

Análise aerobiológica e alergénica do pólen de Amaranthaceae na região do Alentejo (Sul de Portugal)

Aerobiological and allergenic analysis of Amaranthaceae pollen in Alentejo Region (South Portugal)

Data de receção / Received in: 01/12/2022

Data de aceitação / Accepted for publication in: 18/06/2022

Rev Port Imunoalergologia 2022; 30 (4): 287-298

Elsa Caeiro^{1,2} , Joana Almeida³ , Pedro Carreiro-Martins^{1,4,5} , Beatriz Tavares^{1,6} , João Fonseca^{1,7,8,9} , Rodrigo Rodrigues-Alves^{1,10} , Manuel Branco Ferreira^{1,11,12} 

¹ Sociedade Portuguesa de Alergologia e Imunologia Clínica – SPAIC, Lisboa, Portugal

² Instituto Mediterrâneo para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento – MED, Instituto de Investigação e Formação Avançada, Universidade de Évora, Évora, Portugal

³ Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Évora, Portugal

⁴ Centro Hospitalar Universitário de Lisboa Central, Lisboa, Portugal

⁵ NOVA Medical School/Comprehensive Health Research Center – CHRC, Lisboa, Portugal

⁶ Serviço de Imunoalergologia, Hospitais da Universidade de Coimbra, Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, Coimbra, Portugal

⁷ Departamento Medicina da Comunidade, Informação e Decisão em Saúde – MEDCIDS, Faculdade de Medicina, Universidade do Porto, Porto, Portugal

⁸ Centro de Investigação em Tecnologias e Serviços de Saúde – CINTESIS, Porto, Portugal

⁹ Unidade de Alergia, Instituto & Hospital CUF Porto, Porto, Portugal

¹⁰ Hospital do Divino Espírito Santo – HDES, Ponta Delgada, Açores, Portugal

¹¹ Clínica Universitária de Imunoalergologia – Faculdade de Medicina, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

¹² Serviço de Imunoalergologia, Centro Hospitalar e Universitário Lisboa Norte, Lisboa, Portugal

RESUMO

Nos últimos anos, o pólen produzido pelas plantas da família Amaranthaceae tem ganho uma maior relevância como causa de alergia dado que as plantas desta família têm a capacidade de colonizar rapidamente zonas sob condições adversas que têm vindo a aumentar nalgumas regiões do mundo devido às alterações climáticas. **Objetivos:** 1) Analisar a prevalência e o comportamento aerobiológico do pólen de Amaranthaceae na região do Alentejo; 2) analisar a influência dos fatores meteorológicos sobre as concentrações de pólen atmosféricas; e 3) avaliar os níveis de exposição. **Material e métodos:** Para o estudo utilizaram-se os dados das concentrações médias diárias do pólen

<http://doi.org/10.32932/rpia.2022.12.097>

atmosférico de Amaranthaceae de 2001 a 2019, recolhidos na estação de monitorização de Évora da Rede Portuguesa de Aerobiologia – RPA e os dados diários dos parâmetros meteorológicos cedidos pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera – IPMA. **Resultados:** O pólen de Amaranthaceae apresentou uma baixa representatividade sempre <1%. O índice de pólen anual médio foi de 400 ± 112 grãos de pólen. A estação polínica ocorreu entre abril e outubro, durou em média de 161 ± 16 dias, e observaram-se dois períodos distintos, um na primavera e outro no verão. Entre os níveis de pólen e os parâmetros meteorológicos obtiveram-se correlações estatisticamente significativas. Níveis de exposição superiores a 10 grãos/ m^3 registaram-se maioritariamente em maio, mas também no início de junho, em agosto e setembro. **Conclusão:** Apesar da baixa representatividade, das baixas concentrações, registam-se dias cujos níveis de exposição a este tipo de pólen oferecem risco de desencadear sintomas de alergia na população. Ocorre no ar simultaneamente com outros pólenes de elevada alergenicidade, gramíneas e oliveira, com os quais apresenta reatividade cruzada. Este estudo demonstra a importância da monitorização deste tipo de pólen e a sua utilidade na clínica para a melhoria da qualidade de vida dos doentes com sensibilização ao pólen.

Palavras-chave: Alergia ao pólen, Amaranthaceae, estação polínica, fatores meteorológicos, pólen atmosférico, Sul de Portugal

© 2022 Sociedade Portuguesa de Alergologia e Imunologia Clínica. Publicado por Publicações Ciência & Vida. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

ABSTRACT

*In recent years, the relevance of pollen of Amaranthaceae plants family as cause of allergy has increased. The plants from this family have the ability to rapidly colonize areas under adverse conditions which has been increase in some regions of the world due to climate change. The objectives of this study were: 1) To analyze the prevalence and aerobiological behavior of Amaranthaceae pollen in the Alentejo region; 2) to analyze the influence of meteorological factors on atmospheric pollen concentrations; and 3) to assess the pollen levels of exposition. **Material and methods:** For the study, Amaranthaceae pollen data from the Évora monitoring station of the Portuguese Aerobiology Network, from 2001 to 2019, and meteorological data of Portuguese Institute of the Sea and Atmosphere, were used. **Results:** Amaranthaceae pollen showed a low representativeness in the pollen spectrum of the atmosphere, always < 1%. The average pollen Index was 400 ± 112 pollen grains. Amaranthaceae pollen season occurred between April and October, with an average duration of 161 ± 16 days, and with two distinct peaks periods, one in the spring and the other in the summer. Correlations between daily pollen counts and meteorological parameters were obtained. Exposure levels above 10 grains/ m^3 were mostly recorded in May, but also in early June, in August and September. **Conclusion:** Despite the low representativeness in the pollen spectrum of the atmosphere, its presence in the air in low concentrations, this pollen type may be an important cause of pollen allergy in region. Amaranthaceae pollen occurs in the air with other pollens with high allergological capacity simultaneously, with grasses and olive trees pollens, with which it presents cross-reactivity. This study shows the importance of Amaranthaceae pollen monitoring and its clinical usefulness for improving the quality of life of patients with pollen sensitization.*

Keywords: Airborne pollen, Amaranthaceae, meteorological factors, pollen allergy, pollen season, Portugal South

© 2022 Sociedade Portuguesa de Alergologia e Imunologia Clínica. Published by Publicações Ciência & Vida. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

INTRODUÇÃO

A família Amaranthaceae é composta por cerca de 180 géneros e 2500 espécies. Classificações baseadas na história evolutiva, baseadas em análises morfológicas e filogenéticas, incluem a família Chenopodiaceae dentro da família Amaranthaceae como uma subfamília, Chenopodioideae⁽¹⁾. A maioria das plantas da família Amaranthaceae são ervas e arbustos ou subarbustos, poucas são árvores. São plantas com ciclos anuais ou perenes, com crescimento perfeitamente adaptado a solos muito salinos, a solos poluídos, a ambientes áridos/hostis; são plantas que toleram substâncias tóxicas (ex.: arsénio) e que inclusivamente fixam e acumulam nos seus órgãos elevadas concentrações dessas substâncias, o que tem contribuído para o seu uso como fitorremediadores de solos contaminados⁽²⁾.

A família Amaranthaceae inclui espécies de interesse agronómico, como *Spinacia oleracea* (espinafre), *Beta vulgaris* (beterraba) e a *Chenopodium quinoa* (quinoa), plantas ornamentais, como *Amaranthus caudatus* (jimboa), mas a grande maioria das espécies são consideradas espécies invasoras. As plantas desta família apresentam uma elevada capacidade de adaptação nas regiões onde a vegetação autóctone tem sofrido com a seca e com as condições climáticas adversas. A sua elevada estabilidade/adaptabilidade em situações desfavoráveis torna-as potenciais fontes principais de pólenes com capacidade de causar sintomatologia alérgica⁽³⁾.

De entre as espécies da família Amaranthaceae, as espécies dos géneros *Chenopodium*, *Salsola* e *Amaranthus* são as principais fontes de alérgenos que desencadeiam alergia no verão nos países de clima temperado e seco, como a região oeste dos Estados Unidos, a Austrália, e áreas semidesertas da Arábia Saudita, Kuwait, Índia e Irão⁽⁴⁾. A desertificação de extensas áreas na bacia mediterrânea tem aumentado a incidência destas ervas daninhas, cujo pólen atmosférico tem vindo a causar sintomas de alergia em indivíduos sensíveis, mesmo presente no ar em baixas concentrações^(4,5). A capacidade das plantas

Amaranthaceae ou Amarantáceas resistirem à seca, o uso ornamental de várias espécies em sebes e plantações irrigadas, bem como a sua presença como planta invasora contaminante na cultura da oliveira, tem aumentado a sua relevância clínica na área mediterrânea. Uma vez que é nos países mediterrânicos que existem as maiores áreas de superfície de olivais do Mundo, onde o pólen de oliveira é uma das principais causas de alergia local, é esperado um aumento de polissensibilizações a estes dois tipos de pólenes⁽⁴⁾. Tem sido reportado um elevado grau de reatividade cruzada IgE entre os alérgenos das diferentes espécies da família Amaranthaceae⁽⁶⁾. De igual modo, está documentada a existência de reatividade cruzada entre o pólen desta família com os pólenes de diversas espécies de categorias taxonomicamente diferentes, como de espécies das famílias Oleaceae (*Olea europaea*, *Fraxinus*, *Ligustrum*, *Syringa vulgaris*), Poaceae (*Lolium perenne*, *Phleum pratense*), Betulaceae (*Betula verrucosa*), Plantaginaceae (*Plantago lanceolata*), Fabaceae (*Robinia pseudoacacia*)⁽⁷⁻¹⁰⁾ e Asteraceae (*Artemisia* e *Ambrosia*)⁽¹¹⁾. Doentes com alergia ao pólen de *Chenopodium* também podem apresentar síndrome de alergia oral após a ingestão de frutos frescos, como melão, banana e pêsego, assim como ao alho, e doentes com alergia *Salsola* à especiaria açafraão⁽¹²⁾.

O elevado número de alérgenos moleculares identificados nos grãos de pólen de várias espécies de Amaranthaceae, assim como os de outras espécies de ervas, são restritos a algumas das principais famílias de proteínas: as enzimas, especialmente as envolvidas no metabolismo da pectina (exemplo: pectato liases, pectina metilesterases e poligalacturonases), proteínas homólogas às defensinas, proteínas similares a Ole e I, as proteínas de transferência lipídica não específicas e os panalérgenos: profilina e polcalcina⁽¹³⁾. Nestas famílias de proteínas incluem-se os alérgenos detetados nos grãos de pólen de *Chenopodium album* (Che a 1, Che a 2 e Che a 3), *Salsola kali* (Sal k 1, Sal k 3, Sal k 4 e Sal k 5) e de *Amaranthus retroflexus* (Ama r 2)⁽⁴⁾.

Em termos de morfologia, os grãos de pólen produzidos pelas plantas da família das Amaranthaceae são este-

nopolínicos (ao microscópio ótico não revelam diferenças morfológicas ao nível da espécie ou género), são esféricos, de tamanho pequeno a médio (dimensão varia entre 20 a 29 µm de diâmetro), de contorno ondulado, polipantopodados com número de poros normalmente superior a 50. A exina tem uma espessura de 2µm e apresenta grânulos finos. O grão assemelha-se a uma bola de golfe^(4,14).

Este trabalho teve como objetivo analisar a prevalência e o comportamento aerobiológico do pólen de *Amaranthaceae* na região do Alentejo entre os anos de 2001 e 2019, analisar a influência dos fatores meteorológicos sobre as concentrações de pólen atmosférico e avaliar os níveis de exposição.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para este estudo utilizaram-se os dados das monitorizações de pólen de *Amaranthaceae* da estação de monitorização de Évora (38° 34' N; 7° 54' E, altitude média de 300 m acima do nível do mar), da Rede Portuguesa de Aerobiologia da Sociedade Portuguesa de Alergologia e Imunologia Clínica RPA – SPAIC, de 2001 a 2019.

A metodologia utilizada pela RPA-SPAIC nas monitorizações segue as recomendações da *European Aerobiology Society* e a norma europeia EN 16868:2019⁽¹⁵⁾, baseou-se no uso do método volumétrico de Hirst, com recurso a um coletor Burkard 7-Days Volumetric Spore-Trap® e toda a metodologia a ele associada^(16,17).

Neste trabalho para a determinação da Estação de Pólen Atmosférico Principal – EPAP utilizou-se o método de Nilsson & Persson⁽¹⁸⁾. Segundo esta metodologia, a EPAP corresponde ao período em que a soma das concentrações polínicas é superior a 5% e inferior a 95% do pólen total coletado. Determinaram-se as características da EPAP (data de início, data do fim, duração em número de dias, o valor médio da concentração média diária desses períodos, os valores das concentrações máximas absolutas e data do seu registo) e a prevalência deste pólen no espectro polínico da atmosfera da região.

Neste estudo para a grande maioria das análises apenas foram incluídos anos completos, daí que nalguns cálculos os anos 2015 e 2016 não tenham sido considerados devido a falhas e/ou problemas técnicos.

Para a análise da influência dos parâmetros meteorológicos sobre as concentrações atmosféricas médias diárias do pólen de *Amaranthaceae* efetuaram-se análises de correlação de Spearman entre as concentrações médias diárias do pólen atmosférico de *Amaranthaceae* e os valores diários dos parâmetros meteorológicos (temperatura máxima, média e mínima do ar, humidade relativa, radiação global total, insolação, quantidade de precipitação, velocidade média e direção do vento) dos anos de 2002 a 2019. Os dados meteorológicos utilizados foram fornecidos pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera – IPMA.

Analisou-se o número de dias e as respetivas datas em que a concentração média diária foi superior a 10 grãos de pólen/m³, valor limiar referido pelos investigadores Feo Brito *et al.*⁽¹⁹⁾ a partir do qual se podem desencadear sintomas de alergia em indivíduos com alergia a este tipo de pólen.

Para averiguar da existência ou não de diferenças interanuais e a existência de tendências nos índices de pólen anuais, nas características da estação polínica e no número de dias com concentrações superiores ao valor limiar de alergia, efetuaram-se testes de Kruskal-Wallis e análises de regressão linear, respetivamente.

Todas as análises estatísticas foram efetuadas através do programa IBM SPSS Statistics 22.0.

RESULTADOS

A representatividade do pólen de *Amaranthaceae* no espectro polínico da atmosfera de Évora (Tabela I), variou entre 0,2% (ano 2014) e 0,9% (ano 2005), com uma média de 0,5%. 2013 foi o ano em que se coletou menos pólen de *Amaranthaceae* da atmosfera, com o valor total anual de 251 grãos de pólen, e 2008 o que se coletou mais pólen, com o valor de 602 grãos de pólen.

Tabela 1. Dados totais anuais e principais características da Estação de Pólen Atmosférico Principal (EPAP) do pólen Amaranthaceae na atmosfera de Évora e sua representatividade no espectro polínico da localidade (2001 a 2019)

Ano	Pólen total anual	EPAP				Representatividade (%)
		Valor médio grãos/m ³	Data do início	Data do fim	Duração (n.º de dias)	
2001	275	2	12/mai	25/set	137	0,4
2002	282	2	23/abr	17/set	148	0,5
2003	487	3	04/mai	27/set	147	0,6
2004	473	3	05/mai	01/out	150	0,8
2005	552	3	24/abr	30/set	160	0,9
2006	458	3	02/mai	08/out	160	0,6
2007	516	3	08/mai	04/out	150	0,7
2008	602	3	16/abr	04/out	172	0,8
2009	555	4	27/abr	25/set	152	0,7
2010	345	2	29/abr	27/set	152	0,4
2011	348	2	25/abr	16/out	175	0,4
2012	361	3	21/abr	13/set	146	0,4
2013	251	2	12/mai	10/out	152	0,3
2014	253	1	15/abr	25/out	194	0,2
2017	417	2	19/abr	14/out	179	0,3
2018	310	2	11/mai	21/out	164	0,4
2019	318	1	30/mar	10/out	195	0,5
Média	400	2	27/abr	3/out	161	0,5

Em média coletaram-se 400 ± 112 grãos de pólen por ano (Tabela 1).

A distribuição das concentrações do pólen atmosférico das Amaranáceas ao longo do ano na região de Évora é apresentada na Figura 1. A estação polínica decorreu durante de um longo período, de abril a outubro, com dois períodos no ano de níveis mais elevados, um a partir de finais de abril a junho (primavera) e um segundo de agosto a setembro (verão), como se pode também observar na Tabela 2.

O início da EPAP ocorreu entre 30 de março (2018) e 12 de maio (2001 e 2013) e o fim foi entre 13 setembro (2012)

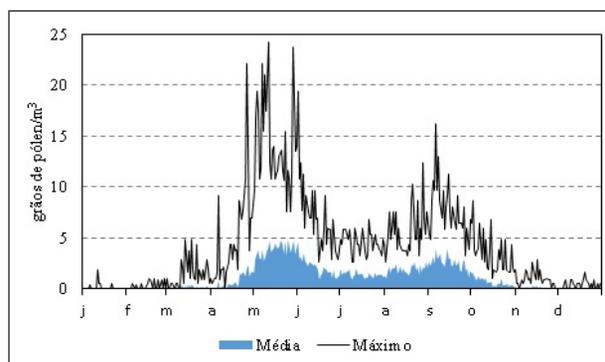


Figura 1. Valores médios e valores máximos diários do pólen de Amaranthaceae dos anos de amostragem (2001-2019) da atmosfera de Évora.

Tabela 2. Valores da máxima concentração média diária (pico polínico) do pólen atmosférico de *Amaranthaceae* e respetivas datas registados em Évora na primeira metade do ano (janeiro a junho) e na segunda metade do ano (julho a dezembro) durante o período de estudo de 2001 a 2019

Ano	Pico polínico (janeiro a junho)		Pico polínico (julho a dezembro)	
	Valor grãos/m ³	Data	Valor grãos/m ³	Data
2001	8	12/mai	9	14/set
2002	24	29/mai	6	10/set
2003	11	28/mai	9	3/set
2004	14	31/mai	8	13/set
2005	22	7/mai	8	20/ago
2006	17	2/mai	10	21/ago
2007	12	12/mai	16	6/set
2008	22	26/abr	12	28/ago
2009	21	9/mai	13	8/set
2010	9	21/mai	9	14/set
2011	8	12/mai	11	15/set
2012	24	11/mai	7	6/set
2013	8	4/jun	11	4/set
2014	9	15/mai	6	7/jul
2017	17	10/mai	9	20/ago
2018	17	4/mai	9	14/set
2019	16	23/mai	8	9/set
Média	15	15/mai	9	2/set

e 25 de outubro (2014), em termos médios de 27 de abril a 3 de outubro. A duração da EPAP variou entre 137 dias (2001) a 195 dias (2019), com uma duração média de 161 ± 16 dias (Tabela 1). Os picos polínicos (concentração média diária máxima absoluta) durante a primeira metade do ano registaram-se maioritariamente no mês de maio, e os da segunda metade do ano verificaram-se sobretudo no mês de setembro. O pico polínico mais precoce registou-se em 2008, a 26 de abril, e o mais tardio, a 14 de setembro de 2001, 2010 e 2018. Os seus valores de concentração durante o primeiro período variaram entre 8 grãos/m³ (2001, 2011, 2013) e 24

grãos/ m³ (2002, 2012) e durante o segundo período entre 6 grãos/ m³ (2002, 2014) e 16 grãos/ m³ (2007) (Tabela 2).

Registaram-se diferenças estatisticamente significativas entre os anos de estudo no que diz respeito à duração da estação polínica ($p = 0,019 < 0,05$) e à data em que se registou o pico polínico na segunda metade do ano ($p = 0,014 < 0,05$). Para as outras características da estação polínica as diferenças entre os anos não foram estatisticamente significativas ($p > 0,05$).

A Tabela 3 mostra os resultados obtidos da análise de correlação de Spearman entre as concentrações médias diárias do pólen de *Amaranthaceae* e os valores médios diários dos diferentes parâmetros meteorológicos. Obtiveram-se correlações estatisticamente significativas com sinal positivo para os parâmetros da temperatura, radiação

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Spearman entre as concentrações médias diárias do pólen atmosférico de *Amaranthaceae* e os parâmetros meteorológicos (2002-2019).

Variáveis meteorológicas	Coefficiente
Temperatura máxima	0,662***
Temperatura média	0,663***
Temperatura mínima	0,588***
Humidade relativa	-0,539***
Velocidade do vento	0,069***
Radiação global	0,616***
Insolação	0,539***
Precipitação	-0,301***
Direção do vento	0,108***
Ventos de NE	-0,136***
Ventos de E	-0,097***
Ventos de SE	-0,088***
Ventos de S	-0,0205
Ventos de SW	-0,052**
Ventos de W	0,073***
Ventos de NW	0,238***
Ventos de N	-0,071***

*0,01 < p ≤ 0,05; **0,001 < p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001.

global e insolação, velocidade do vento e os ventos provenientes de NW e W; e obtiveram-se correlações estatisticamente significativas negativas para a humidade relativa e precipitação e ventos de N, NE, E, SE e SW.

Durante os anos de amostragem registaram-se vários dias com concentrações médias diárias do pólen de Amaranthaceae superiores a 10 grãos/m³, o número de dias máximo registado foram 7 dias (anos 2004 e 2009), mas também houve anos em que as concentrações médias diárias não atingiram esse nível (anos 2001, 2010 e 2014). As concentrações médias diárias superiores a 10 grãos/m³ registaram-se em maio, início de junho, agosto e setembro (primavera e verão), maioritariamente em maio (primavera) (Tabela 4).

Pela análise de regressão linear (Tabela 5) há a salientar que ao longo dos anos de estudo se verificou uma tendência estatisticamente significativa ($p < 0,05$) para o aumento da duração da estação polínica, com datas de término mais tardias. Para as restantes características da estação polínica as tendências observadas não foram estatisticamente significativas ($p > 0,05$).

DISCUSSÃO

O pólen de Amaranthaceae apresentou uma baixa representatividade no espetro polínico da atmosfera da localidade de Évora, sempre inferior a 1% do pólen total coletado, e um índice médio de pólen de cerca de 400 grãos, resultados semelhantes aos encontrados para esta mesma região num estudo anterior de Camacho *et al.*⁽²⁰⁾. Segundo os estudos de Camacho *et al.*^(20,21), este tipo polínico apresenta os seus maiores índices de pólen anual e, consequentemente, uma maior representatividade, superior a 1%, na localidade de Portimão, seguindo-se as localidades de Lisboa e Funchal. A sua baixa representatividade no espetro polínico da atmosfera de Évora seria critério para desvalorizar a sua importância e a não inclusão no calendário polínico. Este estudo vem mostrar a importância da sua inclusão.

No presente estudo verificou-se que ao longo dos anos ocorreu a tendência para uma redução dos índices de pólen anual que em termos estatísticos não foi significativa ($p > 0,05$, $R^2 = 0,11$). Esta tendência foi também observada para este tipo polínico por Camacho *et al.*⁽²¹⁾ em Ponta Delgada, Portimão e Porto e, em Espanha, por Ziello *et al.*⁽²²⁾ no estudo *Changes to Airborne Pollen Counts across Europe*. Neste último estudo o resultado encontrado para Espanha não era o esperado, uma vez que noutros países se registava um aumento. As possíveis explicações referidas foram a intensificação do controlo de ervas daninhas e a redução da área de terras dedicada à agricultura para produção de bioenergia.

Através da análise dos resultados verificou-se que a estação de pólen atmosférico principal – EPAP de Amaranthaceae em Évora teve início em finais de abril/ inícios de maio e terminou a finais de setembro/ finais de outubro, com uma duração média de 161 dias. Sabe-se que as plantas desta família se adaptam muito facilmente e, consequentemente, conseguem colonizar zonas com condições adversas, tolerando temperaturas muito elevadas e stress hídrico, fatores limitantes ao desenvolvimento biológico da maioria das plantas, particularmente das herbáceas. Por se tratar de um tipo polínico apenas identificável ao nível taxonómico Família, implica que o pólen monitorizado tem origem em muitas espécies que vão tendo floração de forma sucessiva e sobrepondo-se umas a seguir às outras, o que explica o longo período de polinização, por vezes de aproximadamente 200 dias, como foi o caso dos anos 2019 e 2014, com 195 e 194 dias, respetivamente.

Embora as diferentes espécies da família Amaranthaceae polinizem durante a maior parte do ano⁽²³⁾, existem dois períodos em que os níveis são mais elevados, um na primavera e outro no final do verão. Em termos quantitativos, o primeiro período foi mais importante que o segundo. Em Évora, o primeiro período ocorreu entre 26 de abril e 4 de junho, maioritariamente em maio. O mês de maio coincide com elevadas concentrações de outros *taxa* alergicamente importantes, como gramíneas e oliveira⁽²⁰⁾ e, segundo Weber⁽⁷⁾, este tipo de pólen tem reatividade cruzada com

Tabela 4. Número de dias e datas em que a concentração de pólen de Amaranthaceae foi superior a 10 grãos de pólen/m³ de ar (2001 a 2019)

Ano	N.º de dias	Datas
2001	0	–
2002	4	12/mai; 15/mai; 16/mai; 29/mai
2003	2	28/mai; 5/jun
2004	7	18/mai; 19/mai; 30/mai; 31/mai; 1/jun; 2/jun; 3/jun
2005	4	6/mai; 7/mai; 25/mai; 26/mai
2006	3	2/mai; 13/mai; 21/ago
2007	3	12/mai; 17/mai; 6/set
2008	6	25/abr; 26/abr; 27/abr; 2/mai; 3/mai; 28/ago
2009	7	4/mai; 5/mai; 9/mai; 26/mai; 29/mai; 30/mai; 8/set
2010	0	–
2011	1	15/set
2012	5	11/mai; 16/mai; 20/mai; 25/mai; 1/jun
2013	1	4/set
2014	0	–
2015	3	10/mai; 18/mai; 23/mai
2017	5	4/mai; 8/mai; 20/mai; 21/mai; 22/mai
2018	1	23/mai
2019	2	14/mai; 31/mai

Tabela 5. Tendências na estação polínica das Amaranthaceae na região de Évora (2001 a 2019)

Características da EPAP	N	Tendências da regressão linear			
		Coefficiente de regressão	t	p	R2
Totais anuais	18	-6,713	-1,336	0,201	0,106
Totais EPAP	18	-6,103	-1,341	0,200	0,107
Data de início	18	-0,874	-1,826	0,088	0,182
Data do fim	18	1,244	3,046	0,008	0,382
Duração	18	2,102	3,782	0,002	0,488
Valor máximo (primavera)	18	-0,085	-0,330	0,746	0,007
Data do máximo (primavera)	18	-0,244	-0,516	0,613	0,016
Valor máximo (verão)	18	-0,039	-0,316	0,757	0,007
Data do máximo (verão)	18	-0,545	-0,700	0,494	0,032
Média EPAP	18	-0,055	-1,857	0,083	0,187
N.º dias > 10 grãos/m ³	18	-0,075	-0,735	0,473	0,033

os grãos de pólen desses *taxa*. O segundo período ocorreu, fundamentalmente, entre 20 de agosto a meados de setembro. Villalba *et al.*⁽⁴⁾ referem que as Amarantáceas também florescem de junho a outubro na tentativa de ultrapassar a baixa produção e libertação de pólen por estas plantas comparativamente às de outras plantas anemófilas, altura em que a maioria das espécies de climas de latitudes temperadas já terminaram o seu principal período de polinização. Também em Évora, durante o período do ano em que se regista o segundo pico (final de verão), o pólen de Amaranthaceae é um dos pólenes predominantes na atmosfera^(20,21), em agosto e setembro está entre o segundo e quarto tipo predominante na atmosfera, com percentagens entre 5 e 10%. Por conseguinte, poderá ter impacto na saúde dos doentes sensibilizados, podendo ser causa de sintomatologia alérgica nesta altura do ano, como os investigadores Elvira-Rendueles *et al.*⁽²⁴⁾ referem no seu estudo.

O pólen da família Amaranthaceae, apesar da sua baixa representatividade no espetro polínico, não deixa de ser importante, pois durante a primavera e no final do verão atinge por vezes concentrações na atmosfera que podem desencadear sintomatologia de alergia. O pólen de Amaranthaceae é a primeira causa de polinose em algumas regiões do Sul da Europa, do Oeste dos Estados Unidos da América, da Arábia Saudita, do Kuwait e do Irão⁽⁴⁾. Em Espanha, a sensibilização ao pólen de Amaranthaceae está entre os seis principais tipos de sensibilização polínica⁽²⁾, variando entre 5% (Santander, Norte de Espanha) e 58% (Toledo, Centro de Espanha), em média 31%^(24,25). Num estudo multicêntrico efetuado em Espanha, a sensibilização ao pólen de Amaranthaceae chega a ocupar o terceiro lugar, vindo após as sensibilizações aos pólenes de gramíneas e oliveira, o que contrasta com a representação média deste pólen no espetro polínico da atmosfera que é cerca de 1,6% do pólen total coletado⁽²⁵⁾. Em Portugal, são poucos os estudos publicados que referem a sensibilização a este tipo polínico. Num estudo efetuado em Évora, em 2013, numa amostra de 590 doentes que frequentavam a Consulta Externa de Imunoalergologia do Hospital Distrital de Évora, 142 doentes apresentaram sensibilização a

pólenes (24%), destes 56% apresentaram ao pólen de *Chenopodium album*, a segunda maior taxa de sensibilização encontrada, depois da encontrada para o pólen de gramíneas (99%)⁽¹⁷⁾. Noutros estudos, verificou-se que em Lisboa foi o quarto tipo polínico mais sensibilizante (8%)⁽²⁶⁾, o quinto na região Centro⁽²⁷⁾ e o terceiro em Portimão (Algarve)⁽¹⁷⁾. Em termos futuros, seria vantajoso a realização de estudos multicêntricos para conhecer a real sensibilização a este tipo de pólen em Portugal.

Sabe-se que as condições meteorológicas durante o período de polinização influenciam as concentrações polínicas presentes na atmosfera, o que é bem visível nos resultados obtidos, onde a temperatura, insolação e radiação global influenciaram de forma positiva a quantidade de grãos de pólen de Amaranthaceae na atmosfera de Évora e a precipitação e humidade relativa afetaram negativamente a mesma. Estes resultados vão de encontro aos referidos noutros estudos^(28,29).

Segundo estudos, em toda a Europa o aumento da temperatura contribui para um avanço fenológico e conduz a um aumento das concentrações de pólen das plantas arbóreas que florescem no inverno e no início da primavera^(22,30-32). Porém, poucos são os estudos que focaram a sua análise nas tendências de outras características fenológicas também importantes, como a data de término e a duração da estação polínica. Desta forma, o aumento da duração da estação polínica e a data do término da EPAP das Amarantáceas, tendências estatisticamente significativas aqui observadas, podem estar relacionados, como referem os investigadores Rodriguez de la Cruz *et al.*⁽²⁸⁾ e Ruiz-Valenzuela e Aguilera⁽³³⁾, ao conhecido efeito das alterações climáticas que conduz ao prolongamento dos períodos de polinização^(34,35) deste tipo de plantas que ganham vantagem ao tolerarem condições habitualmente adversas para a grande maioria das plantas. Contudo, são necessários mais estudos, com o uso de mais estações de monitorização com longos períodos de observação, no sentido de se averiguar se esta tendência se verifica também noutros locais/regiões e de modo a reforçar os resultados obtidos no presente estudo.

CONCLUSÃO

Na região do Alentejo, o pólen das Amaranáceas encontra-se presente na atmosfera durante a primavera e verão, destacando-se dois períodos no ano em que os seus níveis na atmosfera são mais elevados. O primeiro período, em maio, que coincide com o período de polinização de *taxa* de elevada alergenicidade, como as gramíneas e a oliveira, com os quais apresenta reatividade cruzada. O outro período, no final do verão, apesar das concentrações serem inferiores às do primeiro período, certamente não é menos importante, dado que é o pólen que predomina na atmosfera, dadas as condições meteorológicas serem mais adversas nessa altura do ano.

Apesar da sua baixa representatividade no espectro polínico da atmosfera e das baixas concentrações registadas, importa monitorizar os grãos de pólen destes *taxa*, incluí-lo no calendário polínico da região, uma vez que se registam dias cujos níveis atmosféricos ultrapassaram os níveis de exposição com risco de desencadear sintomas alérgicos.

As condições meteorológicas influenciam claramente os níveis polínicos presentes na atmosfera. A temperatura e os parâmetros relacionados com a luz influenciam positivamente, enquanto a quantidade de precipitação e a humidade relativa apresentam uma relação negativa.

Prevê-se que o risco de sensibilização a este tipo de pólen tenda a aumentar, quer porque as alterações climáticas e ambientais têm conduzido à desertificação de extensas áreas que são rapidamente colonizadas por membros da família Amaranthaceae, quer pelo uso destas plantas como ornamentais, do seu uso na cultura irrigada, bem como a sua presença como erva daninha nos olivais que tem vindo a ganhar uma crescente importância na bacia do Mediterrâneo e, em particular, na região do Alentejo.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Direção Regional da Cultura do Alentejo – DRCALEN, em particular à Exma Diretora Dr.^a Ana Paula Amedoira, aos Exmos Srs. Arquiteto

João Pires, Arquiteto Luís Marino, ao Dr. Luís Orvalho e seus colaboradores, por terem facultado um espaço para a localização da estação de monitorização de Évora da Rede Portuguesa de Aerobiologia e prestarem todo o apoio necessário para o seu normal e correto funcionamento. Os autores também agradecem à Dr.^a Maria Luísa Lopes pela sua ligação e apoio à estação de monitorização de Évora da RPA e apoio na revisão deste estudo.

Conflito de interesses

Os autores declaram que não existem conflitos de interesses.

ORCID

Elsa Caeiro  0000-0001-8717-4596

Joana Almeida  0000-0002-9347-0989

Pedro Martins  0000-0002-4129-133X

Beatriz Tavares  0000-0002-9847-5156

João Fonseca  0000-0002-0887-8796

Rodrigo Alves  0000-0002-8887-572X

Manuel Branco Ferreira  0000-0002-4294-7003

Autora correspondente:

Elsa Caeiro
Laboratório de Palinologia e Aerobiologia
Instituto Mediterrâneo para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento
Polo da Mitra
Universidade de Évora
Apartado 94
7006-554 Évora, Portugal
E-mail: egcaeiro@uevora.pt / elcaeiro@yahoo.com

REFERÊNCIAS

1. Bremer B, Bremer K, Chase MW, Fay MF, Reveal JL, Soltis DE et al. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot J Linn Soc* 2009;161:105-21.

2. Cariñanos P., Alcázar P., Galán C., Domínguez-Vilches E. Environmental behavior of airborne Amaranthaceae pollen in the southern part of the Iberian Peninsula, and its role in future climate scenarios. *Sci. Total Environ* 2014; 470-1:480-7.
3. Mohapatra SS, Lockey RF, Polo F. Weed pollen allergens. *Clin Allergy Immunol* 2008;21:127-39.
4. Villalba M, Barderas R, Mas S, Colás C, Batanero E, Rodríguez R. Amaranthaceae pollens: Review of an emerging allergy in the mediterranean area. *J Investig Allergol Clin Immunol* 2014;24(6): 288-97.
5. Domínguez Vilches E, Galán Soldevilla C, Guerra Pasadas F, Villamandos F, Infante García Pantaleón F, Mediavilla A. Spring pollen and related allergies in southern Spain. *J Investig Allergol Clin Immunol* 1993;3:271-5.
6. Lombardero M, Duffort O, Selles JG, Hernandez J, Carreira J. Cross-reactivity among Chenopodiaceae and Amaranthaceae. *Ann Allergy* 1985;54: 430-6.
7. Weber RW. Cross-reactivity of pollen allergens: impact on allergen immunotherapy. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2007;99(3): 203-11.
8. Verdino P, Barderas R, Villalba M, Westritschnig K, Valenta R, Rodriguez R, Keller W. Three-dimensional structure of the cross-reactive pollen allergen che a 3: Visualizing cross-reactivity on the molecular surfaces of weed, grass, and tree pollen allergens. *J Immunol* 2008; 180(4): 2313-21.
9. Lombardero M, Obispo T, Calabozo B, Lezaún A, Polo F, Barber D. Cross-reactivity between olive and other species. Role of Ole e I-related proteins. *Allergy* 2002; 57 (suppl. 71):29-34.
10. Sousa R, Cruz AP, Ribeiro H, Abreu I. Impacto do nível de urbanização no pólen de *Chenopodium album*: Morfologia e imunológica. *Rev Port Imunoalergologia* 2011;19(1):33-41.
11. Cariñanos, P., Galán, C., Alcázar, P. & Domínguez, E. Allergenic pollen in the subdesert areas of the Iberian Peninsula. *J Investig Allergol Clin Immunol* 2000; 10: 242-7.
12. Egger M, Mutschlechner S, Wopfner N, Gadermaier G, Briza P, Ferreira F. Pollen-food syndromes associated with weed pollinosis: an update from the molecular point of view. *Allergy* 2006; 61(4):461-76.
13. Gadermaier G, Hauser M, Ferreira F. Allergens of weed pollen: An overview on recombinant and natural molecules. *Methods* 2014;66:55-66.
14. rpaerobiologia.com [Internet]. Lisboa: Sociedade Portuguesa de Alergologia e Imunologia Clínica; 2021 [cited 2021 Feb 12]. Available from: <https://www.rpaerobiologia.com/dicionario-do-polen/quenopodio>.
15. EN 16868:2019. Ambient air – Sampling and analysis of airborne pollen grains and fungal spores for allergy networks related to allergy – Volumetric Hirst method.
16. Caeiro E, Camacho IC, Lopes L, Gaspar A, Todo-Bom A, Ferraz de Oliveira J, et al. Rede Portuguesa de Aerobiologia: Resultados da monitorização de pólen atmosférico (2002-2006). *Rev Port Imunoalergologia*. 2007;17(3):235-50.
17. Caeiro E. Aerobiologia do pólen de Poaceae, *Olea europaea* L. e *Platanus hispanica* Miller ex Münchh. e potenciais repercussões na doença alérgica respiratória no Sul de Portugal [dissertation]. Universidade de Évora; 2013.
18. Nilsson S, Persson S. Tree pollen spectra in the Stockholm region (Sweden), 1973-80. *Grana* 1981;20:179-82.
19. Feo Brito, F, Galindo Bonilla, PA, García Rodríguez, R, Gómez Torrijos, E, Fernández Martínez, F, Fernández-Pacheco R et al. Pólenes alergénicos en Ciudad Real: Aerobiología e incidencia clínica. *Rev. Esp. Alergol Inmunol Clin* 1998;13(2):79-85.
20. Camacho I, Caeiro E, Nunes C, Morais-Almeida M. Airborne pollen calendar of Portugal: a 15-year survey (2002-2017). *Allergol Immunopathol (Madr)* 2020;48(2):194-201.
21. Camacho IC, Caeiro E, Ferro R, Camacho R, Câmara R, Grinn-Gofroñ A et al. Spatial and temporal variations in the Annual Pollen Index recorded by sites belonging to the Portuguese Aerobiology Network. *Aerobiologia* 2017;33:265-79.
22. Ziello C, Sparks TH, Estrella N, Belmonte J, Bergmann KC, Bucher E et al. Changes to Airborne Pollen Counts across Europe. *PLoS ONE* 2012;7(4):e34076.
23. Fernández-Illescas F, Nieva FJ, Silva I, Tormo R, Muñoz AF. Pollen production of Chenopodiaceae species at habitat and landscape scale in Mediterranean salt marshes: an ecological and phenological study. *Rev. Palaeobot. Palynol* 2010;161:127-36.
24. Elvira-Rendueles B, Zapata JJ, Miralles JC, Moreno JM, García-Sánchez A, Negral L et al. Aerobiological importance and allergic sensitization to Amaranthaceae under arid climate conditions. *Science of the Total Environment* 2017;583:478-86.
25. Pola J, Subiza J, Zapata C, Moral A, Feo F, I SSAC. Correlation between total annual atmospheric pollen counts for chenopodiaceae – Amaranthaceae and the prevalence of positive skin prick tests to chenopodium and/or salsola pollen extracts: A multicenter study. *J Investig Allergol Clin Immunol* 2009;19(1): 73-4.
26. Rodrigues-Alves R, Gaspar Á, Morais-Almeida M, Piedade S, Rosa S, Paiva M et al. Sensibilização alérgica e contagens polínicas na região de Lisboa. *Rev Port de Imunoalergologia* 2006;14(3):34.
27. Tavares B, Machado D, Loureiro G, Cemlyn-Jones J, Pereira C. Sensitization to profilin in the central region of Portugal. *Sci Total Environ* 2008;407:273-8.
28. Rodríguez de la Cruz D, Sánchez-Reyes E, Sánchez-Sánchez J. Analysis of Chenopodiaceae-Amaranthaceae airborne pollen in Salamanca, Spain. *Turk J Bot* 2012;36:336-43.
29. Muñoz-Rodríguez AF, Silva-Palacios I, Tormo-Molina R, Moreno-Corchero A, Tavira-Muñoz J. Dispersal of Amaranthaceae and Chenopodiaceae pollen in the atmosphere of Extremadura (SW Spain). *Grana* 2000;39:56-62.

30. Clot B. Trends in airborne pollen: An overview of 21 years of data in Neuchâtel (Switzerland). *Aerobiologia* 2003; 19, 227-34.
31. Frei T, Gassner E. Climate change and its impact on birch pollen quantities and the start of the pollen season an example from Switzerland for the period 1969-2006. *Int. J. Biometeorol* 2008; 52: 667-74.
32. Lind T, Ekeboom A, Kübler KA, Östensson P, Bellander T, Löhmus, M. Pollen season trends (1973-2013) in Stockholm area, Sweden. *PLoS One* 2016; 11 e0166887.
33. Ruiz-Valenzuela L, Aguilera F. Trends in airborne pollen and pollen-season-related features of anemophilous species in Jaen (south Spain): A 23-year perspective. *Atmospheric Environment* 2018; 180: 234-43.
34. D'Amato G, Cecchi L, Bonini S, Nunes C, Annesi-Maesano I, Behrendt H, et al. Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy* 2007;62: 976-90.
35. Shea KM, Truckner RT, Weber RW, Peden DP. Climate change and allergic disease. *J Allergy Clin Immunol* 2008;122(3): 443-53.