

## **Projecções para a incidência total de sarampo em Portugal até 2000**

Gomes, MC<sup>(\*)</sup> e Gomes, JJ<sup>(\*\*)</sup>

*Saúde em Números* **13(1):1-3**, 1998

(\*) Departamento de Biologia

Faculdade de Ciências de Lisboa, Bloco C2, Piso 4  
Campo Grande, 1700 Lisboa

(\*\*) Departamento de Estatística e Investigação Operacional (DEIO); Centro de  
Matemática e Aplicações Fundamentais (CMAF)

Faculdade de Ciências de Lisboa; Bloco C2, Piso 2  
Campo Grande, 1700 Lisboa

## 1. Introdução

A vacinação anti-sarampo em Portugal iniciou-se em 1973, em regime de campanha, tendo sido integrada no Plano Nacional de Vacinação (PNV) em 1974 <sup>7</sup>. Em 1987, a vacina passou a ser ministrada conjuntamente com a anti-rubéola e a anti-papeira (VASPR) <sup>8</sup> aos 15 meses de idade e, em 1990, foi introduzida a 2<sup>a</sup> inoculação da VASPR aos 11-13 anos <sup>9</sup>. O impacto da vacinação sobre a incidência do sarampo, permitiu uma redução do número de óbitos por complicações associadas à doença, do nível médio de  $2.9 \text{ ano}^{-1} 10^{-5}$  habitantes, que caracterizou o período 1943-1973, para 0.1 a 0.5 mortos  $\text{ano}^{-1} 10^{-5}$  habitantes e, actualmente em Portugal, o sarampo é mais uma causa de morbilidade que de mortalidade, tal como na generalidade dos países industrializados onde foram implementados programas de vacinação.

Apesar destes progressos, o sarampo permanece endémico e exhibe surtos epidémicos recorrentes, com uma persistência que só em parte pode ser explicada pelo facto da vacina ter uma eficácia inferior a 100% <sup>11</sup>. Na verdade, modelos matemáticos que representam os mecanismos de transmissão de doenças com as características do sarampo, prevêm que, apesar da vacinação, será muito difícil erradicar a doença e, além disso, a sua dinâmica natural originará surtos epidémicos que se repetirão com periodicidade regular durante muitos anos <sup>12, 13, 14</sup>.

Estas oscilações periódicas na incidência, característica de algumas doenças infecciosas, não é estranha aos investigadores portugueses, pois existem referências literárias às mesmas desde pelo menos meados do século <sup>15</sup>. Contudo, tanto quanto pudemos apurar, só recentemente foi examinada a evidência estatística de que, em Portugal, as flutuações na incidência de doenças como o sarampo são mais regulares

do que seria de esperar por razões meramente devidas ao acaso <sup>16</sup>. É possível dissecar a série histórica de notificações do sarampo em Portugal (Figura 1), identificando as suas componentes estatisticamente significativas e combinando-as num modelo capaz de projectar o futuro próximo do sarampo em Portugal.

## **2. Dados**

Os registos mais antigos de casos de sarampo em Portugal remontam ao período 1949-65 mas têm o inconveniente de serem intermitentes, estarem numa base anual e dizerem respeito apenas ao número de casos nas escolas do Distrito de Lisboa <sup>17</sup>. A inclusão do sarampo na lista de doenças de notificação obrigatória deu-se apenas em 1987 <sup>11</sup>, numa altura em que a morbidade da doença estava já fortemente reduzida pela vacinação em massa iniciada em 1973. A série de notificações que cobre o período 1987-97 é contudo regular (Figura 1), está publicada numa base mensal <sup>18, 19</sup> e tem carácter nacional, pelo que foi esta a série temporal escolhida para a análise e projecção do futuro da incidência do sarampo.

## **3. Métodos**

Quando se procura interpretar o evoluir do número de notificações de uma doença infecciosa, numa base meramente fenomenológica, sem procurar descrever os complexos mecanismos de transmissão que lhe estão subjacentes, constata-se que há um número reduzido de factores que condicionam o número de notificações que foi registado num determinado mês <sup>16, 24</sup>. Estes factores são a tendência geral da morbidade da doença (pode, por exemplo, existir uma tendência geral decrescente devida ao impacto da vacinação), o mês em causa (certas doenças têm regularmente picos de incidência nos mesmos meses - Figura 2) e a existência de oscilações plurianuais regulares, devidas à dinâmica natural da doença na população (Figura 3).

Técnicas estatísticas apropriadas de autocorrelação e análise espectral <sup>21, 22</sup>, permitem detectar, isolar e representar matematicamente as três componentes referidas - tendência geral, sazonalidade e oscilações plurianuais - presentes numa série histórica de notificações como a da Figura 1. Estas três componentes podem depois ser subtraídas da série original, dando origem a um “ruído residual” que, não obstante ser difícil de interpretar em termos de dinâmica da doença na população, pode ser modelado matematicamente por técnicas apropriadas de autocorrelação.

O resultado final deste exercício é um modelo matemático, mais ou menos complexo (ANEXO), que descreve a série de notificações observadas. A qualidade da descrição ou, usando linguagem estatística, a percentagem de variação “explicada” pelo modelo, pode ser calculada, permitindo julgar até que ponto o modelo é um bom descritor da série de notificações. Quando o modelo é bom, pode ser usado para projectar o futuro próximo, com um intervalo de confiança suficientemente apertado para a projecção ter alguma utilidade prática.

#### **4. Resultados e Discussão**

##### **4.1 O passado**

Desde 1987 a incidência do sarampo tem apresentado uma tendência geral decrescente, consequência esperada<sup>14</sup> da vacinação em larga escala iniciada em 1973. O impacto da vacinação, contudo, não fez desaparecer o forte carácter estacional da doença já presente antes da vacinação<sup>16</sup>. Entre Março e Maio, o número de casos de sarampo é significativamente maior do que a média anual, sendo menor em Setembro e Outubro (Figura 2). A propensão para ocorrência de surtos epidémicos recorrentes, separados por um período interepidémico que aparenta durar 5 anos,

também não desapareceu com a vacinação (Figura 3). Estes surtos são previstos pela teoria matemática da dinâmica de doenças com as características do sarampo<sup>12, 13, 14,</sup>

16

#### 4.2 O futuro

O modelo matemático final (detalhes no APÊNDICE) ajustado à série de notificações de sarampo, explicou 90.1% da variação total na referida série (Figura 4). Esta qualidade de ajuste, bem como as preocupações acerca da ocorrência de uma próxima epidemia em Portugal, levaram-nos a efectuar um exercício de projecção do futuro próximo. Com base no modelo, projectou-se a incidência de sarampo entre Janeiro de 1998 e Dezembro de 1999 e construíram-se intervalos de confiança de 95% para as previsões efectuadas (Tabela 1, Figura 4). Valerá a pena introduzir aqui uma distinção, entre *projectar* e *prever* o futuro<sup>23</sup>. Prever é dizer o que é que vai acontecer. Projectar é dizer o que se espera que aconteça, *caso as condições que determinam o modelo utilizado para projectar não se alterem*. No caso do sarampo, referimo-nos evidentemente ao esquema vacinal que marcou o período estudado (1987-97) e aos hábitos sócio-culturais dos portugueses que condicionam a transmissão do sarampo. O exercício aqui efectuado é evidentemente de projecção e não de previsão.

TABELA 1. Número médio mensal (Méd) esperado de notificações de sarampo em 1998 e 1999, segundo o modelo ajustado às notificações de 1987 a 1997. Apresentam-se também os limites inferior (L inf) e superior (L sup) de intervalos de confiança de 95% para a projecção.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

---

	<b>L Inf</b>	1	4	6	5	6	6	4	2	1	2	3	4
1998	<b>Méd</b>	7	20	32	29	32	31	20	10	4	8	15	22
	<b>L sup</b>	37	108	172	156	176	167	110	52	20	44	81	119
<hr/>													
	<b>L inf</b>	6	15	21	16	14	10	4	1	0	0	0	0
1999	<b>Méd</b>	30	80	114	88	78	54	24	7	2	2	2	2
	<b>L sup</b>	162	433	619	476	423	292	128	37	9	11	12	12
<hr/>													

O modelo indica que, na Primavera de 1998, dever-se-à já observar um aumento para aproximadamente o dobro do número de notificações dos meses homólogos em 1996-97. A próxima epidemia está contudo projectada para os meses de Fevereiro a Maio de 1999, com um pico de 114 notificações (intervalo de confiança: 21 a 619 notificações) em Março de 1999 (Tabela 1). Espera-se portanto uma epidemia de amplitude bastante inferior às de 1994 e de 1989 (Figura 4), consequência da tendência geral decrescente na morbidade do sarampo.

## APÊNDICE

O modelo matemático que foi ajustado à série de notificações de sarampo, nos 132 meses do período 1987-97, é a soma das várias componentes de variação que estão incorporadas na referida série. Estas componentes são a tendência geral dos dados, a estacionalidade (Figura 2), as oscilações periódicas com período plurianual (Figura 3) e, finalmente, um resíduo  $x_m$ , obtido depois de subtrair aos dados originais todas as componentes anteriores. No modelo, o número de notificações no mês que tem o número de ordem  $m$  ( $m = 1, 2, \dots, 132$ ) é calculado pela seguinte soma de parcelas:

$$0.17 - 0.02 m + CE_m + OP_m + x_m \quad (1)$$

sendo  $(0.17 - 0.02 m)$  a recta que representa a tendência decrescente e  $CE_m$  o valor do coeficiente de estacionalidade no mês  $m$  (valores na Figura 2).  $OP_m$  é a oscilação com período de 60 meses, uma soma de três curvas sinusoidais:

$$\begin{aligned} OP_m = & -0.91 \cos(0.105 m) + 0.48 \sin(0.105 m) + \\ & + 0.32 \cos(0.21 m) - 0.64 \sin(0.21 m) + \\ & + 0.28 \cos(0.42 m) - 0.24 \sin(0.42 m) \end{aligned}$$

Finalmente, o resíduo  $x_m$  do mês  $m$  é obtido pelo seguinte modelo autoregressivo:  $x_m = 0.67 x_{m-1}$ . Assim, a expressão para  $x_m$  na equação (1) é:

$$x_m = 0.67 [\ln y_{m-1} - (0.17 - 0.02 (m-1) + CE_{m-1} + OP_{m-1})]$$

sendo  $\ln y_{m-1}$  o logaritmo das notificações reais no mês  $m-1$ . As projecções para os 24 meses de 1998 e 1999 foram feitas com o modelo (1), fazendo o valor de  $m$  avançar progressivamente 24 unidades ( $m = 133, \dots, 156$ ) e usando o valor de CE adequado a cada mês.

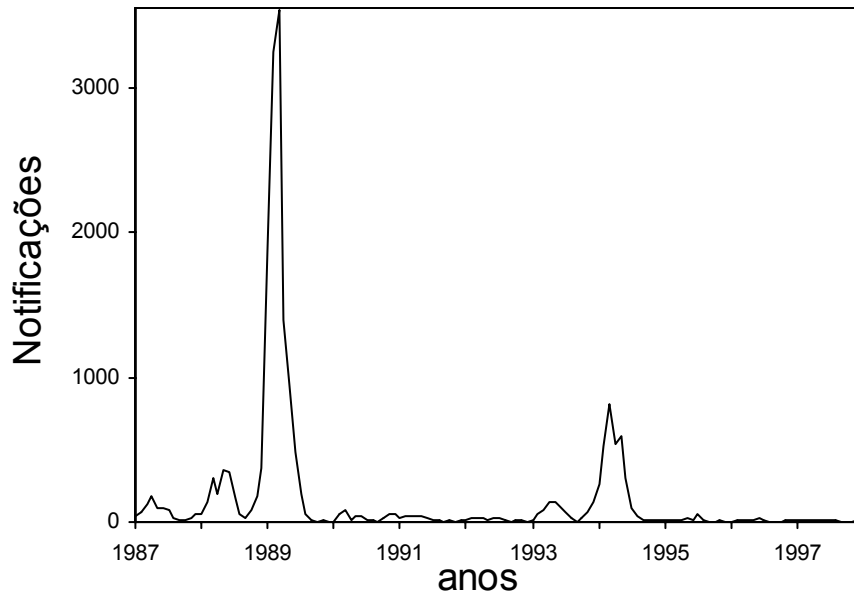


Figura 1. Número mensal de notificações de sarampo em Portugal entre 1987 e 1997, já sob influência da vacinação anti-sarampo.

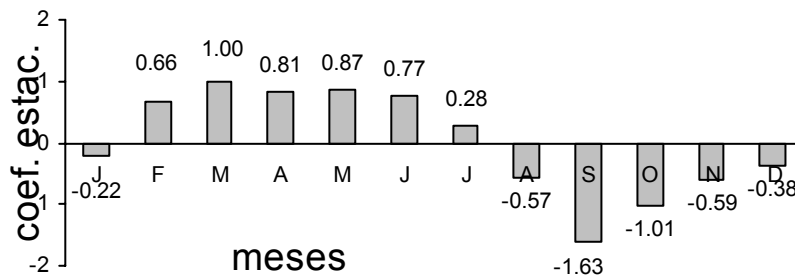


Figura 2. Coeficientes de sazonalidade do sarampo. Medem quanto é que a incidência do sarampo em cada mês se desvia (para mais ou para menos) do valor médio da incidência em todo o ano. Notar que a soma dos coeficientes é igual a zero.





Figura 3. Depois de remover a tendência e a componente estacional dos dados, os resíduos remanescentes (a cheio) foram ajustados por uma oscilação periódica com um período de 60 meses (a tracejado). Matematicamente, a oscilação é uma combinação de 3 curvas sinusoidais, com períodos de 15, 30 e 60 meses.

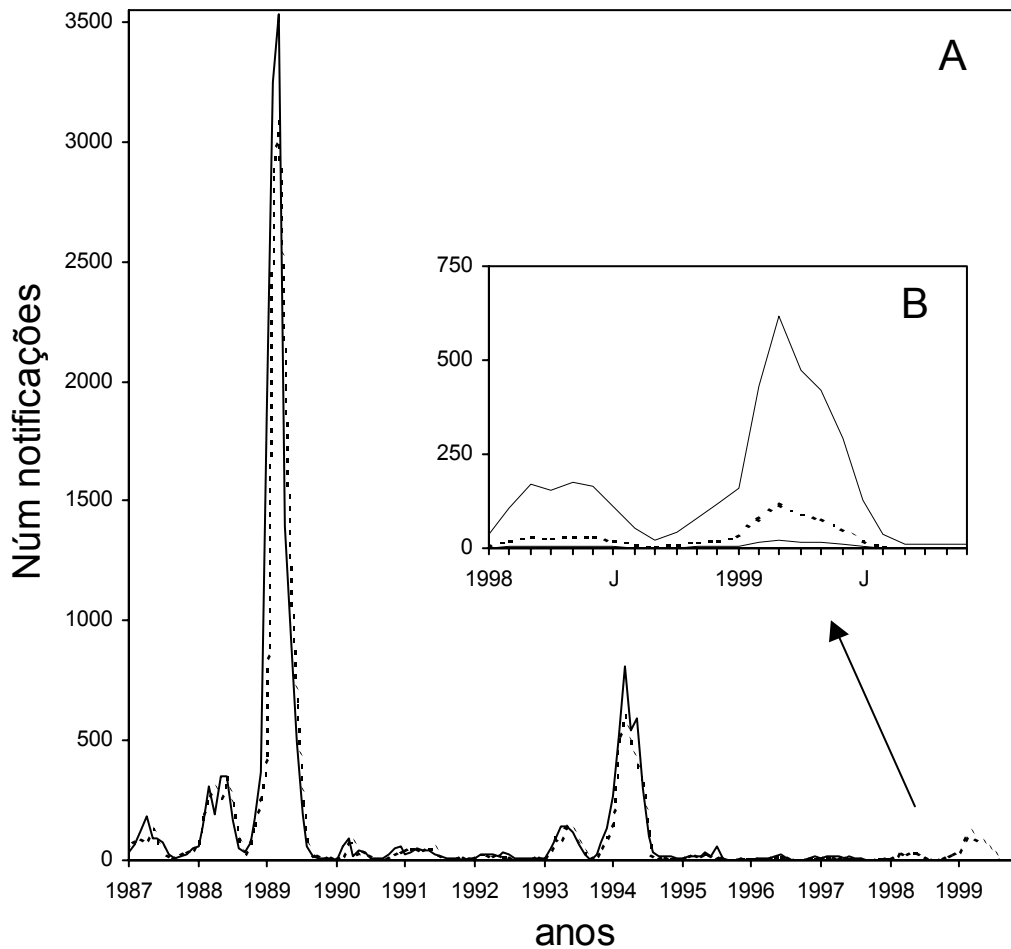


Figura 4. Notificações do sarampo em 1987-97 e previsões para 1998-99. **A.** Ajuste do modelo final (a tracejado) aos dados originais (a cheio) no período 1987-97 e previsões do número médio de notificações em 1998-99. Março 1999 é a data prevista para o pico da próxima epidemia, a qual deverá ter menor amplitude que a epidemia de 1994. **B.** Pormenor das previsões para 1998-99 (tracejado) com intervalos de confiança a 95% (a cheio leve).

## Literatura citada

- 1 **Walsh, JA** - Selective primary health care: strategies for control of disease in the developing world. IV. Measles. *Reviews of Infectious Diseases*, 1983; **5**: 330-340
- 2 **McLean, AR; Anderson, RM** - Measles in developing countries. Part I. Epidemiological parameters and patterns. *Epidem Inf*, 1988; **100**:111-133
- 3 **DGE**. *Anuário Demográfico*. Direcção Geral de Estatística, Lisboa, 1930-34.
- 4 **INE**. *Anuário Demográfico*. Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, 1935-67.
- 5 **INE**. *Estatísticas Demográficas*. Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, 1968-71
- 6 **INE**. *Estatísticas da População Residente*. Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, 1980-97
- 7 **Ministério da Saúde** - Normas de vacinação do Programa Nacional de Vacinação. Circular Normativa nº 29/DTP de 6.08.85, DGCS, Lisboa 1985
- 8 **Ministério da Saúde** - Programa de vacinação contra a parotidite epidémica. Norma de Serviço nº 5/DTP de 12.02.87, DGCS, Lisboa 1987.
- 9 **Ministério da Saúde** - Normas de vacinação do Programa Nacional de Vacinação. Circular Normativa nº 10/DTP de 4.09.90, DGCS, Lisboa 1990.

- 10 **Lima, G** - O sarampo que ainda temos. *Saúde em Números*, 1996; **11**(2):9-14.
- 11 **Gonçalves, G** - Eficácia vacinal durante a epidemia de sarampo de 1988 e 1989, no Porto e arredores. *Arquivos de Medicina*, 1996; **10**(1):22-27.
- 12 **Anderson, RM; May, RM** - *Infectious Diseases of Humans. Dynamics and Control*. Oxford Univ. Press, Oxford, 1991
- 13 **Gomes, MC; Paulo, AC** - Porque razão é tão difícil erradicar doenças infecciosas ? Consequências esperadas e inesperadas dos programas de vacinação. *Revista Portuguesa Doenças Infecciosas*, 1998; (in press).
- 14 **Gomes, MC; Paulo, AC** - O sarampo em Portugal: consequências potenciais da vacinação. *Acta Médica Portuguesa* (submetido em Janeiro de 1998).
- 15 **Soares, C; Motta, C** - Evolução das taxas de mortalidade e morbilidade de algumas doenças infecto-contagiosas em Portugal (1902-1952), breve comentário. *Separata do Boletim dos Serviços de Saúde Pública*, 1954; **1**(3, 4).
- 16 **Gomes, MC; Gomes, JJ; Paulo, AC** - Diphtheria, pertussis, and measles in Portugal during the XX<sup>th</sup> century: a time series analysis. Sob revisão em *Statistics in Medicine*, 1998
- 17 **INE**. *Estatísticas da Educação*. Instituto Nacional de Estatística, Portugal, 1947-1965.

18 **DGCSP**. Doenças de Notificação Obrigatória. Direcção Geral de Cuidados de Saúde Primária, Lisboa, 1981-89.

19 **DGS**. Doenças de Declaração Obrigatória. Direcção Geral de Saúde. Divisão de Epidemiologia e Bioestatística, 1990-97.

20 **Box, GEP; Cox, DR** - An analysis of transformations. *Journal of the Royal statistical Society, Series B*, 1964; **26**:211-243.

21 **Chatfield, C** - *The Analysis of Time Series. An Introduction*. Chapman and Hall, London, 1980.

22 **Wei, WWS** - *Time Series Analysis. Univariate and Multivariate Methods*. Addison Wesley Pub. Com., Redwood city, Calif, 1990.

23 **Caswell, H** - *Matrix Population Models: Construction, Analysis and Interpretation* Sinauer, Sunderland, Mass. 1989

## AGRADECIMENTOS

Parte do software utilizado neste trabalho foi gentilmente cedido pela Dra. Teresa Alpuim, do Departamento de Estatística da Faculdade de Ciências de Lisboa. A investigação de JJ Gomes foi parcialmente financiada por FCT, FEDER, PRAXIS XXI.

## **Resumo**

A série histórica de notificações mensais de casos de sarampo em Portugal, no período 1987-97, foi estudada por técnicas de análise de séries temporais. A incidência média do sarampo apresentou tendência decrescente ao longo do período estudado, mantendo contudo um carácter marcadamente estacional, com máximos entre Março e Maio e mínimos em Setembro-Outubro. Detectou-se ainda uma oscilação estatisticamente significativa, com período de cerca de 5 anos, subjacente às epidemias de 1989 e 1994. Um modelo matemático ajustado à série de notificações explicou cerca de 90% da variação total e foi usado para projectar a incidência da doença em 1998 e 1999. A próxima epidemia de sarampo foi prevista para Fevereiro a Abril de 1999 e deverá ter amplitude inferior às epidemias de 1989 e 1994.

## **Abstract**

Monthly records of notifications of measles cases in Portugal, from 1987 to 1997, were examined using techniques of time series analysis. During this period, the mean incidence of measles exhibited a decreasing trend and marked seasonal characteristics, with maximum in the months of March-May and minimum in September-October. Spectral analysis identified a statistically significant 5-year periodic oscillation which underlied the epidemic outbreaks of 1989 and 1994. A mathematical model that was fit to the data, accounting for about 90% of total variation, forecasted the next epidemics of measles in Portugal for February-April of 1999.