

Monitorização aerobiológica da cidade do Funchal (2003-2007)

Aerobiological monitoring in Funchal (2003-2007)

Data de recepção / Received in: 30/01/2009

Data de aceitação / Accepted for publication in: 24/07/2009

Rev Port Imunoalergologia 2009; 17 (5): 419-434

Irene Câmara¹, Ana Margarida Fernandes¹, Rita Câmara²

¹ Centro de Estudos da Macaronésia / Centre for Macaronesian Studies – Universidade da Madeira, Funchal

² Unidade de Imunoalergologia / Immunology Unit – Centro Hospitalar do Funchal

RESUMO

Fundamento: A aerobiologia constitui um importante contributo na abordagem da doença alérgica, nomeadamente da alergia respiratória. O estudo aeropalinológico representa uma mais-valia para o conhecimento, monitorização e controlo da doença. O facto de não existirem estudos anteriores desta natureza nesta região, e dada a sua necessidade e interesse, constituiu motivo para a sua realização. **Objectivo:** Determinar e analisar a composição aerobiológica da atmosfera da cidade do Funchal no período de 2003 a 2007. **Material e métodos:** A recolha de amostras de ar foi realizada com um polinómetro do tipo volumétrico, tipo Hirst (Burkard). Foi analisada a influência dos parâmetros meteorológicos na ocorrência dos vários tipos de pólen. **Resultados:** Constataram-se diferenças no conteúdo aerobiológico comparativamente ao restante território nacional. No espectro polínico dominaram as Poaceae e Urticaceae, plantas ornamentais (Asteraceae, Boraginaceae, Cupressaceae) e as representativas da faixa norte da cidade (Ericaceae, Myrtaceae e Pinaceae). A Primavera e o início de Verão corresponderam às épocas de maior diversidade e concentração de pólenes. Verificou-se a ocorrência de um maior número de pólenes quando a humidade se situou entre os 50 e os 60 % e a precipitação e velocidade do vento atingiram valores mais baixos. A análise da variação intra-diurna observada revelou haver uma maior concentração de pólenes no período da manhã e início da tarde. **Conclusões:** As diferenças encontradas no espectro polínico da cidade do Funchal são explicadas por variáveis intrínsecas desta região, como a composição vegetal, a localização da cidade, as condições geoclimáticas inerentes e a influência dos parâmetros meteorológicos, nomeadamente a temperatura e a humidade relativa. Este estudo aerobiológico confere dados para o estabelecimento do primeiro calendário polínico da região e a definição de padrões de sazonalidade. O mesmo será útil na abordagem diagnóstica mais correcta da patologia alérgica e/ou respiratória e na implementação de estratégias de tratamento específicas e mais adequadas.

Palavras-chave: Aerobiologia, Funchal, Madeira, pólen atmosférico.

ABSTRACT

Background: Aerobiology strengthens the knowledge of respiratory allergy. Aeropalinological study is an additional factor in disease knowledge, monitoring and control. The lack of this kind of study in the region, along with its interest and importance was the motivation for undertaking this work. **Aims:** This study aimed to analyse and map the airborne pollen concentrations in Funchal during the 2003-2007 period. **Material and methods:** Sampling was done with a Hirst type volumetric trap (Burkard). Climate parameters were correlated to pollen occurrence. **Results:** Some differences were found between Funchal's and mainland Portugal's airborne pollen spectrum. There was a predominance of Poaceae and Urticaceae, ornamental plants (Asteraceae, Boraginaceae, Cupressaceae) and those from the city's northern strip (Ericaceae, Myrtaceae and Pinaceae). Spring and early summer had the greatest pollen diversity and concentration. We found a higher pollen count when atmospheric humidity was about 50-60% and rain and wind speed were at their lowest levels. Analysis of intra-daily pollen variation showed a higher pollen count in the morning and early afternoon. **Conclusion:** The pollen spectrum differences found in Funchal are explained by the region's specific characteristics, such as vegetation pattern, city location and subsequent geo-climatic conditions, and the influence of climate parameters, namely air temperature and relative humidity. This aerobiological study allows us to establish the first pollinic calendar for the region and to assess the seasonal pattern. It will be useful for a more accurate diagnosis of allergic and/or respiratory disease and to implement the most appropriate treatment strategies.

Key-words: Aerobiology, Funchal, Madeira, pollen.

INTRODUÇÃO

As condições ambientais exercem uma influência importante na qualidade de vida da população residente. Muitas das doenças alérgicas mais prevalentes são causadas ou agravadas por pólenes, que evidenciam marcada sazonalidade e alteram-se consoante as condições meteorológicas. O modo de dispersão das partículas na atmosfera depende da composição florística local, de factores meteorológicos que variam de ano para ano e de uma região para outra¹. Por esta razão, em vários países, na Europa inclusive, as redes de monitorização aerobiológica estabelecidas durante os últimos 10 anos têm servido de base a projectos e modelos de previsão da prevalência do pólen na atmosfera, a par dos programas de previsão meteorológica².

Historicamente, as primeiras investigações surgiram em função do conhecimento do efeito dessas partículas na saúde

INTRODUCTION

Environmental conditions wield a heavy influence on the quality of life of the resident population. Some of the most prevalent allergic diseases are caused or aggravated by pollens and these are heavily seasonal and vary along with weather conditions. The way particles are dispersed in the air depends on the composition of the local floral and climate factors which vary from year to year and from region to region¹. Accordingly, several European countries have set up aerobiological monitoring over the last decade, which has been used as the basis for projects and models predicting the prevalence of airborne pollen, in a similar way to climate factor prediction programmes².

Historically speaking, the first studies emerged to increase the knowledge of the effect of these parti-

humana, sobretudo a nível respiratório. Actualmente, a investigação aerobiológica estende-se aos mais diversos âmbitos, da agricultura à fitopatogenia e zoopatogenia ou à poluição atmosférica. A informação sobre a presença de pólenes e esporos de fungos na atmosfera numa dada região constitui um dado de interesse pelo facto de o conhecimento das épocas de ocorrência dos pólenes e fungos no ar ajudar à interpretação do aparecimento de sintomatologia alérgica e à adopção de medidas terapêuticas mais adequadas^{3,4,5}.

A incidência das doenças alérgicas crónicas é elevada e tende a aumentar. Embora a polinose não seja considerada *per se* uma doença de elevado risco, os sintomas da alergia são persistentes ao longo da vida do doente. Os efeitos incluem um declínio na qualidade de vida dos doentes alérgicos, custos socioeconómicos devido ao absentismo escolar ou laboral, tratamentos longos e onerosos, entre outros. No sentido de reduzir estes efeitos, é essencial promover a prevenção junto dos doentes, fornecendo-lhes informação e instrumentos personalizados que os possam ajudar a adoptar medidas ambientais imediatas¹.

No país existe um número elevado de doentes alérgicos, atingindo longitudinalmente todas as faixas etárias. Embora variando entre regiões, as polinoses constituem, a nível nacional, a segunda maior causa de alergia respiratória, depois dos ácaros do pó doméstico. A polinose mais frequente é devida ao pólen de gramíneas, seguida de parietária, oliveira, plantago e artemísia⁶. Na Região Autónoma da Madeira as patologias alérgicas apresentam elevada prevalência, sendo responsáveis por uma elevada morbilidade⁷. A Madeira é igualmente a região do país que apresenta uma prevalência e gravidade da asma mais elevadas. No Funchal, constatou-se através do ISAAC (fase I) índices de maior gravidade da asma brônquica do que no restante território português^{8,9}. A prevalência de sensibilização a pólenes, determinada numa população de doentes com rinite perianual da consulta de Imunoalergologia do Hospital Central do Funchal (HCF), atinge os 64,7% para mais de três tipos de pólenes¹⁰. Os factores genéticos e ambientais parecem agir simultaneamente, resultando numa prevalência substancialmente elevada de doenças alérgicas e de atopia⁹.

cles on human health, particularly at respiratory level. Aerobiological research currently encompasses a range of areas, such as agriculture, phytopathogen and zoopathogen studies and airborne pollution. Information on airborne pollen or fungal spores in a given region is a source of knowledge to understand the seasons in which airborne pollen or fungi are rife and helps to interpret the occurrence of allergic symptoms and to adopt the most suitable treatment methods^{3,4,5}.

There is a high and increasing rate of chronic allergic diseases. While pollinosis in itself is not considered a high-risk disease, allergy symptoms persist throughout the patient's life. Effects include a decline in the quality of life, the socio-economic costs of absenteeism from school or work and long and costly treatments, among others. To minimise these, it is vital to promote prevention in patients, supplying them with individualised information and tools to help adopt immediate environmental measures¹.

Portugal has a high number of allergic patients of all ages. Although there are differences among regions, pollinosis is the second most important cause of respiratory allergy country-wide, with house-dust-mite allergy being the first. The most prevalent pollen allergy is to grass pollens, then *Parietaria*, Olive tree, *Plantago* and *Artemisia*⁶. There is a high incidence of allergic diseases in Madeira and these induce high morbidity⁷. Portugal's highest prevalence of severe asthma is also registered in Madeira. The ISAAC survey (phase I) describes more severe indexes of bronchial asthma in Funchal than in the rest of Portugal^{8,9}. The rate of pollen sensitisation, assessed in a population of patients with year-round rhinitis at the Immunoallergy Unit at the Hospital Central do Funchal (H.C.F.), reached 64.7% to more than three types of pollen¹⁰. Genetic and environmental factors seem to act simultaneously, resulting in a markedly high prevalence of allergic diseases and atopy⁹.

Situação geográfica e geoclima do arquipélago da Madeira

A Madeira localiza-se entre as latitudes 32° 24' e 33 07' N e as longitudes de 16° 16' e 17° 16' W, sendo a maior ilha do arquipélago localizado aproximadamente a 970 km a sudoeste de Portugal continental. A Madeira, com 63 km de comprimento, 23 km de largura máxima e uma área de 736,75 km², apresenta uma cordilheira montanhosa ou maciço central com orientação este-oeste, onde se situam os pontos mais altos da ilha e individualizando as vertentes norte e sul. A vertente norte é mais exposta aos ventos dominantes, mais húmida, com maior pluviosidade e menor exposição solar do que a vertente sul¹¹.

Breve descrição da área de estudo

A cidade do Funchal ocupa uma área de 76,3 km² e representa o maior núcleo populacional da Madeira, cerca de 50% a 60% do total de residentes. A geomorfologia da paisagem onde a área urbana se implanta surge como uma encosta de grandes dimensões, disposta em anfiteatro, delimitada a sul pelo mar, a norte pelo maciço montanhoso do pico do Areeiro, a oeste pelo complexo da Ponta da Cruz-Pico dos Barcelos e a este pelo cabo de S. Gonçalo-Infante. A cidade tem vindo a expandir-se em direcção à montanha, delimitada por uma floresta constituída predominantemente por árvores exóticas – pinheiros, acácias e eucaliptos – que substituíram as espécies indígenas existentes aquando do povoamento^{11,12}. As ribeiras que atravessam e estruturam a cidade do Funchal são elementos marcantes da paisagem, constituindo corredores verdes com variadas espécies da flora indígena e exótica. Entre as indígenas, observa-se o vinhático (*Persea indica*), o til (*Ocotea foetens*), a faia-das-ilhas (*Myrica faya*) e a gingeira-brava (*Prunus lusitanica*). Das espécies exóticas sobressaem os fetos arbóreos, os bambus, as casuarinas e as buganvílias¹².

Este trabalho teve como objectivo analisar e caracterizar o conteúdo polínico da atmosfera da cidade do Funchal no período de 2003 a 2007.

The archipelago of Madeira's geographical and geo-climatic position

Madeira is situated between the 32° 24' and 33 07' N latitudes and the 16° 16' and 17° 16' W longitudes. It is the largest island in the archipelago, located approximately 970 km southwest of mainland Portugal. Madeira is 63 km long, 23 km at its widest part, and has an area of 736.75 km², with an east-west series of peaks or central massif, where the island's highest peaks are located, and separate north and south slopes. The northern slope is more open to the dominant winds and is more humid, with a greater rainfall and smaller sun exposure than the southern slope¹¹.

Brief description of the study area

Funchal has an area of 76.3 km² and is Madeira's most heavily populated nucleus, comprising around 50-60% of the island's population. The geomorphology of the countryside in which the urban area is situated is a large slope of an amphitheatre. The city's southern boundary is the sea, the northern the Pico do Areeiro mountain peaks, the east the Ponta da Cruz-Pico dos Barcelos complex and the west the S. Gonçalo-Infante cape. The city has spread out towards the mountain, surrounded by a forest which is mainly composed of exotic trees – pine, acacia and eucalyptus – which were introduced during human settlement, and have replaced the indigenous existing species^{11,12}. Small rivers criss-cross Funchal, giving it its structure and defining the landscape, making green corridors filled with a variety of indigenous and exotic species of flora. Examples of indigenous flora include the *Vinhático* (*Persea indica*), the til (*Ocotea foetens*), the faya tree (*Myrica faya*) and the Portuguese Cherry Laurel (*Prunus lusitanica*). Exotic species include tree ferns, bamboos, casuarinas and bougainvilleas¹².

This study aimed to analyse and map the airborne pollen concentrations in Funchal over the period of 2003-2007.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo reporta ao período de 1 de Janeiro de 2003 a 31 de Dezembro de 2007. Na captação das partículas aerovagantes da atmosfera foi utilizado um polinómetro tipo Hirst (Burkard Manufacturing Co. Ltd, Reino Unido). É um captador do tipo volumétrico, cujo modo de funcionamento e metodologia de análise seguem as normas recomendadas pela Rede Europeia de Aerobiologia.

O polinómetro está localizado no terraço do Hospital Dr. João de Almada (32° 40' 04" N, 16° 54' 18" O; altura ao solo: 10 m; altitude: 365 m). O aparelho funciona a corrente eléctrica e é composto essencialmente por uma bomba que aspira um fluxo de 10 L de ar/min. O ar entra em contacto com um tambor contendo uma fita de melinex (14 mm X 336 mm) (Lanzoni) impregnada de solução de silicone (Lanzoni). O tambor está ligado a um mecanismo de relojoaria que o mantém a girar a uma velocidade de 2 mm/h durante 7 dias. Findo esse tempo, o tambor é retirado e substituído por outro contendo nova fita impregnada com solução de silicone. Entre Janeiro e Fevereiro de 2006, bem como em Dezembro do mesmo ano, ocorreu uma falha técnica na bomba de sucção do polinómetro que forçou à paragem do aparelho. Uma vez reparado e calibrado, o polinómetro continuou a funcionar normalmente. Os dados meteorológicos relativos ao período em estudo foram gentilmente cedidos pelo Instituto de Climatologia e Meteorologia do Funchal (32° 38' 51" N, 16° 53' 31" O).

Tratamento das amostras

As amostras foram processadas e analisadas no laboratório de aerobiologia da Universidade da Madeira. A fita de melinex foi desmontada do tambor, colocada sobre uma régua de acrílico (Lanzoni) e cortada segundo as divisões da régua, cada uma correspondendo a 24 horas de captação. Os pedaços foram transferidos para lâminas de vidro, previamente etiquetadas, contendo uma gota de água para facilitar a adesão das porções cortadas. Em seguida depositou-se duas gotas de glicerina-gel (Merck) com fucsina (Lanzoni) aquecida a 60° sobre a fita e cobriu-se com a lamela. Após

MATERIAL AND METHODS

Our study period was January 1st 2003 through December 31st 2007. Airborne pollen sampling was done with a Hirst type volumetric trap (Burkard Manufacturing Co. Ltd, UK) designed to perform analyses accordingly to the European Aerobiology Network recommendations.

The pollen trap is situated on the terrace of Hospital Dr. João de Almada (32° 40' 04" N, 16° 54' 18" W; 10 m above ground, at an altitude of 365 m). The device runs on electrical current and is made up of a pump that aspirates a flow of 10 L of air/min. The air enters a drum which contains a 14 mm X 336 mm melinex strip (Lanzoni) soaked in a silicone solution (Lanzoni). The drum is connected to a clockwork mechanism, which keeps it revolving at a speed of 2 mm/h for 7 days, after which the drum is removed and replaced by another with a new strip. There was a mechanical breakdown of the device's suction pump between January and February 2006, and also in December of the same year, which caused a shut down of the equipment. Once repaired and calibrated, the pollen trap resumed its normal work. The meteorological data for the whole study period was kindly supplied by the Funchal Institute of Climatology and Meteorology (32° 38' 51" N, 16° 53' 31" W).

Sample processing

The samples were processed and analysed in the Aerobiology Laboratory of the University of Madeira. The melinex strip was taken from the drum, placed on an acrylic ruler (Lanzoni) and cut following the ruler's divisions, with each one corresponding to a 24 hours sample. The sections were transferred onto labelled glass slides containing a drop of water to promote the adhesion of the cut sections. Next, two drops of glycerin gel (Merck) with fuchsine (Lanzoni) heated to 60 °C were added to the strip and it was covered with a

a montagem, a preparação foi colocada numa placa de aquecimento (Hoffer) a 30°, exercendo-se uma ligeira pressão do centro em direcção aos lados da preparação com a ajuda de um estilete cilíndrico, de forma a facilitar a distribuição do corante por toda a superfície da amostra.

Análise e identificação do material

A identificação dos pólenes realizou-se com a ajuda do material de referência da palinoteca *PALE*, montada para o efeito e através do recurso às seguintes obras: Saa Otero *et al.*¹³, Smith¹⁴, Smith¹⁵ e Moore *et al.*¹⁶.

As amostras foram observadas num microscópio óptico (Leitz) na objectiva de 40 X. Sobre a preparação foi colocada uma tira de acetato contendo um retículo com 24 linhas longitudinais distas 2 mm e 4 linhas horizontais, distas 3 mm e dispostas a partir do centro. Efectuaram-se 4 varrimentos horizontais e contabilizou-se o número de partículas por hora.

A identificação dos tipos polínicos baseou-se na flora de Press e Short¹⁷.

Os géneros polínicos foram agrupados e ordenados por famílias. Os dados apresentados são expressos em grãos por m³ de ar, quando não especificada outra unidade. Os dados foram analisados nos programas Microsoft Excel 2003 e SPSS versão 14. A correlação entre a concentração de pólenes e as variáveis meteorológicas foi calculada usando o coeficiente de correlação de Spearman, dado as concentrações de pólenes não seguirem um modelo de distribuição normal. Foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis na comparação das médias das concentrações polínicas entre anos e o teste ANOVA na comparação das médias dos parâmetros ambientais entre anos.

RESULTADOS

Análise polínica global

No período de estudo, as concentrações polínicas totais mais elevadas registaram-se em 2006 com 1334,6 grãos de pólen/m³ de ar, enquanto as mais baixas se verificaram em

coverslide. The preparation was then placed on a heating plate (Hoffer) at 30°C and a slight pressure was applied from the middle towards the sides using a cylindrical probe to help spread the colorant over the sample's surface.

Material analysis and identification

Pollen identification was performed using *PALE* Pollenoteca reference material set up for that purpose and according to the studies of Saa Otero *et al.*¹³, Smith¹⁴, Smith¹⁵ and Moore *et al.*¹⁶.

The samples were observed using an optical microscope (Leitz) with a 40 X amplification lens. An acetate strip with a reticle with twenty-four 2 mm spaced longitudinal lines and four 3 mm spaced horizontal lines located in the centre was placed on the preparation. Four horizontal sweeps were made and the number of particles per hour was counted.

The pollen types were identified based on the Press and Short¹⁷ flora.

The pollen genera were grouped and ordered into families. The presented data are expressed in grains per m³ of air when no other unit is specified. The data were analysed using the Microsoft Excel 2003 program and SPSS program version 14. Correlation between pollen concentration and climate variables was calculated using the Spearman correlation coefficient as the data on pollen concentration did not follow a normal distribution model. We used the Kruskal-Wallis test to compare mean pollen counts between years and the ANOVA test to compare mean environmental parameters between years.

RESULTS

Overall pollen analysis

Over the study period, the heaviest overall pollen concentrations were in 2006, with 1334.6 grains of pollen/m³ of air and the lowest were in 2004 with

2004, com 450,9 grãos de pólen/m³ de ar. Em 2003 registou-se 500,0 grãos de pólen/m³, sendo as concentrações em 2005 e 2007 de 609,1 e de 887,6 grãos de pólen/m³, respectivamente. As concentrações mais elevadas de pólenes verificaram-se entre Abril e Junho nos anos 2003 a 2005. Nos anos seguintes também ocorreram picos de concentração entre Abril e Junho, surgindo em 2006 dois novos picos em Junho e Agosto e um pico mais precoce, em Março de 2007. Maio foi o mês que apresentou os valores polínicos absolutos mais elevados, e Dezembro os mais baixos (Fig. 1A). Verificou-se a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as concentrações polínicas dos vários anos de estudo (teste Kruskal Wallis, $p=0,006$) (Quadro 1).

450.9 grains of pollen/m³ of air. In 2003, 500.0 grains of pollen /m³ were registered, with 2005 and 2007 counts of 609.1 and 887.6 grains of pollen /m³, respectively. The highest pollen counts were detected between April and June 2003-2005. In the following years, peak concentrations also occurred between April and June and two new peaks were observed in June and August 2006 and an earlier peak in March 2007. The month of May had the highest absolute levels and December the lowest (Fig. 1A). We found statistically significant differences between the pollen counts of the several years of the study (Kruskal-Wallis test, $p = 0.006$) (Table 1).

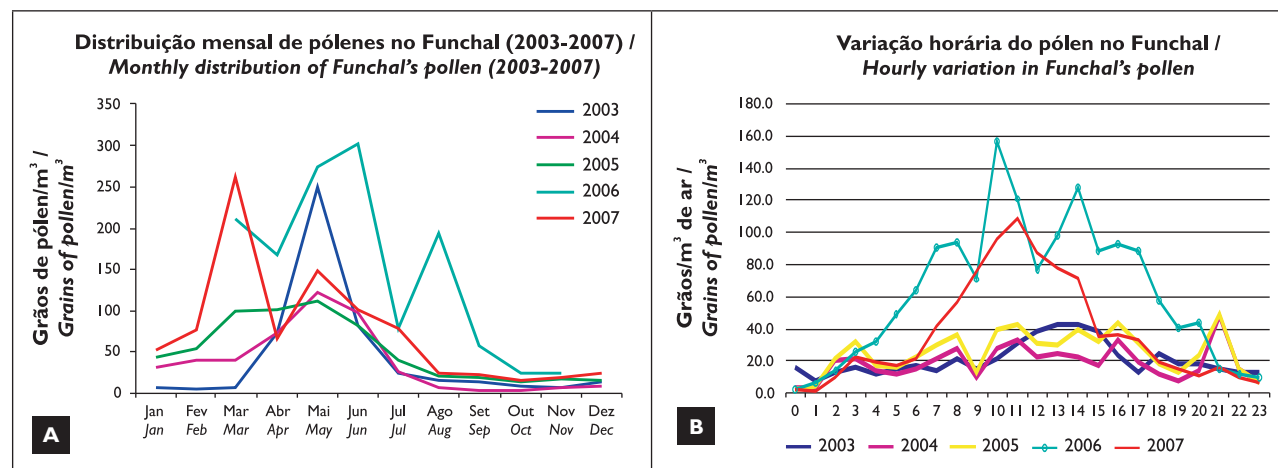


Figura 1. Concentrações atmosféricas de pólenes na cidade do Funchal. (A) Flutuações mensais. (B) Média da concentração horária de pólen por m³ de ar

Figure 1. Airborne pollen concentrations in Funchal. (A) Monthly variations. (B) Mean hourly pollen concentration per m³ of air

Quadro 1. Resultado da aplicação do teste Kruskal Wallis para a comparação das médias das variáveis entre anos

Table 1. Results of the Kruskal-Wallis test to compare the mean of the variables between the studied years

	Pólen/ Pollen	Temperatura média/ Mean temperature	Temperatura máxima/ Maximum temperature	Temperatura mínima/ Minimum temperature	Humidade relativa/ Relative humidity	Precipitação/ Precipitation	Velocidade do vento/ Wind speed
χ^2	14.424	2.230	1.535	1.329	3.704	2.076	1.300
Significância/ Significance	.006	.694	.820	.856	.448	.722	.861

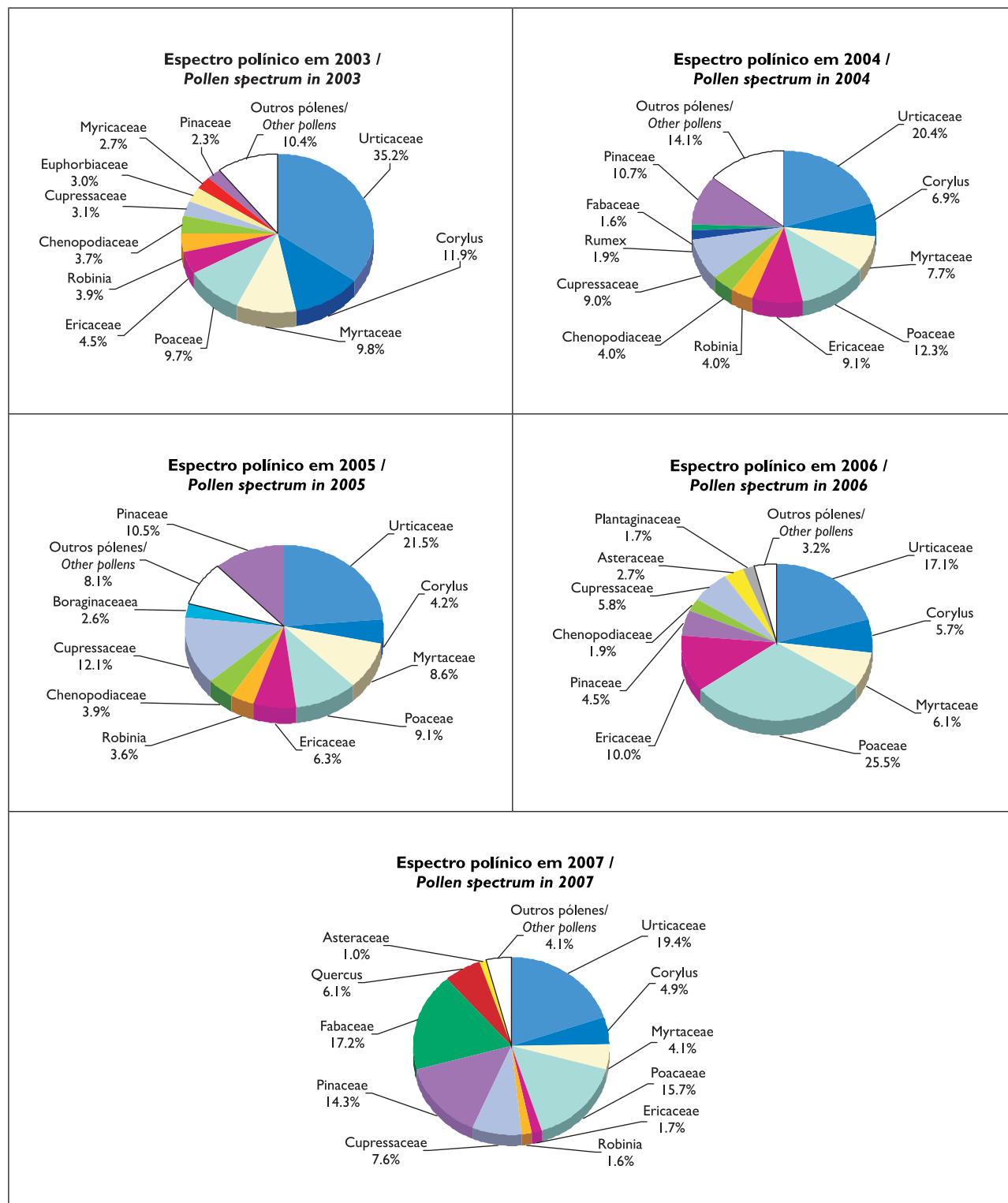


Figura 2. Tipos polínicos mais frequentes na atmosfera do Funchal (2003-2007)
Figure 2. Most frequent airborne pollen types in Funchal (2003-2007)

As concentrações atmosféricas de pólenes foram de uma forma geral mais elevadas das 11.00 às 16.00 e às 21 horas, entre 2003 e 2005, correspondendo em média a 40 grãos pólen/m³ de ar. Nos anos seguintes, os picos de concentração polínica ocorreram entre as 08.00 e as 14.00 horas, variando entre 70 e 160 grãos pólen/m³ de ar (Fig. 1 B).

Durante o período de estudo observou-se um total de 50 tipos polínicos, distribuídos por 39 famílias, contabilizando-se em média 28 tipos polínicos por ano. Os tipos polínicos mais frequentes, por ordem de importância foram: Urticaceae (21,5%), Poaceae (17,4%), Pinaceae (8,3%), Cupressaceae (7,4%) e Myrtaceae (6,8%) (Fig. 2).

Parâmetros meteorológicos

A temperatura média mensal na ilha da Madeira variou genericamente entre os 17°C e os 25°C, com os mínimos registados no período compreendido entre Dezembro e Abril, e os máximos entre Julho a Setembro. De modo geral, a temperatura apresenta uma amplitude anual relativamente baixa (Fig. 3 A).

A humidade relativa variou entre os 50 e os 70%, sendo normalmente mais elevada nos meses de Verão e mais baixa no Inverno. Os valores da precipitação foram muito baixos, ocorrendo sobretudo nos finais do Inverno e no mês de Abril. A precipitação reapareceu no início do Outono, atingindo em média os 3,5 mm (Fig. 3 B).

A velocidade do vento apresentou um padrão regular no período em estudo, observando-se os valores mais baixos entre Junho e Julho, na ordem dos 4,8 km/h. Nos meses de Fevereiro e Dezembro o vento foi fraco a moderado, atingindo em média os 7 km/h (Fig. 3C). A aplicação do teste ANOVA aos parâmetros meteorológicos revelou a inexistência de variações significativas entre os anos estudados (valores de *p* variando de 0,823 a 0,235).

O teste de Spearman revelou a existência de correlação estatisticamente significativa entre a concentração de pólenes e a precipitação (coeficiente de correlação de Spearman=-280; *p*=0,035) e a intensidade do vento (coeficiente de correlação de Spearman=-270; *p*=0,043) (Quadro 2). Da análise de dis-

In general, the airborne pollen counts were higher from 11.00 to 16.00 hrs and at 21.00 hrs, between 2003 and 2005, corresponding to an average of 40 grains of pollen /m³ of air. Pollen count peaks were observed between 08.00 and 14.00 hrs over the following years, ranging from 70 to 160 grains of pollen / m³ of air (Fig. 1 B).

We detected a total of 50 pollen types over the studied period, distributed into 39 families, accounting for an average of 28 pollen types a year. The most frequently found pollen types were, in order of importance, Urticaceae (21.5%), Poaceae (17.4%), Pinaceae (8.3%), Cupressaceae (7.4%) and Myrtaceae (6.8%) (Fig. 2).

Meteorological parameters

The mean monthly temperature in Madeira Island ranged from 17 °C to 25 °C, with the lowest registered between December and April and the highest between July and September. Overall, the temperature had relatively low annual amplitude (Fig. 3 A).

Relative humidity ranged from 50% to 70% and was usually higher in the summer and lower in winter. Precipitation was low, occurring mostly at the end of the winter and in April, reappearing at the beginning of autumn and reaching 3.5 mm (Fig. 3 B).

Wind speed presented a regular pattern during the study period, with the lowest values in June and July (4.8 Km/h). February and December had weak to moderate winds, reaching a mean of 7 Km/h (Fig. 3C). Applying the ANOVA test on the meteorological parameters it showed no significant variations between the years of the study period (*p* values ranging from 0.823 to 0.235).

The Spearman test showed a statistically significant correlation between the pollen counts and precipitation (Spearman correlation coefficient=-280; *p*=0.035), and wind speed (Spearman correlation coefficient=-270; *p*=0.043) (Table 2). Analysing the distribution of the

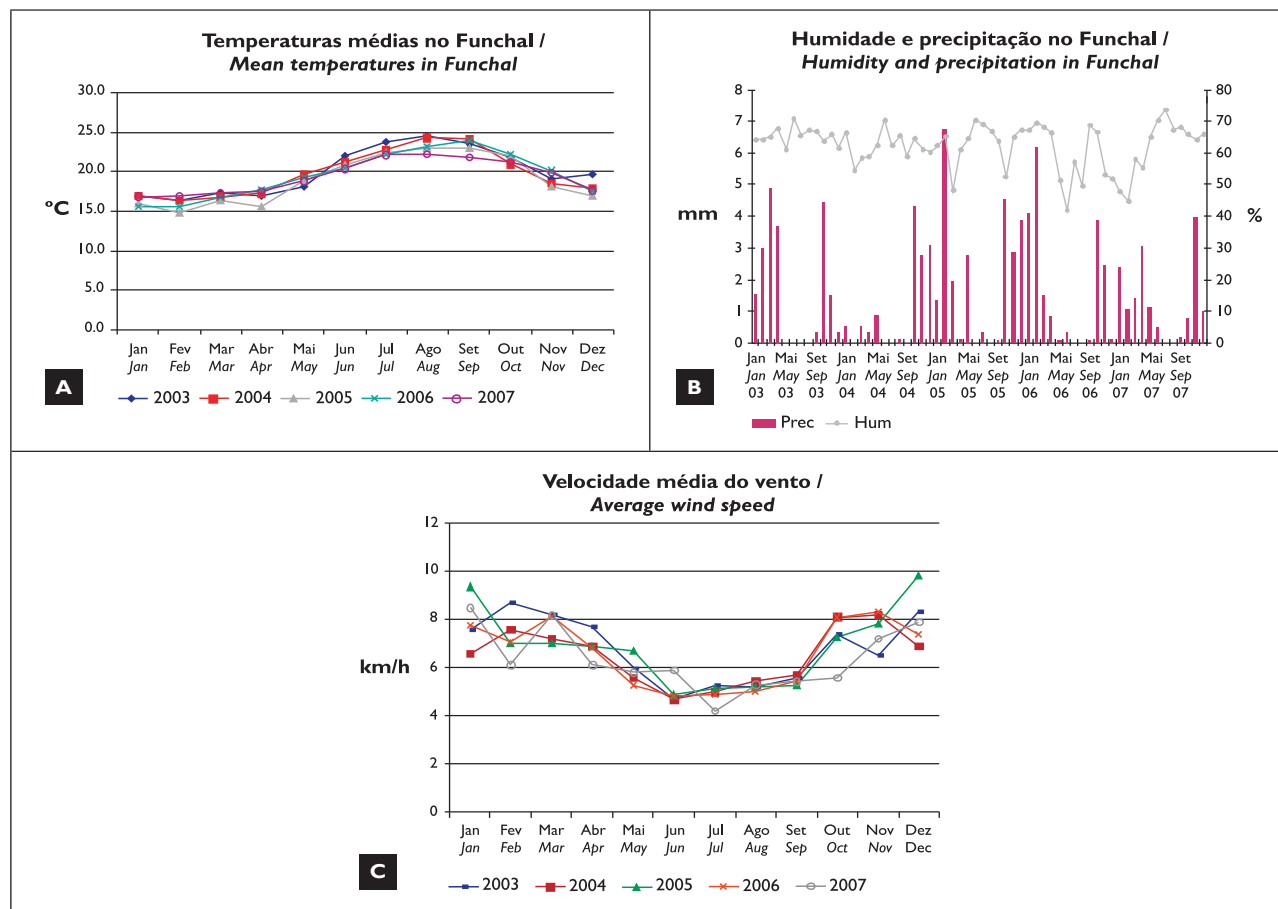


Figura 3. Parâmetros meteorológicos observados durante o período de estudo. (A) Temperaturas médias. (B) Humidade relativa e precipitação. (C) Velocidade do vento

Figure 3. Meteorological parameters measured during the study period. (A) Mean temperatures. (B) Relative humidity and precipitation. (C) Wind speed

Quadro 2. Coeficientes de correlação de Spearman (r) entre as concentrações polínicas e as variáveis ambientais

Table 2. Spearman correlation coefficients (r) between the pollen counts and the environmental variables

	Pólen/ Pollen	Temperatura Média/ Mean Temperature	Temperatura Máxima/ Maximum Temperature	Temperatura Mínima/ Minimum Temperature	Humidade Relativa/ Relative Humidity	Precipitação/ Precipitation	Velocidade do vento/ Wind speed
Pólen/Pollen							
Coeficiente de correlação (r)/ Correlation coefficient (r)	1.000	-.212	-.172	-.202	-.091	-.280*	-.270*
Significância/ Significance	—	.114	.201	.133	.503	.035	.043

* Nível de significância / Level of significance: $p < 0.05$

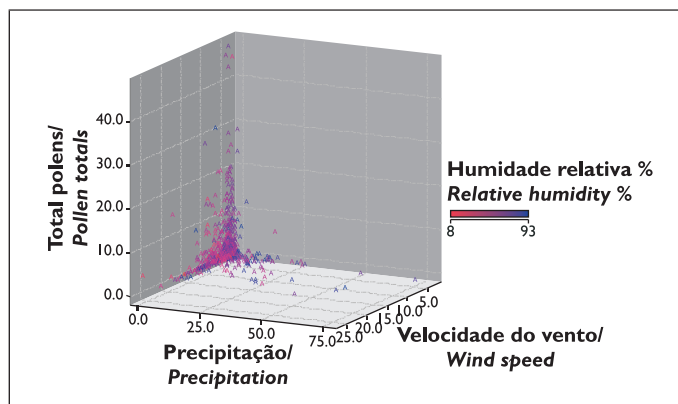


Figura 4. Gráfico de dispersão conjunta que relaciona o número total de pólenes, a precipitação, a velocidade do vento e a humidade relativa
Figure 4. Joint dispersion graphic relating the total number of pollens, precipitation, wind speed and relative humidity

tribuição efectuada para as variáveis meteorológicas, verifica-se que houve maior número de pólenes atmosféricos quando a humidade relativa variou entre os 50 e 60 % e a precipitação e velocidade do vento atingiram valores mais baixos (Fig. 4).

DISCUSSÃO

Composição aerobiológica do Funchal

A cidade do Funchal apresenta uma composição aerobiológica particular devido ao clima favorável, que permite a floração de diversas espécies durante todo o ano.

No espectro polínico dominam as Poaceae e as Urticaceae, várias plantas ornamentais (Asteraceae, Boraginaceae, Cupressaceae) e as representativas da faixa norte da cidade (Ericaceae, Mytaceae e Pinaceae). As gramíneas constituem um elemento habitual na paisagem urbana, bem como nas zonas limítrofes da mesma. Comparativamente a outras regiões do país, o espectro polínico é semelhante¹⁸, embora se destaque para esta região a expressividade do tipo *Corylus* no total polínico anual. O espectro polínico das ilhas Canárias, por exemplo, é semelhante ao do território continental espanhol^{19,20}. Para além deste facto, o número de tipos polínicos observados e a frequência com que ocorrem assemelham-se aos do nosso território.

climate variables, we found a greater amount of airborne pollen when the relative humidity was between 50% and 60%, and precipitation and wind speed were low (Fig. 4).

DISCUSSION

Funchal's aerobiological composition

Funchal's favourable climate gives it an individual aerobiological composition, which allows various species to bloom all year round. The Poaceae and Urticaceae are the predominant pollens, as are several ornamental plants (Asteraceae, Boraginaceae, Cupressaceae) and those found in the city's northern strip (Ericaceae, Mytaceae and Pinaceae). Grass pollens are a normal part of the urban landscape and the city limits. The pollen range is similar to that found in other regions of Portugal¹⁸, while the year-round presence of *Corylus* pollen is a hallmark of this region. The pollen range of the Canary Islands, for example, is similar to that seen in mainland Spain^{19,20}. Apart from this, the amount of pollen types present and their frequency is similar to that detected in our territory.

Cerca de 43% dos tipos polínicos observados pertencem a *taxa* entomófilos, sendo na sua maioria espécies de porte arbustivo. A biologia do pólen entomófilo limita a sua representatividade na atmosfera, contudo, vários *taxa* entomófilos podem produzir enormes quantidades de grãos e permanecer suspensos por longo tempo, representando um elemento constante e importante na aerobiologia de um local²¹. Os *taxa* com polinização anemófila possuem essencialmente porte herbáceo, ocorrendo, em menor proporção, espécies de porte arbóreo. O estudo aerobiológico do Funchal confere dados para o estabelecimento do primeiro calendário polínico da região e a definição de padrões de sazonalidade.

O predomínio do pólen de gramíneas, bem como os seus picos de ocorrência (Maio a Julho), são igualmente observados noutras regiões de clima mediterrânico. Estas regiões têm a particularidade de apresentar estações polínicas semelhantes e condições climáticas que favorecem o seu crescimento^{22,23}.

As diferenças encontradas no espectro polínico desta cidade, comparativamente a outras regiões do território nacional, podem dever-se aos seguintes factores:

- A **natureza da paisagem envolvente e a composição florística** das respectivas comunidades vegetais;
- A **localização da cidade** propicia um clima mais ameno relativamente a outros pontos da ilha, como uma maior exposição solar, com menor precipitação, humidade relativa e intensidade do vento. A inexistência de variações significativas entre os anos estudados relativamente aos parâmetros meteorológicos foi constatado através do teste ANOVA. Uma maior exposição solar favorece a maturação e libertação do pólen, e nalguns casos (como em *Urticaceae* e *Poaceae*) a sua permanência na atmosfera;
- **Condicionantes locais e variação intradiurna.** A disposição da cidade num anfiteatro ou enseada montanhosa sobranceira ao mar condiciona a dinâmica intradiurna das concentrações de pólen: As correntes convectivas diárias de ar explicam a maior represen-

Around 43% of the pollen types detected belong to entomophilous taxa, in their majority arbustive. The biology of entomophilous pollen limits its airborne presence but several entomophilous taxa can produce huge amounts of grains that remain suspended in the atmosphere for a long time, representing a permanent and significant element of an area's aerobiology²¹. Anemophilous pollination taxa are mostly herbaceous and only a few are arboreal. This Funchal's aerobiology study provided data to establish the region's first pollen calendar and assessed the seasonal patterns.

The predominance of grass pollens and their peaks (May to July) are also seen in other Mediterranean climate regions. These regions have similar pollen seasons and the climatic conditions which promote their growth^{22,23}. The differences found in Funchal's pollen range, as compared to other regions in Portugal, are due to the following factors:

- The **nature of Funchal's surrounding landscape and the floral composition** of the respective vegetation communities.
- **Funchal's location** propitiates a warmer climate than other parts of Madeira, namely greater sun exposure, less precipitation, less relative humidity and lower wind intensity. The absence of significant variations in the meteorological parameters among the studied years was determined by the ANOVA test. The greater sun exposure favours pollen maturation and release and, in some cases (*Urticaceae* and *Poaceae*), its continued airborne presence.
- **Local factors and intra-daily variation.** The city's location in an amphitheatre, or mountainous creek overlooking the sea, impacts the intra-daily dynamics of the pollen concentrations. Daytime convection of air currents account for the greater amount of pollen seen between 08.00 and 16.00 hrs, a time in which the warm air bears aloft a

tação do pólen entre as 08 e as 16 horas, altura em que o ar quente transporta em altura um maior número de partículas. Nesse período, as partículas estão simultaneamente sujeitas a correntes de ar mais elevadas, promovendo a dispersão e, consequentemente, o aumento da concentração polínica. Ao final do dia, o ar quente perde altitude, o que pode explicar novos picos de concentração, observáveis pelas 21 horas. Jones e Harrison² documentaram que os pólenes de taxa com ciclos de concentração tipicamente diurnos eram também dispersos durante a noite sob condições instáveis, nomeadamente com humidade relativa baixa e velocidade do vento moderada. Um dado adicional prende-se com o facto de a proporção de aerossóis de origem biológica perfazer 10% nos ambientes marítimos e mais de 20% num território continental². A título de exemplo, a zona costeira mediterrânica apresenta concentrações polínicas mais baixas, comparativamente ao território continental^{24,25}. Um estudo aerobiológico decorrido entre 1994 e 2003 na cidade de Heraklion, na ilha de Creta, revelou que os principais aeroalergénios aí observados ocorrem em concentrações muito mais baixas comparativamente a outras regiões europeias²⁶. Da mesma forma, a zona costeira espanhola (litoral mediterrânico) apresenta as concentrações atmosféricas de gramíneas mais baixas, devido ao longo e repartido período de floração, o qual por sua vez, é devido ao efeito da proximidade do mar²⁷.

- **Influência dos parâmetros meteorológicos.** A libertação e a dispersão das biopartículas dependem em grande parte do clima, que é variável de ano para ano. Verificou-se que ocorreu maior número de pólenes quando a humidade se situou entre os 50 e 60 % e quando a velocidade do vento e a precipitação atingiram valores mais baixos. Paralelamente, a análise de Spearman indicou que a precipitação e a intensidade do vento influenciam negativamente a concentração polínica. A precipitação exerce uma influência negativa, dado ter um efeito de lavagem e sedimentação das partículas atmosféricas²⁸.

greater number of particles. During this period, the particles are also wafted by higher altitude air currents, promoting dispersion and, consequently, increasing pollen concentrations. At the end of the day, the warm air loses altitude, a factor which could explain the new peaks seen at 21.00 hrs. Jones and Harrison² documented that the pollen taxa with typically daytime concentration cycles were also dispersed at night when conditions were unstable, namely low relative humidity and moderate wind speed. A further datum is that the bioaerosols represent about 10% of all aerosols in the maritime atmosphere and over 20% in the mainland². As another example, the Mediterranean coastal area has lower pollen counts than the mainland territory^{24,25}. A 1994-2003 aerobiology study in Heraklion, Crete, found much lower concentrations of the main aeroallergens occurring there than in other European regions²⁶. Equally so, the Spanish coastal area (the Mediterranean coast) has lower airborne grass pollen counts due to the long and fractured period of flowering. This, in its turn, is caused by the effect of the sea's proximity²⁷.

- **The influence of meteorological parameters.** The release and dispersal of bioparticles mostly depends on the climate, which varies year to year. The majority of pollens were airborne when humidity was 50-60%, and when there were lower wind speed and precipitation. Accordingly, the Spearman analysis showed that precipitation and wind speed negatively impact pollen concentration. Precipitation has a negative influence given its washing and sedimentary effect on airborne particles²⁸.

The analysed data showed some atypical pollen peaks during 2006 and 2007. Hydrological records for 2005, 2006 and 2007 showed that the winter precipitation in those

Através dos dados analisados, verificaram-se alguns picos de polinização atípicos durante os anos de 2006 e 2007. Os registos hidrológicos dos anos 2005/2006 e 2007 demonstram que os volumes de precipitação nos respectivos períodos de Inverno foram superiores à média dos registos da última década nos períodos homólogos, podendo eventualmente o regime de precipitação de Inverno, naturalmente associado à temperatura, ser uma das causas da variabilidade da concentração de pólenes. Os resultados podem eventualmente ser justificados pelo facto de o arrefecimento durante o Inverno, ou períodos de baixa temperaturas associados a pluviosidade, serem necessários para quebrar a dormência, pelo menos em algumas espécies de plantas²⁹. Dada esta forte relação, a combinação de ambos os factores climáticos verificados na região podem ter contribuído para os efeitos fenológicos observados, particularmente nos anos 2006 e 2007. Alguns autores constataram que o parâmetro temperatura é indubitavelmente importante na influência, de carácter sazonal, do período e abundância dos grãos de pólen na atmosfera de^{30,31}. Embora as temperaturas na cidade do Funchal atinjam os valores máximos entre Julho e Setembro, não se constatou uma correlação significativa entre este parâmetro e a concentração polínica. A influência da temperatura como factor de controlo da intensidade de polinização é mais elevada durante o Verão, quando as árvores produzem e acumulam uma grande quantidade de produtos da fotossíntese para estarem disponíveis para a reprodução na Primavera³². O tempo seco e quente promove a maturação e a perda de pólen a partir das anteras, sendo a concentração polínica atmosférica consideravelmente maior nessas condições, relativamente ao tempo frio e húmido^{29,33}.

O presente trabalho contribui para a compreensão da influência climática na aerobiologia da cidade do Funchal e região da Madeira, servindo de base à construção de modelos de dispersão polínica. Servirá igualmente na abordagem diagnóstica da patologia alérgica e/ou respiratória e na implementação de estratégias de tratamento específicas e mais adequadas. A predição da ocorrência inicial de grãos de pólen na atmosfera permite aos indivíduos alérgicos a um determinado tipo polínico serem informados atempadamente

years was higher than the average winter records from the previous decade. Winter precipitation, obviously associated to temperature, may be one of the causes of variation in pollen concentrations. Our findings can perhaps be explained by winter cooling, or periods of low temperatures associated to rainfall being needed to awaken plant dormancy, at least in some species²⁹. Given this strong correlation, the combination of both climatic factors in the region could have contributed to the observed phenological effects, especially in 2006 and 2007. Some authors determined that the temperature factor has an obviously important seasonal influence on the period and abundance of airborne pollen grains^{30,31}. Although Funchal's temperatures reach their peak between July and September, there was no significant correlation between this peak and pollen count. Temperature exerts a greater influence on pollen intensity in the summer, when trees produce and accumulate an enormous amount of photosynthesis products to have them ready for reproduction in the spring³². The dry, warm weather promotes maturation and loss of pollen from the anthers, with the airborne pollen concentration markedly greater under these conditions than in cold and wet weather^{29,33}.

Our study contributes to the knowledge of the climatic influence on the aerobiology of the city of Funchal and Madeira region and is a work basis to create pollen dispersal models. It's also an aid on diagnostic approach to allergic and/or respiratory disease and the implementation of specific and more suitable treatment strategies. Predicting the initial occurrence of airborne pollen grains allows people with allergies to a specific pollen type early information and adjustment of their daily routine to effectively avoid allergens³⁴.

CONCLUSION

In comparison to other Portuguese regions, the pollen range was similar overall, except for a greater annual ex-

e ajustarem as suas actividades diárias, de forma a evitar os alérgenos de maneira efectiva³⁴.

CONCLUSÃO

Comparativamente a outras regiões do país, o espectro polínico foi no cômputo geral semelhante, embora se destaque para esta região a expressividade do tipo *Corylus* no total polínico anual, pelo que seria recomendável a sua incorporação na bateria do diagnóstico dos agentes causadores de polinose. A Primavera e o início de Verão corresponderam às épocas de maior diversidade e concentração de pólenes. A análise da variação intradiurna observada revelou que há uma maior representação de pólenes durante a manhã e início da tarde, bem como quando a humidade varia entre os 50 e 60 % e a precipitação e a velocidade do vento atingem valores mais baixos.

As diferenças entre o espectro polínico da cidade do Funchal e o restante território português são explicadas por variáveis intrínsecas desta região, como a composição vegetal, a localização da cidade, as condições geoclimáticas inerentes e a influência dos parâmetros meteorológicos, nomeadamente da humidade relativa.

Este estudo aerobiológico confere dados para o estabelecimento do primeiro calendário polínico da região e para a definição de padrões de sazonalidade, com eventuais benefícios para os doentes com patologia alérgica e/ou respiratória desta região.

AGRADECIMENTOS

À Unidade de Imunoalergologia do Hospital Central do Funchal, à Direcção do Hospital Dr. João de Almada, ao Centro de Estudos da Macaronésia da Universidade da Madeira, à Sociedade Portuguesa de Alergologia e Imunologia Clínica, bem como ao Instituto de Climatologia e Meteorologia do Funchal, pelo apoio prestado no estudo aerobiológico do Funchal.

pression of *Corylus* in this region. Thus, this pollen should become part of the battery of tests used to diagnose pollinosis agents. Spring and early summer were the seasons with greater pollen diversity and concentrations. Intra-daily variation analysis showed a greater representation of pollens during the morning and early afternoon, as well as when humidity was 50-60% and precipitation and wind speed were lower.

The pollen spectrum differences between Funchal and the remaining Portuguese territory are explained by the specific characteristics of the city, such as the vegetation composition, city location, its inherent geo-climatic conditions, and the influence of the meteorological parameters, namely the relative humidity.

This aerobiological study provides data for the elaboration of the first regional pollen calendar and assessing the seasonal patterns, which will be useful for patients in the region with allergic and/or respiratory disease.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the Immunoallergology Unit of Hospital Central do Funchal, the Board of Hospital Dr. João de Almada, the Centre for Macaronesian Studies of Madeira University, the Portuguese Society of Allergology and Clinical Immunology and the Funchal Institute of Climatology and Meteorology for their help and support in this aerobiological study in Funchal.

Contacto / Contact:

Irene Câmara

Campus da Penteada, 9000-390 Funchal

e-mail: camire@uma.pt

REFERÊNCIAS / REFERENCES

1. Cariñanos P, Sánchez-Mesa JA, Prieto-Baena JC, Lopez A, Guerra F, Moreno C, et al. Pollen allergy related to the area of residence in the city of Córdoba south-west Spain. *J Environ Monit* 2002;4:734-38.
2. Jones AM, Harrison RM. The Effects of meteorological factors on atmospheric bioaerosol concentrations – A review. *Sci Total Environ* 2004;326:151-80.
3. Spieksma F. Pollinosis in Europe, new observations and developments. *Rev Paleobot Palynol*. 1990;64:35-40.
4. D'Amato G e Spieksma FTHM. European allergenic pollen types. *Aerobiologia* 1992;8:447-50.
5. Sánchez-Mesa JA, Galan C, Martínez-Heras JA, Hervás-Martínez C. The use of a neural network to forecast daily grass pollen concentration in a Mediterranean region, the southern part of the Iberian Peninsula. *Clin Exp Allergy* 2002;32:1606-12.
6. Palma-Carlos AG. Pollinosis in Portugal. XVI European Congress of Allergology and Clinical Immunology – EAACI'95. Abstract Book. 1995;685-87.
7. Estatística.gov-madeira. Funchal: Direção Regional de Estatística da Madeira; Estatística da Saúde 2005. [atualizado 2007 Set 13; citado 2008 Ago 1]. Disponível em: <http://estatistica.gov-madeira.pt/>.
8. Graça MF. Epidemiologia e factores de risco. Asma brônquica na prática clínica. *Rev Port Imunoalergologia* 2003;11:7-27.
9. Morais de Almeida M, Rosado Pinto. Bronchial asthma in children: clinical and epidemiologic approach in different Portuguese speaking countries. *Pediatr Pulmonol Suppl* 1999;18:49-53.
10. Câmara R, Câmara I, Oliveira S, Carvalho MÂ, Drummond Borges F. Prevalência de sensibilização a pólenes em doentes com rinite da consulta de Imunoalergologia do CHF. *Rev Port Imunoalergologia* 2001;9:176.
11. Carvalho AMG, Brandão JM. Geologia do arquipélago da Madeira. 1.ª Ed. Lisboa: Museu Nacional de História Natural, Universidade de Lisboa; 1991.
12. Quintal R, Groz MP. Parques e Jardins do Funchal. 1.ª Ed. Funchal: Câmara Municipal do Funchal – Pelouro do Ambiente, Educação e Ciência; 2001.
13. Saa Otero MP, Suárez-Cervera M, Gracia VR. Atlas de polen de Galicia I. Deputación Provincial de Ourense: Editorial Galaxia; 1996.
14. Smith EG. Sampling and identifying allergenic pollen and molds. Vol. I. Texas: Blewstone Press San Antonio; 1986a.
15. Smith EG. Sampling and identifying allergenic pollen and molds. Vol. II. Texas: Blewstone Press San Antonio; 1986b.
16. Moore PD, Webb JA, Collinson ME. Pollen analysis. 2nd ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1997.
17. Press JR, Short MJ. Flora of Madeira. London: The Natural History Museum; 1994.
18. Caeiro E, Brandão R, Carmo S, Lopes L, Morais de Almeida M, Gaspar, Oliveira JF, et al. Rede Portuguesa de Aerobiologia: Resultados da monitorização do pólen atmosférico (2002-2006) *Rev Port Imunoalergologia* 2007;15:235-50.
19. García Cobaleda I, De la Torre Morin F, Hardisson de la Torre A. Historical background of aeropalynology in the Canary Islands. *Allergol Immunopathol* 1996;24:269-84.
20. Poza-Guedes P, Gonzalez-Perez R, Belmonte J, Puigdemunt R, Cuevas E, Grau F. Aerobiology and respiratory allergies in Santa Cruz de Tenerife. Abstracts of the XX World Allergy Congress 2007;S807.
21. Kasprzyk I. Airborne pollen of entomophilous plants and spores of pteridophytes in Rzeszów and its environs (SE Poland). *Aerobiologia* 2004;20:217-22.
22. D'Amato G, Liccardi G. Pollen-related allergy in the European Mediterranean area. *Clin Exp Allergy* 1994;24:210-19.
23. Palma-Carlos AG, Inácio FF. Pollinosis in the Southern Europe – Mediterranean area. *Clin Exp Allergy* 1998;28:395-6.
24. Belmonte J, Roure JM, Franch J. Aerobiologia de Baleares Ciutat de Mallorca, Mao e Ciutadella. *Rev Esp Aerobiologia* 1995;1:65-73.
25. Subiza J. Gramíneas: Aerobiologia y polinosis en España. *Allergol Immunol Clin* 2003;18:7-23.
26. Gonianakis MI, Baritaki MA, Neonakis IK, Gonianakis IM, Kyriotakis Z, Darivaniaki E, et al. A 10-year aerobiological study (1994-2003) in the Mediterranean island of Crete, Greece: trees, aerobiologic data, and botanical and clinical correlations. *Allergy Asthma Proc* 2006;27:363-70.
27. Polenes.com [homepage na Internet] Comité de Aerobiología. SEAIC Sociedad Española de Alergología e Inmunología Clínica. [atualizado 2009 Abri 11; citado 2009 Mai 12]. Disponível em: <http://www.polenes.com/>.
28. Ribeiro H, Cunha M, Abreu I. Airborne pollen concentration in the region of Braga, Portugal, and its relationship with meteorological parameters. *Aerobiologia* 2003;19:21-7.
29. Van Vliet AJH, Overeem AART, De Groot RS, Jacobs AFG, Spieksma FTM. The influence of temperature and climate change on the timing of pollen release in the Netherlands. *Int J Climatol* 2002;22:1757-67.
30. Perveen A, Qaiser M, Sad-ul-Islam M. Airborne pollen survey of Karachi and adjacent areas in relation to allergy. *World Appl Sci J* 2007;2:289-98.
31. Norris-Hill J. The influence of ambient temperature on the abundance of Poaceae pollen. *Aerobiologia* 2004;13:91-7.
32. Latorre F. Differences between airborne pollen and flowering phenology of urban trees with references to production, dispersal and interannual climate variability. *Aerobiologia* 1999;15:131-41.
33. Bartková-Ščevová J. The influence of temperature, relative humidity and rainfall of occurrence of pollen allergens (*Betula*, *Poaceae*, *Ambrosia artemisiifolia*) in the atmosphere of Bratislava (Slovakia). *Int J Biometeorol* 2003;48:1-5.
34. Peternel R, Srncic L, Culig J, Zaninovic K, Mitic B, Vukusic I. Atmospheric pollen season in Zagreb (Croatia) and its relationship with temperature and precipitation. *Int J Biometeorol* 2004;48:186-91.