima ocorre no Pico da Atalaia (153 m), na ilha da Selvagem Grande.

composed of three small islands: Ilhéu Chão (ca. 0.5 km<sup>2</sup>, 100 m maximum altitude), Deserta Grande (ca. 10 km<sup>2</sup>, 479 m maximum altitude) and Bugio (ca. 3 km<sup>2</sup>, 388 m maximum altitude) (Fig. 1). All the islands are of volcanic origin and are located on the African plate.

The Selvagens archipelago is situated between 30°00' and 30°10' N and 15°50' and 16°05' W, at approximately 300 km South of Madeira Island and 180 km North of the Canary Islands (see Fig. 1). It is composed of three small islands (Selvagem Grande, Selvagem Pequena and Ilhéu de Fora) and several islets, totaling about 2.73 km<sup>2</sup>. The highest altitude is reached at Pico da Atalaia (153 m) on the Selvagem Grande Island.

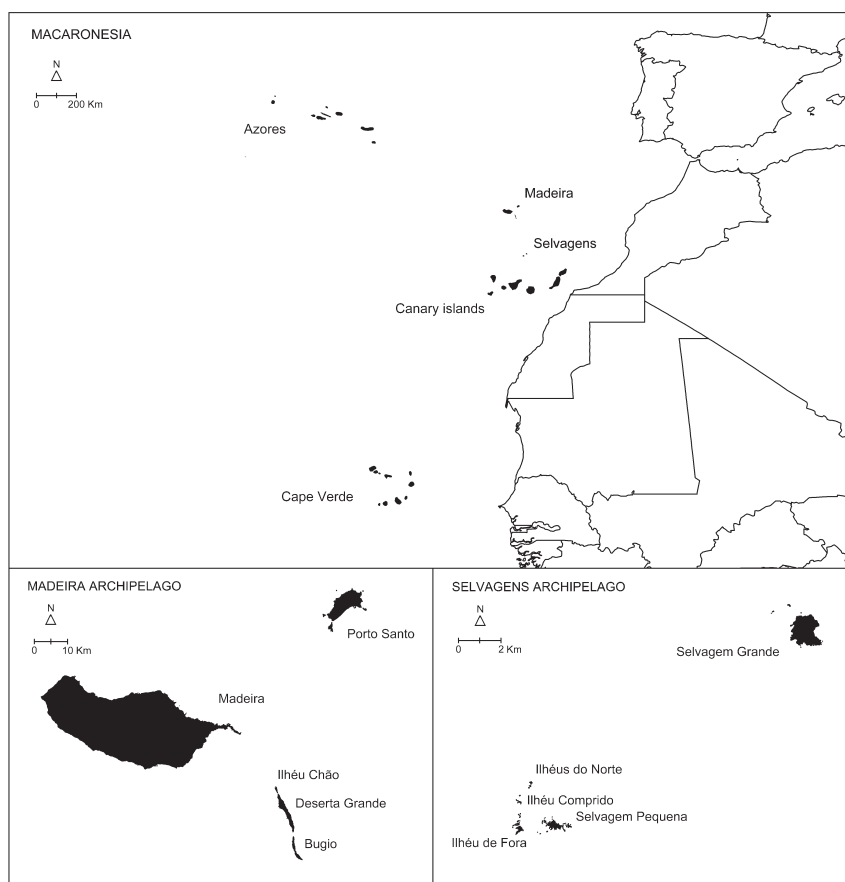


Figura 1. Composição e localização dos arquipélagos da Madeira e Selvagens no Oceano Atlântico.  
Figure 1. The islands of the archipelagos of Madeira and Selvagens and their localization in the Atlantic Ocean.

O arquipélago da Madeira compreende um único edifício vulcânico e é interpretado como sendo uma «pluma» térmica, de longa duração, originada a partir do manto (Carvalho & Brandão 1991). A ilha da Madeira está dividida em sete unidades geológicas. O Pico Ruivo é o ponto mais alto deste relevo vulcânico, a 1861 m acima do nível do mar e 5300 m acima da planície abissal da Madeira (a partir da qual se formou o grupo vulcânico). A parte da ilha da Madeira que emergiu data da época Miocénica Superior, isto é, de há menos de 5,6 milhões de anos atrás (Ribeiro *et al.* 2005). A actividade vulcânica mais recente ocorreu há 6000-7000

The Madeira archipelago comprises only one volcanic complex (the Madeira-Porto Santo) that is interpreted as being a long-lived “hotspot” rising from the mantle (Carvalho & Brandão 1991). The Madeira proper is composed of seven geological units. The Pico Ruivo (1,861 m above sea level) is the highest point of the corresponding volcanic relief and rises to about 5,300 m above the Madeira abyssal plain from which this entire complex volcanic group has been built. The emerged part of the Madeira island dates back to the Post-Miocene, <5,6 Ma (Ribeiro *et al.* 2005), and the more recent volcanic activity took place 6,000-7,000 years

anos (Geldmacher *et al.* 2000). A ilha de Porto Santo é mais antiga, com uma idade geológica estimada de 14 milhões de anos, cuja actividade vulcânica cessou há 8 milhões de anos. As ilhas do arquipélago das Selvagens têm uma idade estimada de 27 milhões de anos e foram originadas pelo *hotspot* das ilhas Canárias.

Pela sua localização, orografia e vegetação natural, a ilha da Madeira apresenta uma grande variedade de microclimas. Segundo Capelo *et al.* (2007), o clima da ilha da Madeira corresponde a dois grandes tipos principais: mediterrânico e temperado. Na encosta Sul, até cerca dos mil metros de altitude, e nas cotas mais baixas da encosta Norte, o clima apresenta uma secura estival prolongada durante os meses de Verão, condicionando a vegetação – bosques xerófitos (zambujal) ou laurissilva mediterrânica do barbusano. Na encosta Sul, a partir dos mil metros, e na maioria da encosta Norte, ocorre um regime climático temperado, de precipitação bem distribuída ao longo do ano (em consequência da persistência de um dossel de nuvens do qual resulta precipitação directa e a chamada “precipitação oculta”), sem seca estival ou apenas escassa, que não chega a esgotar a reserva de água no solo para as plantas – a floresta potencial corresponde a florestas de sub-bosque muito rico (e.g. laurissilva do til). Quanto aos regimes térmicos, são notáveis as elevadas temperaturas nas cotas mais baixas da encosta Sul e, em altitudes acima dos 1400 metros, a intensidade de frio, incluindo a queda de granizo e neve (que explica a ausência da floresta de lauráceas e a presença de um urzal de altitude). Enquanto na ilha da Madeira se encontram desde climas muito húmidos até áridos, na ilha de Porto Santo o clima é mais homogéneo e predominantemente do último tipo (Quintal & Vieira 1985).

### 3. Padrões de riqueza globais

Nesta secção, são apresentados os padrões gerais de diversidade de espécies e subespécies nos arquipélagos da Madeira e das Selvagens. Não foram contabilizados os *taxa* de categoria inferior a subespécie (tais como variedade e forma). O Quadro 1 sumariza os números de *taxa* que ocorrem nas ilhas da Madeira, Porto Santo, Desertas e Selvagens.

Os arquipélagos da Madeira e Selvagens apresentam um total de 7571 *taxa*, que pertencem a 1003 famílias, 3648 géneros e 7452 espécies. Estes números poderão variar com revisões taxonómicas, com a descrição de espécies (ver o caso dos artrópodes na Fig. 2 do Capítulo 10; e plantas vasculares em Menezes de Sequeira *et al.* 2007), com a melhoria no conhecimento de *taxa* pouco estudados (e.g. fungos, artrópodes de reduzidas dimensões), e com a naturalização contínua de espécies exóticas.

A ilha da Madeira destaca-se por ser a segunda ilha mais rica em número de *taxa* nos arquipélagos atlânticos dos Açores, Madeira, Selvagens, Canárias e Cabo Verde, apenas ultrapassada pela ilha de Tenerife, no arquipélago das Canárias (ver Izquierdo *et al.* 2001). No entanto, a ilha de Tenerife é muito maior do que a da Madeira, o que reforça a ideia de que a ilha da Madeira é claramente um *hotspot* de biodiversidade.

BP (Geldmacher *et al.* 2000). Porto Santo is much older, with an estimated age of 14 million years. The volcanic activity in Porto Santo stopped 8 Ma. The Selvagens islands have an estimated age of 27 m.y. and were originated by the same *hotspot* of the Canary Islands.

Considering its situation, orography and natural vegetation, the Madeira Island enjoys a great variety of microclimates and its general climate is classified as a moist temperate climate with moderate winters. Capelo *et al.* (2007) refer that the climate of Madeira includes two main types: mediterranean and temperate. On the South coast, below the 1,000 m, and on the lowlands of the North coast the climate is characterized by a long dry season during the summer months. As a consequence, the vegetation is particular: xerophyllous forest (“zambujal”) or mediterranean Laurissilva (“barbusano”). Above the 1,000 m on the South coast and on most of the North coast, the climate is temperate, with precipitation well distributed over the year (a consequence of the persistence of fogs resulting in indirect precipitation), without a dry season and with permanent availability of water in the soil for plants. The type of vegetation that occurs in this area is characterized by a diverse understorey (e.g. moist Laurissilva). A rather remarkable thermal variation occurs, with high temperatures in the lowlands on the South coast, whereas above the 1,400 m low temperatures, including the occurrence of hailstone and snow, are common. This explains the absence of laurel type forests in those areas and the presence of high-altitude scrubland dominated by *Erica* spp.. While on Madeira Island we can find both arid and super-moist climates, on Porto Santo, on the contrary, the climate is more homogenous, predominantly of the arid type (Quintal & Vieira 1985).

### 3. Global patterns of richness

In this section the general patterns of species and subspecies diversity in the Madeira and Selvagens archipelagos are presented. In this checklist infra-specific categories, apart from subspecies, are not considered (i.e. varieties, forms, etc.). Table 1 summarizes the numbers of *taxa*, species and subspecies found on the Madeira, Porto Santo, Desertas and Selvagens islands.

Madeira and Selvagens archipelagos include a total of 7,571 *taxa*, belonging to 1,003 families, 3,648 genera and 7,452 species. These numbers are easily subject to fluctuations due to taxonomic revisions, the continuous rate of new species descriptions (see example of arthropods, Fig. 2 in Chapter 10; and vascular plants – Menezes de Sequeira *et al.* 2007), the improvement on the knowledge of some poorly studied *taxa* (e.g. Fungi; some small sized arthropods), and the ongoing naturalization of exotic species.

Madeira Island stands out as the second richest island of all the Atlantic archipelagos of Azores, Madeira, Selvagens, Canary Islands and Cape Verde, only surpassed by Tenerife in the Canary Islands (see Izquierdo *et al.* 2001). However, Tenerife is clearly a much larger island, which confirms Madeira Island to be an obvious *hotspot* of biodiversity.

Os artrópodes (grupo que inclui, entre outros, os crustáceos, centopeias e milípedes, ácaros, aranhas e insetos) são o Filo mais diverso, representando cerca de 51% dos *taxa* encontrados nos arquipélagos da Madeira e Selvagens (Fig. 2). Este é, aliás, um padrão comum de diversidade da fauna e flora em todo o mundo (ver May 1988). As estimativas actuais de diversidade na Madeira e Selvagens são em grande parte influenciadas pelos artrópodes, o que é expectável dada a hiper-diversidade de várias ordens de artrópodes (e.g. Coleoptera, Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera) (ver Capítulo 10).

As plantas com sementes (espermatófitas) e os líquenes são, respectivamente, o segundo e o terceiro grupos mais diversos de organismos nestas ilhas (Fig. 2, Quadro 1). Se considerarmos todos os fungos no sentido lato (incluindo líquenes), então este é o segundo grupo com maior representação em número de *taxa* (20% de todas as espécies e subespécies) na Madeira e Selvagens (Fig. 2).

Arthropods, which include crustaceans, centipedes and millipedes, spiders and insects, are the most diverse *Phylum* in Madeira and Selvagens archipelagos, encompassing about 51% of the *taxa* (Fig. 2), a pattern that is common worldwide (see May 1988). Because arthropods include several very hyper-diverse orders (e.g. Coleoptera, Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera) (see Chapter 10), they have a strong influence on the overall current estimates of diversity in Madeira and Selvagens archipelagos. The second and third most diverse groups are respectively the seed plants (Spermatophyta) and Lichens (Fig. 2, Table 1). If all Fungi are considered (including both Fungi and Lichens), this group is the second largest, representing almost 20% of the species and subspecies that occur in Madeira and Selvagens (Fig. 2).

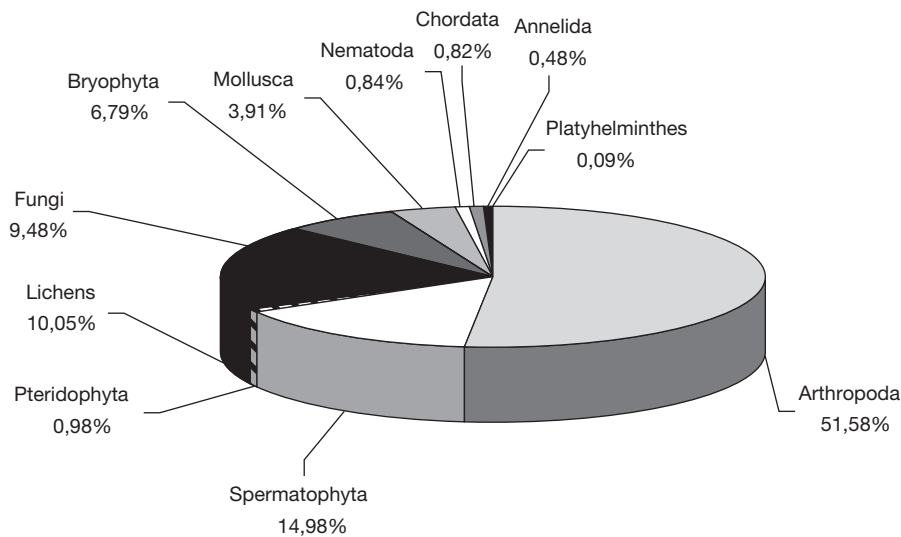


Figura 2. Proporção de *taxa* (espécies e subespécies) dos vários grupos de fungos, plantas e animais terrestres dos arquipélagos da Madeira e Selvagens (ver igualmente Quadro 1).

Figure 2. Proportion of *taxa* (species and subspecies) from different groups of terrestrial animals, plants and fungi of Madeira and Selvagens archipelagos (see also Table 1).

#### 4. Evolução e endemismo

As ilhas oceânicas são pequenos pontos na imensidão do oceano, mas de extrema importância para a compreensão de muitos processos evolutivos e ecológicos. Na verdade, estas ilhas suportam um grande número de espécies únicas que se originaram *in situ* através de diversos processos de especiação (i.e. formação de novas espécies: neo-endemismos). Em qualquer arquipélago oceânico, a especiação pode resultar de vários processos: i) **isolamento** – ilhas mais isoladas têm taxas menores de imigração, e a ausência de fluxo genético mais ou menos constante resulta numa frequência maior do efeito fundador (pequena variabilidade genética da população colonizadora), podendo levar à formação de novas espécies. No caso da Madeira e Selvagens, o isolamento foi o responsável por um grande número de endemismos singulares de cada ilha (ver abaixo); ii) **heterogeneidade de**

#### 4. Evolution and endemism

Oceanic islands are minuscule spots in the middle of the ocean, but of great importance to the understanding of many evolutionary and ecological processes. Moreover, they harbour a large number of unique species that exist nowhere else, the result of speciation processes (i.e. formation of new species: neo-endemics). Within any oceanic archipelago, *in situ* speciation results from a certain number of processes which act isolatedly and/or cumulatively: i) **isolation**, that is, more isolated islands should have lower immigration rates, an absence of constant gene-flow that results in a higher frequency of founder effects generating new species. In the case of Madeira, isolation provided the foundations for a high level of single island endemics (see below); ii) **area/habitat heterogeneity**, based on the “Theory of Island Biogeography” (MacArthur &

Quadro 1. | Table 1.

Diversidade dos principais grupos dos Reinos Chromista, Fungi, Plantae, Protozoa e Animalia nos arquipélagos da Madeira e Selvagens (M – Madeira; PS – Porto Santo; D – Desertas; S – Selvagens; Global – O número acumulado de taxa em todas as ilhas).

Diversity of the main groups of the Kingdoms Chromista, Fungi, Plantae, Protozoa and Animalia in Madeira and Selvagens archipelagos (M – Madeira; PS – Porto Santo; D – Desertas; S – Selvagens; Global – The cumulative number of taxa in all the islands).

Reino e Filos/ Divisões Kingdom and Phyla/Divisions	Nome comum Common name	Espécies Species					Subespécies Subspecies					N.º de taxa (espécies e subespécies) N.º of taxa (species and subspecies)				
		Global	M	PS	D	S	Global	M	PS	D	S	Global	M	PS	D	S
<b>CHROMISTA</b>		<b>9</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Oomycota</i>	Oomicetes / Water molds	9	8	1	0	0	0	0	0	0	0	9	8	1	0	0
<b>FUNGI</b>		<b>1471</b>	<b>1087</b>	<b>29</b>	<b>11</b>	<b>28</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1473</b>	<b>1088</b>	<b>29</b>	<b>11</b>	<b>28</b>
<i>Zygomycota</i>	Zigomicetes / Zygomycete fungi	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0
<i>Ascomycota</i> (Fungi)	Ascomicetes / Sac fungi, Cup fungi	258	255	5	0	0	1	1	0	0	0	258	255	5	0	0
<i>Ascomycota</i> (Lichen)	Líquenes / Lichen	754	375	16	7	25	2	1	0	0	0	755	375	16	7	25
<i>Basidiomycota</i> (Fungi)	Basidiomicetes / Basidiomycete fungi	450	449	8	4	3	2	2	0	0	0	451	450	8	4	3
<i>Basidiomycota</i> (Lichen)	Líquenes / Lichen	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0
<i>Glomeromycota</i>	Glomeromicetes / Arbuscular mycorrhizal fungi	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0
<b>PLANTAE</b>		<b>1681</b>	<b>1613</b>	<b>561</b>	<b>267</b>	<b>113</b>	<b>150</b>	<b>142</b>	<b>58</b>	<b>33</b>	<b>21</b>	<b>1716</b>	<b>1646</b>	<b>567</b>	<b>269</b>	<b>114</b>
<i>Bryophyta</i>	Musgos, hepáticas / Mosses, liverworts, hornworts	509	507	104	55	9	7	7	1	0	0	512	510	104	55	9
<i>Pteridophyta</i>	Fetos / Ferns	72	72	13	11	3	11	11	2	2	1	74	74	13	11	3
<i>Spermatophyta</i>	Gimnospérmicas, monocotiledóneas, dicotiledóneas / Gymnosperms, dicots and monocots	1100	1034	444	201	101	132	124	55	31	20	1130	1062	450	203	102
<b>PROTOZOA</b>		<b>19</b>	<b>19</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Myxomycota</i>	Mixomicetes / Slime molds	19	19	0	0	0	0	0	0	0	0	19	19	0	0	0
<b>ANIMALIA</b>		<b>4272</b>	<b>3830</b>	<b>887</b>	<b>345</b>	<b>220</b>	<b>266</b>	<b>175</b>	<b>106</b>	<b>63</b>	<b>18</b>	<b>4354</b>	<b>3850</b>	<b>906</b>	<b>357</b>	<b>219</b>
<i>Platyhelminthes</i>	Vermes / Flatworms	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0
<i>Nematoda</i>	Nemátodos / Roundworms	63	62	0	1	0	0	0	0	0	0	63	62	0	1	0
<i>Annelida</i>	Minhocas / Earthworms	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0
<i>Mollusca</i>	Caracóis e lesmas / Slugs and snails	249	174	87	32	8	80	35	35	16	0	295	187	104	37	8
<i>Arthropoda</i>	Artrópodes / Arthropods	3859	3542	766	298	202	161	121	56	42	13	3891	3549	768	305	201
<i>Chordata</i> (Vertebrata)	Vertebrados / Vertebrates	58	52	34	14	10	25	19	15	5	5	62	52	34	14	10
<b>TOTAL</b>		<b>7452</b>	<b>6557</b>	<b>1478</b>	<b>623</b>	<b>361</b>	<b>421</b>	<b>321</b>	<b>164</b>	<b>96</b>	<b>39</b>	<b>7571</b>	<b>6611</b>	<b>1503</b>	<b>637</b>	<b>361</b>

**área/habitat** – baseado na Teoria da Biogeografia Insular de MacArthur & Wilson (1963, 1967), que refere que as ilhas de maiores dimensões têm mais recursos e habitats e, por isso, podem não só sustentar populações maiores como também proporcionar refúgios para populações mais pequenas (ver também alínea iv), resultando disto maiores taxas de especiação para estas ilhas (ver também Gillespie 2004). Para além disso, as ilhas de maiores dimensões são alvos mais acessíveis para imigrantes, permitindo a chegada de taxa potencialmente ricos em número de espécies. Também é expectável que as populações persistam mais tempo em ilhas maiores e, daí, que estas possam acumular um maior número de espécies endémicas (ver também alínea vii). No caso dos arquipélagos da Madeira e Selvagens, é na ilha da Madeira, a maior do grupo, que se observa uma proporção maior de taxa e eventos de especiação; iii) **distribuição geográfica** – espécies que têm a capacidade de ocupar um maior número de ilhas num arquipélago podem originar um maior número de populações isoladas que, sob condições óptimas (e.g. diversidade de habitat, taxas baixas de fluxo genético entre ilhas), podem resultar em novas espécies com uma distribuição muito restrita em cada ilha. Este é um processo muito comum em arquipélagos com muitas ilhas (e.g. Açores, Canárias, Havai, Galápagos), o que não acontece com tanta frequência em arquipélagos menores como os da Madeira e Selvagens; iv) **tamanho da população** – o aumento do número de espécies numa ilha pode levar a um acréscimo da competição o que, por sua vez, leva a uma diminuição das dimensões das populações, ou seja, da sua área de ocupação vital, e, em último caso, à origem de novas espécies através de mecanismos de deriva genética (i.e. flutuações aleatórias das frequências alélicas ao longo das gerações). As populações com distribuição lata podem também dar origem a novas espécies através do processo de especiação centrífuga (origem de novas espécies a partir do centro da população; ver Rosenzweig 2001). Na Madeira, a grande complexidade topográfica, com muitos vales isolados, pode ter favorecido os processos de radiação não-adaptativa (diversificação não acompanhada de adaptação a diferentes habitats; ver a discussão da radiação dos artrópodes no Capítulo 10); v) **sobreposição de espécies e interações interespecíficas** – com o aumento do número de espécies numa ilha, as interações interespecíficas, tais como a competição e a predação, devem desempenhar um papel fundamental na formação de novas espécies (Huston 1994; Tokeshi 1999); vi) **diversidade de espécies** – um grande número de espécies pode levar a uma aceleração da taxa de especiação, tendo em consideração a maior pressão imposta a cada população para se adaptar a novas condições, ou seja, para sobreviver (Rosenzweig 2001, 2003; Emerson & Kolm 2005 a,b); vii) **tempo** – a especiação é um processo normalmente longo (Rosenzweig 2001; Stephens & Wiens 2003), mais frequente em ilhas mais antigas (Borges & Brown 1999), dada a acumulação de eventos de colonização, transformação do habitat e alterações no nicho através de processos adaptativos (ver Whittaker 1998; Whittaker *et al.* 2007, 2008; mas ver igualmente Gillespie 2004).

Wilson 1963, 1967), which claims that larger islands have more resources and more habitats, and therefore can sustain not only larger populations but also can provide more refuges for small populations (see also iv), so larger islands should have higher rates of speciation (see also Gillespie 2004). Moreover, larger islands are larger targets for immigrants allowing the arrival of new potentially speciose taxa. Furthermore, it is expected that populations may persist longer in larger islands and consequently can accumulate more endemics (see also vii). In the case of Madeira and Selvagens archipelagos, the Madeira proper, the biggest island of the group, accumulated the largest proportion of taxa and speciation events; iii) **geographical range**, that is, species that are able to occupy more islands within an archipelago could potentially generate many new isolated populations, which under the right conditions (e.g. habitat diversity, lower rates of gene flow between islands), could generate new species of restricted distribution in the different islands. This is usually what happens in the case of archipelagos with many islands (e.g. the Azores, Canary Islands, Hawaii, Galapagos), but not Madeira; iv) **population size**, which means that as species accumulate within an island, competition among species could lead to lower average population sizes and new species could arise through genetic drift mechanisms (i.e. aleatory fluctuations of allelic frequencies), although widely distributed species with abundant populations could also speed up speciation through “centrifugal speciation” (see Rosenzweig 2001). In the case of Madeira, the high topographical complexity of the island with many isolated valleys may have favoured non-adaptive radiation processes (see arthropod radiations in Chapter 10); v) **species packing and interspecific interactions**, i.e., as species accumulate within an island, interspecific interactions like competition and predation should play an important role in generating new species (Huston 1994; Tokeshi 1999); vi) **species diversity**, that is, species are nurseries for other species and consequently speciation rate should rise as diversity does (Rosenzweig 2001, 2003; Emerson & Kolm 2005a,b); vii) **time**, i.e., speciation takes time (Rosenzweig 2001; Stephens & Wiens 2003) and speciation events should have occurred more frequently in older islands (Borges & Brown 1999) due to the accumulation of founder events, habitat transformation, and niche shifts through adaptive processes (see Whittaker 1998; Whittaker *et al.* 2007, 2008; but see also Gillespie 2004).

All the above processes have played an important role in the generation of the current levels of unique endemic species of Madeira and Selvagens archipelagos. In addition, Madeira Island presents peculiar topographical characteristics with deep isolated valleys, which makes it an exceptional scenario to address the role that within island spatial isolation may have played in the diversification of island endemics.

The islands of Madeira, Porto Santo, Desertas and Selvagens, along with the other Macaronesian archipelagos, are included in the Mediterranean *hotspot* of biodiversity (Myers *et al.* 2000). Indeed, the number of unique endemic



Todos os processos mencionados anteriormente desempenharam com certeza um papel importante no surgimento de novas espécies nos arquipélagos da Madeira e das Selvagens, facto que transparece nos números actuais das suas espécies endémicas. A ilha da Madeira apresenta características topográficas particulares, com vales íngremes isolados, oferecendo o cenário ideal para analisar o papel do isolamento espacial na diversificação dos seus endemismos.

As ilhas da Madeira, Porto Santo, Desertas e Selvagens, assim como os outros arquipélagos da Macaronésia, estão incluídas no *hotspot* de biodiversidade mediterrânico (Myers *et al.* 2000). Na verdade, é estimado que existam cerca de 1419 espécies e subespécies endémicas terrestres nos arquipélagos da Madeira e das Selvagens (1286 espécies e 182 subespécies) (ver Quadro 2). Estes taxa pertencem a 313 famílias e 669 géneros. O Reino Animal é o grupo mais diverso em taxa endémicos, com 210 moluscos e 979 artrópodes, correspondendo a cerca de 84% dos endemismos destas ilhas (Quadro 2 e Fig. 3).

É de realçar ainda a ocorrência de uma espécie endémica de planária (Platyhelminthes) na ilha da Madeira (ver Sluys 1983). As planárias são platelmintes não-parasitas e constituem um grupo de invertebrados muito primitivo, pelo que é de assinalar a presença de um *taxon* endémico do arquipélago da Madeira.

species and subspecies of terrestrial organisms in these islands is estimated to be around 1,419 (1,286 species and 182 subspecies) (see Table 2). These taxa belong to 313 families and 669 genera. The Animal *Phyla* are the most diverse in endemic taxa, namely Mollusca (210 species and subspecies) and Arthropoda (979 species and subspecies), comprising about 84% of the Madeiran endemics (Table 2 and Fig. 3). Notably also is the presence of an endemic species of land planarian (Platyhelminthes) in Madeira (see Sluys 1983). Land planarians are a primitive invertebrate group of non-parasitic flatworms. Therefore, the presence of an endemic *taxon* in the Madeira archipelago is remarkable.

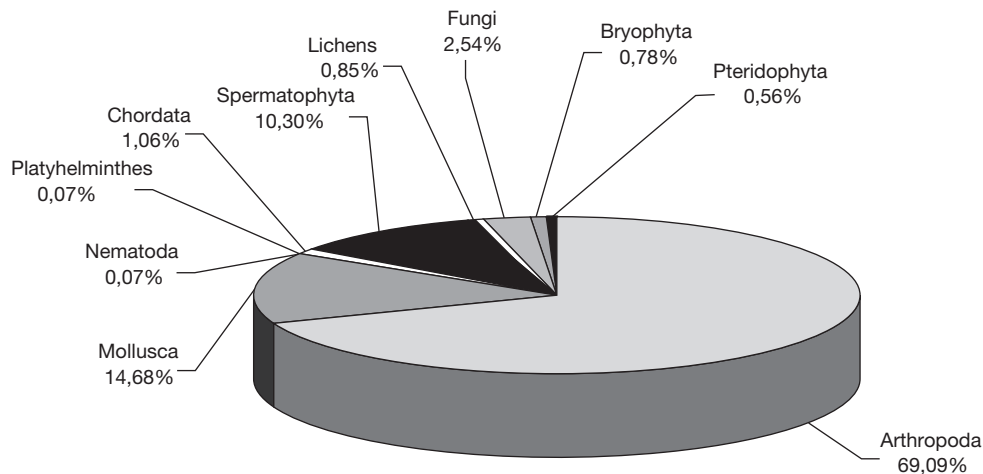


Figura 3. Proporção de taxa endémicos (espécies e subespécies) dos vários grupos de fungos, plantas e animais terrestres dos arquipélagos da Madeira e Selvagens (ver igualmente Quadro 2).

Figure 3. Proportion of endemic taxa (species and subspecies) from different groups of terrestrial animals, plants and fungi of Madeira and Selvagens archipelagos (see also Table 2).

## 5. Considerações finais

O famoso naturalista Charles Darwin mostrou sempre um grande interesse pelos ecossistemas insulares. Muitas das ideias basilares da sua teoria evolutiva surgiram, inclusivamente, quando estava a explorar ilhas oceânicas, como as que constituem os arquipélagos da Madeira e das Selvagens. Na verdade, as ilhas destes arquipélagos podem ser vistas como laboratórios vivos onde é possível estudar processos evolutivos, ecológicos e ecossistémicos. As características da fauna e flora da Madeira estão entre os exemplos

## 5. Final remarks

It is well known that Charles Darwin was an enthusiastic island studier and most of the foundations of his evolutionary theory were built on the insight from oceanic isolated islands like Madeira Island. Consequently, Madeira Island can be viewed as a unique biological laboratory where evolutionary, ecological and ecosystem processes can be studied. The Flora and Fauna of Madeira Island were among the main examples used by Darwin in his *On the Origin of Species*, so we hope that this book will also contribute to

Quadro 2. | Table 2.

Diversidade de *taxa* endémicos dos principais grupos dos Reinos Chromista, Fungi, Plantae, Protozoa e Animalia nos arquipélagos da Madeira e Selvagens (M – Madeira; PS – Porto Santo; D – Desertas; S – Selvagens; Global – O número acumulado de *taxa* endémicos em todas as ilhas).

Diversity of endemic *taxa* of the main groups of the Kingdoms Chromista, Fungi, Plantae, Protozoa and Animalia in Madeira and Selvagens archipelagos (M – Madeira; PS – Porto Santo; D – Desertas; S – Selvagens; Global – The cumulative number of endemic *taxa* in all the islands).

Reino e Filos/ Divisões Kingdom and Phyla/Divisions	Nome comum Common name	Espécies endémicas Endemic species					Subespécies endémicas Endemic subspecies					N.º de <i>taxa</i> (espécies e subespécies) N.º of <i>taxa</i> (species and subspecies)				
		Global	M	PS	D	S	Global	M	PS	D	S	Global	M	PS	D	S
<b>CHROMISTA</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Oomycota</i>	Oomicetes / Water molds	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>FUNGI</b>		<b>48</b>	<b>42</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>48</b>	<b>42</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<i>Zygomycota</i>	Zigomicetes / Zygomycete fungi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Ascomycota</i> (Fungi)	Ascomicetes / Sac fungi, Cup fungi	28	28	0	0	0	0	0	0	0	28	28	0	0	0	
<i>Ascomycota</i> (Lichen)	Ascolíquenes / Lichen	12	6	1	0	0	0	0	0	0	12	6	1	0	0	
<i>Basidiomycota</i> (Fungi)	Basidiomicetes / Basidiomycete fungi	8	8	0	0	0	0	0	0	0	8	8	0	0	0	
<i>Basidiomycota</i> (Lichen)	Basidiolíquenes / Lichen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Glomeromycota</i>	Glomeromicetes / Arbuscular mycorrhizal fungi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>PLANTAE</b>		<b>147</b>	<b>131</b>	<b>36</b>	<b>38</b>	<b>11</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>165</b>	<b>148</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>12</b>
<i>Bryophyta</i>	Musgos, hepáticas / Mosses, liverworts, hornworts	11	10	0	2	0	0	0	0	0	11	10	0	2	0	
<i>Pteridophyta</i>	Fetos / Ferns	7	7	0	0	0	1	1	0	0	8	8	0	0	0	
<i>Spermatophyta</i>	Gimnospérmicas, monocotiledóneas, dicotiledóneas / Gymnosperms, dicots and monocots	129	114	36	36	11	20	19	4	3	3	146	130	38	37	12
<b>PROTOZOA</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<i>Myxomycota</i>	Mixomicetes / Slime molds	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>ANIMALIA</b>		<b>1091</b>	<b>892</b>	<b>211</b>	<b>118</b>	<b>41</b>	<b>161</b>	<b>83</b>	<b>61</b>	<b>40</b>	<b>8</b>	<b>1206</b>	<b>938</b>	<b>247</b>	<b>136</b>	<b>47</b>
<i>Platyhelminthes</i>	Vermes / Flatworms	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	
<i>Nematoda</i>	Nemátodos / Roundworms	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	
<i>Annelida</i>	Minhocas / Earthworms	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Mollusca</i>	Caracóis e lesmas / Slugs and snails	164	92	71	26	1	73	28	32	15	0	210	104	89	31	1
<i>Arthropoda</i>	Artrópodes / Arthropods	921	795	140	92	39	77	47	24	24	7	979	821	153	104	44
<i>Chordata</i> (Vertebrata)	Vertebrados / Vertebrates	4	3	0	0	1	11	8	5	1	1	15	11	5	1	2
<b>TOTAL</b>		<b>1286</b>	<b>1065</b>	<b>248</b>	<b>156</b>	<b>52</b>	<b>182</b>	<b>103</b>	<b>65</b>	<b>43</b>	<b>11</b>	<b>1419</b>	<b>1128</b>	<b>286</b>	<b>175</b>	<b>59</b>

utilizados por Darwin na sua obra *On the Origin of Species* (“A origem das espécies”). Esperamos que este livro contribua igualmente para evidenciar o valor da biodiversidade dos arquipélagos da Madeira e das Selvagens. Por outro lado, este livro constitui uma base de suporte para estudos futuros sobre os impactos humanos na biodiversidade destes arquipélagos. Muitos projectos na área da gestão ambiental, agricultura, floresta e sobre conservação de espécies, poderão beneficiar dos dados apresentados, em particular, as actividades com carácter de divulgação e educação. De facto, a maior parte dos dados agora reunidos não estava disponível até à data para o público em geral. Com esta obra esperamos que os dados agora disponibilizados estimulem o trabalho futuro de amadores e outros profissionais nas áreas supracitadas.

Outros estudos poderão e deverão ser desenvolvidos no futuro, para:

- a) melhorar o conhecimento da biodiversidade na Madeira e Selvagens, que dependerá fundamentalmente do financiamento de estudos de fauna e flora e de colheitas no campo, do apoio contínuo na criação e manutenção de colecções (incluindo herbários e museus), da digitalização da informação taxonómica e de campo obtida, e do apoio a revisões taxonómicas;
- b) melhorar o conhecimento da distribuição das espécies dentro das ilhas, tanto em habitats nativos como nos habitats modificados pelo Homem;
- c) determinar os factores que desencadeiam a evolução de géneros com grande número de espécies (ver alguns exemplos para artrópodes no Capítulo 10) e a radiação, adaptativa e não-adaptativa. Isto permitirá identificar unidades evolutivas de grande importância para a conservação;
- d) investigar as ameaças provocadas pela invasão de espécies exóticas (plantas vasculares e também invertebrados) em habitats nativos, podendo colocar em risco a fauna e a flora indígenas;
- e) colaborar em acções direccionadas para a gestão da conservação de espécies incluídas em listas vermelhas, Directivas e Convenções. Como exemplo temos a “Lista Vermelha dos Briófitos da IUCN-2000” recentemente propostas pelo *IUCN SSC bryophyte specialist group*, contribuindo assim para salvar as espécies de musgos e hepáticas em maior perigo de extinção, muitas delas ocorrendo na Madeira (<http://www.redlist.org>);
- f) seleccionar áreas adicionais necessárias para a conservação da fauna e flora da Madeira e Selvagens, o que pode ser realizado com a ajuda da base de dados ATLANTIS (ver Capítulo 2).

As ilhas são os locais onde a denominada crise da biodiversidade é mais evidente e que, portanto, necessitam de uma atenção urgente (Whittaker 1998). As espécies endémicas dos arquipélagos da Madeira e das Selvagens estão limitadas a habitats muito particulares e estes estão sob grande ameaça devido a actividades de origem antropogénica, tais como actividades agrícolas, pastoreio excessivo, urbanização e espécies invasoras. Estas acções de pertur-

emphasize the value of the biodiversity in the archipelagos of Madeira and Selvagens. Moreover, this book offers a baseline for future human impact studies on the biodiversity of these archipelagos. The now available checklist will be also crucial for environmental management. In fact, agriculture and forestry, as well as species conservation projects will benefit from the presented data. The summarized information is particularly useful for environmental awareness, and most of the gathered data will be readily available to the general public, which will hopefully trigger further contributions from naturalists.

In conclusion, additional efforts should be undertaken in order to:

- a) improve the biodiversity knowledge of Madeira and Selvagens archipelagos. This task will depend on getting financial support to develop flora and fauna studies including field work, digitalization of all available species information and taxonomic revisions, as well as on the continuous maintenance of museum collections;
- b) improve the knowledge of within island species distribution, both in native and human-modified habitats;
- c) determine what triggers the evolution of species-rich genera (see some examples in Chapter 10 for arthropods) and adaptive or non-adaptive radiations. This will help in the identification of evolutionary significant units for conservation;
- d) investigate the effects of exotic species, both vascular plants and invertebrates, that are spreading in native habitats and may be putative threats to the indigenous fauna and flora;
- e) collaborate on the conservation management of species included in Red Lists, Directives and Conventions. For example, “The 2000 IUCN World Red List of Bryophytes” proposed by the IUCN SSC bryophyte specialist group, aims to safeguard many species of endangered mosses and liverworts some of which occur in the Madeiran islands (<http://www.redlist.org>);
- f) select additional areas crucial to the conservation of Madeiran indigenous fauna and flora. The ATLANTIS database (see Chapter 2) will be extremely useful for this task.

The biodiversity crisis is nowhere more apparent and in need of urgent attention than on islands (Whittaker 1998). The unique endemic species of Madeira Island are limited to particular habitats and some of these are under serious threat due to agricultural activities, urbanization, and invasive species. These disturbance actions pose serious difficulties for the conservation management of “*Barbusano laurissilva*” and “zambujal” (Menezes de Sequeira *et al.* 2007). Moreover, in the past conservation actions have been concentrated on emblematic groups, like endemic birds and seed plants, and it will be necessary to allocate resources to the conservation and research of less charismatic species, such as cryptogams (e.g. bryophytes) and invertebrates.

Usually greater emphasis upon species diversity is given in the conservation of protected areas, underestimating the

bação a longo prazo (e.g. na Laurissilva do barbusano e zambujal; Menezes de Sequeira *et al.* 2007), tornam difícil a planificação da conservação de certas áreas. Por outro lado, as acções de conservação têm sido geralmente direccionadas para grupos emblemáticos, como o das aves e o das plantas vasculares endémicas, sendo necessário alocar mais fundos para grupos menos carismáticos, como o das plantas criptogâmicas (e.g. briófitos) e o dos invertebrados.

Na conservação da biodiversidade tem sido dada mais ênfase às espécies e menos à complexidade do mosaico de habitats e ecossistemas, tendência que deve ser invertida. Nas ilhas da Madeira e de Porto Santo dever-se-á envolver igualmente os aspectos culturais da paisagem. De facto, a implementação da Rede Natura 2000 deverá implicar uma gestão eficaz da paisagem.

A concluir, esperamos que este livro, que obteve a sinergia de um grande número de autores, contribua para incentivar trabalhos de investigação e acções de conservação para preservar a diversidade destas ilhas. Em última análise, esperamos que esta obra concorra para uma maior sensibilização do público em geral para a conservação da biodiversidade dos arquipélagos da Madeira e das Selvagens. Na verdade, para cumprir o objectivo do Projecto intitulado “Biodiversidade 2010” (Convenção da Diversidade Biológica do programa ambiental das Nações Unidas), é urgente um sério compromisso por parte dos proprietários/gestores de território e políticos para com este desígnio.

## 6. Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer à I. Amorim a revisão cuidada da versão inglesa deste Capítulo. Este trabalho foi financiado pelo Projecto BIONATURA – EU Program INTERREG III B (2007-2008), sob a coordenação da “Dirección General de Política Ambiental del Gobierno de Canarias” e da Direcção Regional do Ambiente da Madeira. Os dados relativos aos fungos foram obtidos em parte a partir do projecto “Interconexiones biogeográficas de los Corticiáceos -Aphyllorphorales, Basidiomycota- macaronésicos” (Ref. CGL2005-o1192/BOS, Ministerio de Educación y Ciencia, Programa CGL-BOS, Espanha). O projecto financiado pela FCT, intitulado: “Áreas de Elevado Endemismo no Arquipélago da Madeira – Identificação de prioridades para a conservação da fauna endémica de insectos” (FCT – POCTI/BIA-BDE/59202/2004), deu um forte contributo para os dados de Coleoptera. Igualmente, os projectos da FCT sobre os briófitos da Madeira – “O género *Plagiochila* (Dum.) Dum. (Hepaticae) em Portugal e na Laurissilva da Madeira. Estudo morfológico, molecular e conservacionista” / FCT – POCTI/AGR/42502/2001 e “Diversidade de briófitos epifíticos na Laurissilva da Madeira. Abordagem molecular, biogeográfica e conservacionista” / FCT – POCTI/AGR/57487/2004 – foram importantes para a actualização dos dados sobre a brioflora.

mosaic complexity of landscape and ecosystems. Thus the conservation may also require an approach to the diversity connected to cultural landscapes existing at the inhabited Madeira and Porto Santo islands. In fact, the implementation of the Natura 2000 network should imply a rigorous management at a landscape level.

The preservation of the biodiversity of these unique islands is critical if the 2010 Biodiversity Target – Convention of Biological Diversity, United Nations Environmental Program (CBD 2007) is to be met, which will require a serious and prompt commitment from land management agents and politicians. We believe that this book will contribute to encourage further research and conservation actions to preserve the diversity of Madeira and Selvagens archipelagos, and hope that it will also raise the general public awareness for this pressing issue.

## 6. Acknowledgements

We wish to thank I. Amorim for her review of the English version. This study was funded by Project BIONATURA – EU Program INTERREG III B (2007-2008) and directed by “Dirección General de Política Ambiental del Gobierno de Canarias” (Canary Islands, Spain) and “Direcção Regional do Ambiente da Madeira” (Governo Regional da Madeira, Portugal).

Fungi data was obtained in the course of the Project “Interconexiones biogeográficas de los Corticiáceos (Aphyllorphorales, Basidiomycota) macaronésicos” Ref. CGL2005-o1192/BOS (Ministerio de Educación y Ciencia, Programa CGL-BOS, Espanha.) A significant part of the Coleoptera data was provided by the the FCT project (“Áreas de Elevado Endemismo no Arquipélago da Madeira – Identificação de prioridades para a conservação da fauna endémica de insectos” /FCT – POCTI/BIA-BDE/59202/2004). Also the FCT projects regarding Madeira Bryophytes: “O género *Plagiochila* (Dum.) Dum. (Hepaticae) em Portugal e na Laurissilva da Madeira. Estudo morfológico, molecular e conservacionista” / FCT – POCTI/AGR/42502/2001 and “Diversidade de briófitos epifíticos na Laurissilva da Madeira. Abordagem molecular, biogeográfica e conservacionista” / FCT – POCTI/AGR/57487/2004, were of great importance for the update of the Bryoflora data.

## 7. Referências bibliográficas | References

- Arechavaleta, M., Zurita, N., Marrero, M.C. & Martín, J.L. (2005) *Lista preliminar de especies silvestres de Cabo Verde (hongos, plantas y animales terrestres)*. Consejería de Medio Ambiente e Ordenación Territorial, Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife.
- Borges, P.A.V. (2005) Introduction. In *A list of the terrestrial fauna (Mollusca and Arthropoda) and flora (Bryophyta, Pteridophyta and Spermatophyta) from the Azores* (eds. P.A.V. Borges, R. Cunha, R. Gabriel, A.M.F. Martins, L. Silva, & V. Vieira), pp. 11–20, Direcção Regional de Ambiente and Universidade dos Açores, Horta, Angra do Heroísmo and Ponta Delgada.
- Borges, P.A.V. & Brown V.K. (1999) Effect of island geological age on the arthropod species richness of Azorean pastures. *Biological Journal of the Linnean Society*, **66**, 373–410.
- Borges, P.A.V., Cunha, R., Gabriel, R., Martins, A.F., Silva, L. & Vieira, V. (eds.) (2005) *A list of the terrestrial fauna (Mollusca and Arthropoda) and flora (Bryophyta, Pteridophyta and Spermatophyta) from the Azores*. Direcção Regional do Ambiente and Universidade dos Açores, Horta, Angra do Heroísmo and Ponta Delgada.
- Borges, P.A.V. & Hortal, J. (in press) Time, area and isolation: Factors driving the diversification of Azorean arthropods. *Journal of Biogeography*.
- Cadena, C.D., Ricklefs, R.E., Jimenez, I. & Bermingham, E. (2005) Ecology – Is speciation driven by species diversity? *Nature*, **438**, E1–E2.
- Capelo, J., Menezes de Sequeira, M., Jardim, R. & Mesquita, S. (2007) Biologia e ecologia das florestas das ilhas – Madeira. In *Árvores e Florestas de Portugal*. Volume 6, *Açores e Madeira – A Floresta das Ilhas* (ed. J. Sande Silva), pp. 81–134. Edição da Fundação Luso Americana para o Desenvolvimento, Público e Liga para a Protecção da Natureza.
- Carvalho, A.M.G. & Brandão, J.B. (1991) *Geologia do Arquipélago da Madeira*. Museu Nacional de História Natural, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- CBD (2007) *Conference of the Parties Decisions – Convention on Biological Diversity* (<http://www.biodiv.org/decisions/>).
- Emerson, B.C. & Kolm, N. (2005a) Species diversity can drive speciation. *Nature*, **434**, 1015–1017.
- Emerson B.C. & Kolm, N. (2005b) Ecology – Is speciation driven by species diversity? Reply. *Nature*, **438**, E2–E2.
- Emerson, B.C. & Kolm, N. (2007) Response to comments on Species diversity can drive speciation. *Ecography*, **30**, 334–338.
- Geldmacher, J., Bogaard, P., Hoernle, K. & Schmincke, H. (2000) Ar age dating of the Madeira Archipelago and hotspot track (eastern North Atlantic). *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **1**(2) (DOI 10.1029/1999GC000018).
- Gillespie, R. (2004) Community assembly through adaptive radiation in Hawaiian spiders. *Science*, **303**, 356–359.
- Huston, M.A. (1994) *Biological Diversity. The Coexistence of Species on Changing Landscapes*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Izquierdo, I., Martín, J.L., Zurita, N. & Arechavaleta, M. (eds.) (2001) *Lista de Especies Silvestres de Canarias. Hongos, Plantas y Animales*. Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente, Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife.
- Izquierdo, I., Martín, J.L., Zurita, N. & Arechavaleta, M. (eds.) (2004) *Lista de especies silvestres de Canarias (hongos, plantas y animales terrestres)*. 2nd, Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente del Gobierno de Canarias.
- Kiflawi, M., Belmaker, J., Brokovich, E., Einbinder, S. & Holzman, R. (2007) Species diversity can drive speciation: comment. *Ecology*, **88**, 2132–2135.
- MacArthur, R.R. & Wilson, E.O. (1963) An equilibrium theory of insular zoogeography. *Evolution*, **17**, 373–387.
- MacArthur, R.R. & Wilson, E.O. (1967) *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton.
- May, R.M. (1988) How many species are there on earth? *Science*, **241**, 1441–1449.
- Menezes de Sequeira, M., Jardim, R. & Capelo, J. (2007) A Chegada dos portugueses às ilhas – o antes e o depois – Madeira. In *Série de Livros “Árvores e Florestas de Portugal”*. Volume 6, *Açores e Madeira – A Floresta das Ilhas* (ed. J. Sande Silva), pp. 165–196. Edição da Fundação Luso Americana para o Desenvolvimento, Público e Liga para a Protecção da Natureza.
- Myers, N., Mittermeyer, R.A., Mittermeyer, C.G., Fonseca, G.A.B. & Kents, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, **403**, 853–858.
- Pereira, H.M., Proença, V.M., & Vicente, L. (2007) Does species diversity really drive speciation? *Ecography*, **30**, 328–330.
- Quintal, R. & Vieira, M.J. (1985) *Ilha da Madeira – Esboço de geografia física*. Secretaria Regional do Turismo e Cultura, Madeira.
- Ribeiro, L., Ech-Chakroun, S., Mata, J., Boven, A., Mattioli, N., Hus, J. & Maerschalk, C. (2005) Elemental and lead isotopic evidence for coeval heterogeneities at Madeira/Desertas mantle source. In *Acts of VIII Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa (Portugal)* (ed. Anonymous), pp. 485–488.
- Rosenzweig, M.L. (2001) Loss of speciation rate will impoverish future diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **98**, 5404–5410.
- Rosenzweig, M.L. (2003) Reconciliation ecology and the future of species diversity. *Oryx*, **37**, 194–205.
- Sluys, R. (1983). A new species of land planarian from Madeira (Platyhelminthes, Turbellaria, Tricladida). *Journal of Zoology*, **4**, 433–443.
- Stephens, P.R. & Wiens, J.J. (2003) Explaining species richness from continents to communities: the time-for-speciation effect in emydid turtles. *The American Naturalist*, **161**, 112–128.
- Tokeshi, M. (1999) *Species Coexistence – Ecological and Evolutionary Perspectives*. Blackwell Science, London.
- Whittaker, R.J. (1998) *Island Biogeography. Ecology, Evolution and Conservation*. Oxford University Press, Oxford.
- Whittaker, R.J., Ladle, R.J., Araújo, M.B., Fernández-Palacios, J.M., Delgado, J. & Arévalo, J.R. (2007) The island immaturity – speciation pulse model of island evolution: an alternative to the “diversity begets diversity” model. *Ecography*, **30**, 321–327.
- Whittaker, R.J., Triantis, K.A. & Ladle, R.J. (2008) A general dynamic theory of oceanic island biogeography. *Journal of Biogeography*, **35**, in press.
- Witt, C.C. & Maliakal-Witt, S. (2007) Why are diversity and endemism linked on islands? *Ecography*, **30**, 331–333.
- Zurita, N. & Arechavaleta, M. (2003) Banco de datos de Biodiversidad de Canarias. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, **32**, 293–294.

