

# Um caso único de especiação alocrónica na processionária do pinheiro

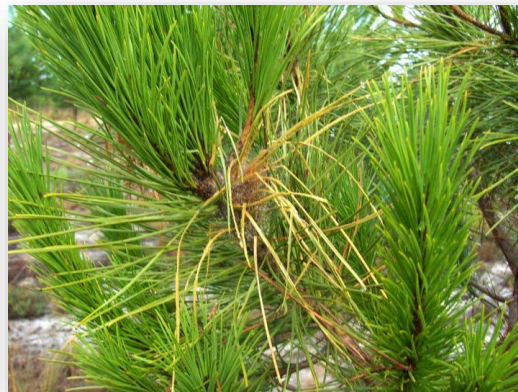
Manuela Branco, Carole Kerdelhué, Helena Santos, Susana Rocha, Christian Burban & Maria Rosa Paiva



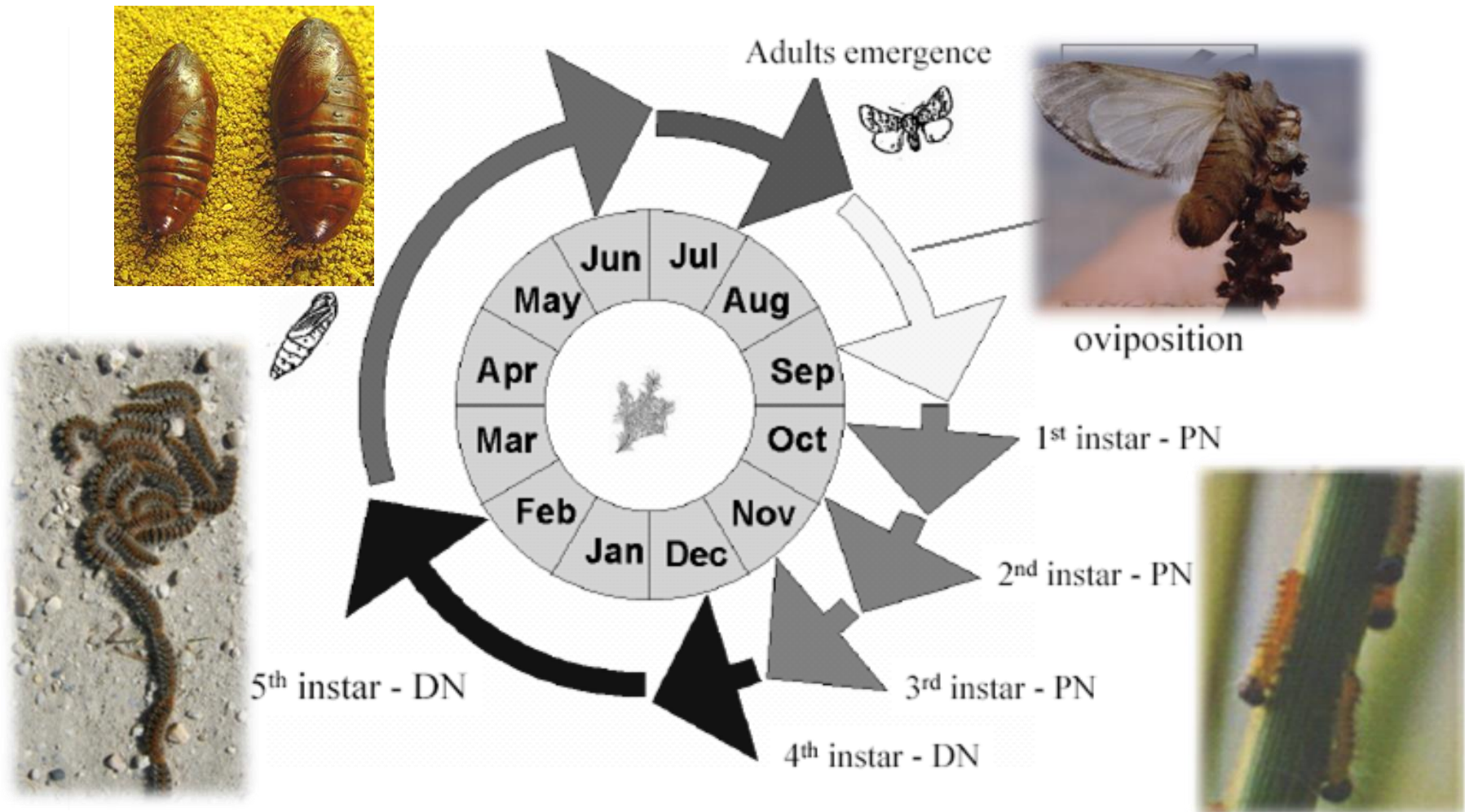
## A processionária do pinheiro,

# *Thaumetopoea pityocampa* Lepidoptera, Notodontidae

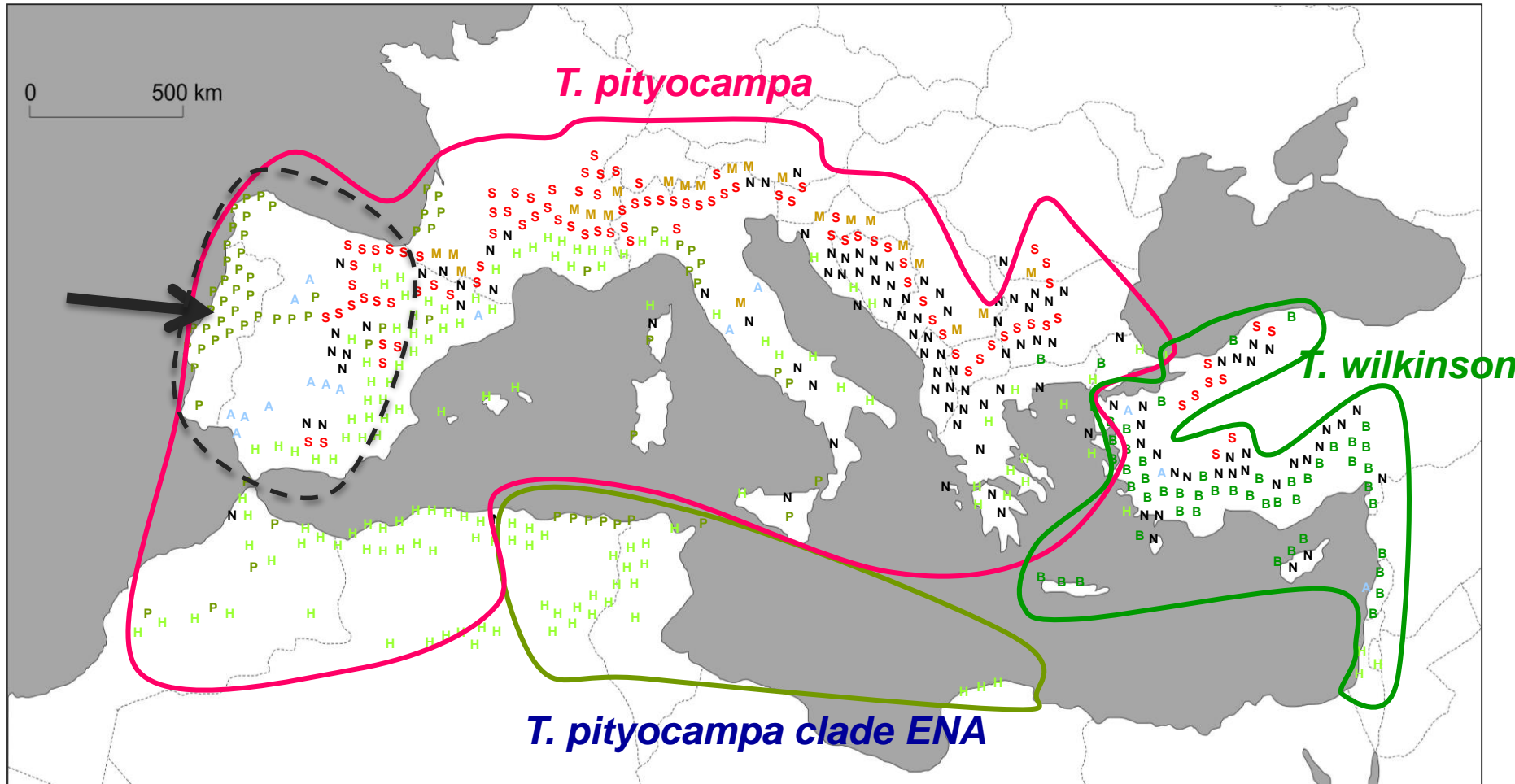
- Desfolhador de pinheiros
- Causa problemas de saúde pública devido aos pêlos urticantes



Espécie univoltina, passa o inverno na fase larvar



- Distribuiu-se por toda a Bacia do Mediterrâneo





- Em **1997**, foi observada uma situação invulgar na **Mata Nacional de Leiria**: pinhal com desfolha completa em Agosto!



- As larvas desenvolvem-se no verão, procissões ocorrem em setembro
- Chamada população de verão- **SP**

**Desfolha em Agosto 1997, Leiria**  
(foto M.R. Paiva)

# A população de ciclo típico (WP) e SP coexistem em simpatria na MNL

- WP e SP podem ocorrer nas mesmas parcelas e árvores



= nicho  
plantas  
hospedeiras



# Interrogações

- Uma nova espécie?
- Qual o ciclo biológico?
- Alteração da fenologia induzida por alterações do clima?
- Diferenciação genética?
- Diferenciação ecológica?
- Isolamento reprodutivo?
- Adaptação ecológica a uma atividade estival?
- Terá SP maior sucesso ecológico que WP?
- Expansão de SP?
- Que consequências para as árvores?



**I- Diferenciação do ciclo biológico:  
Períodos de voo, desenvolvimento e de  
emergência**





# Monitorização do período de voo

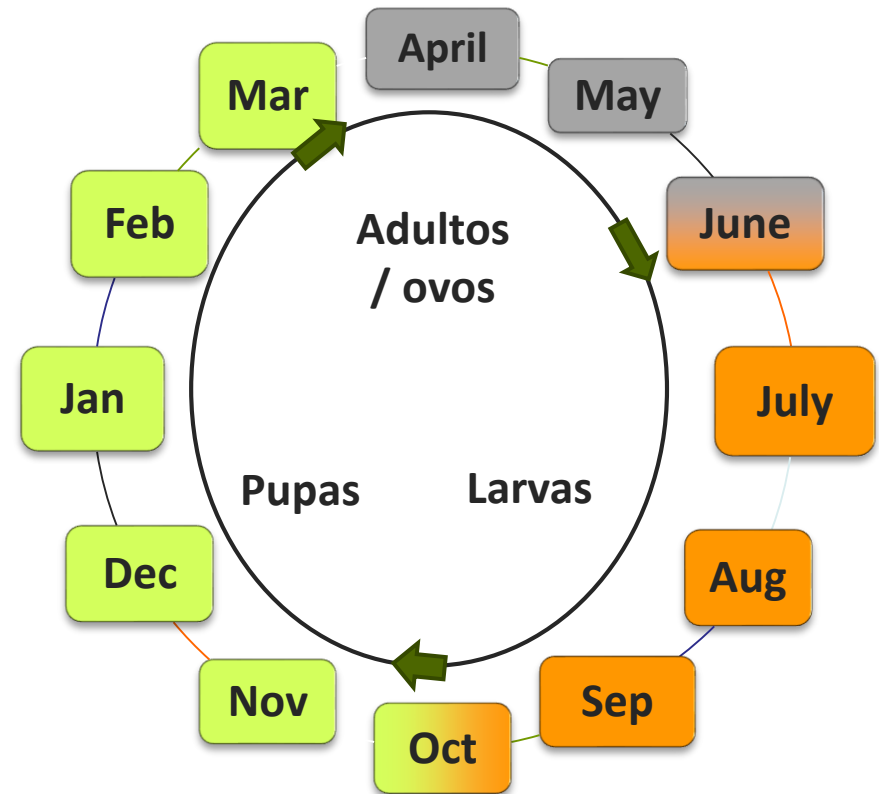
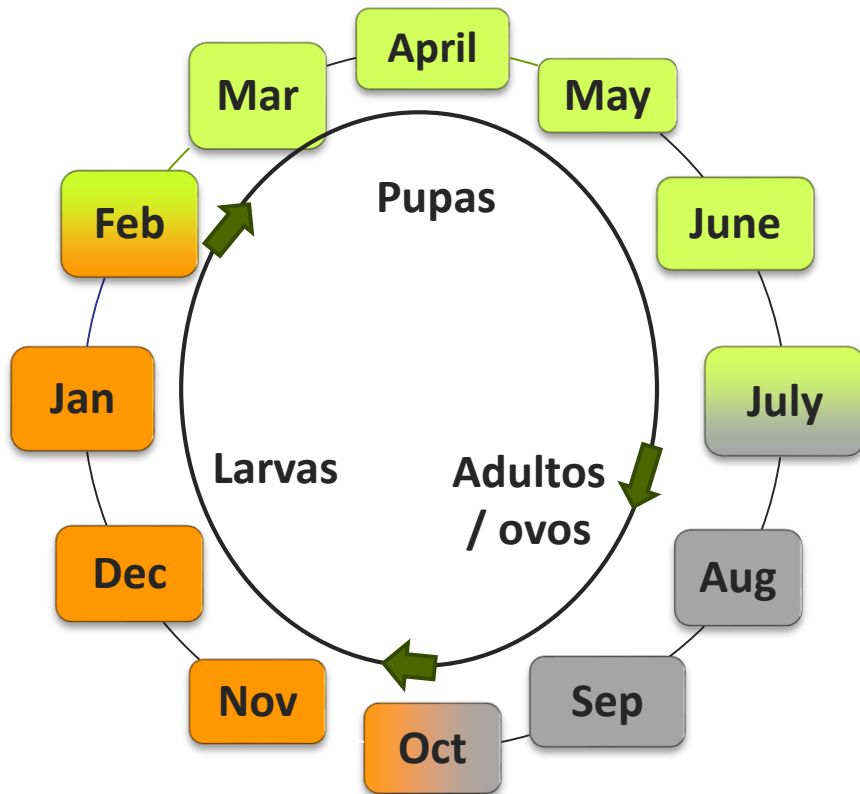


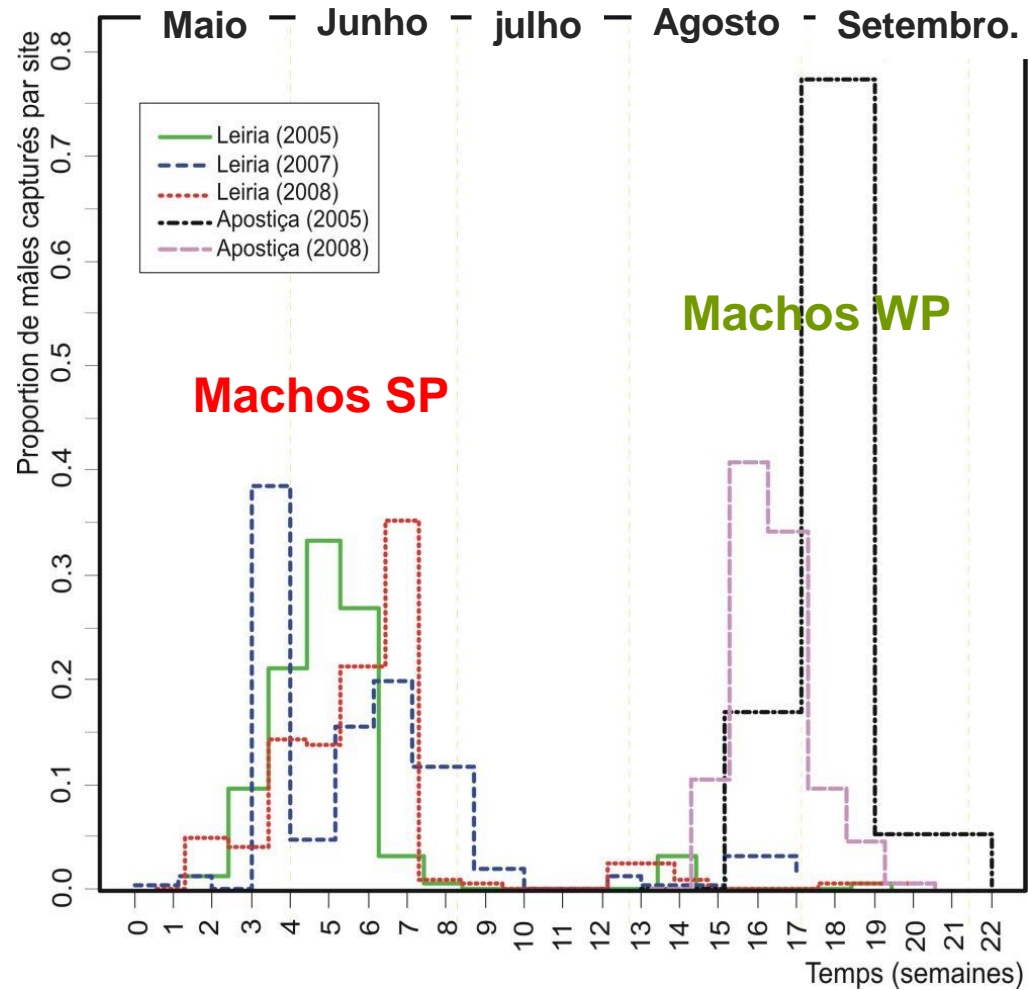
# Diferenciação fenológica



**WP** – adultos voam no verão,

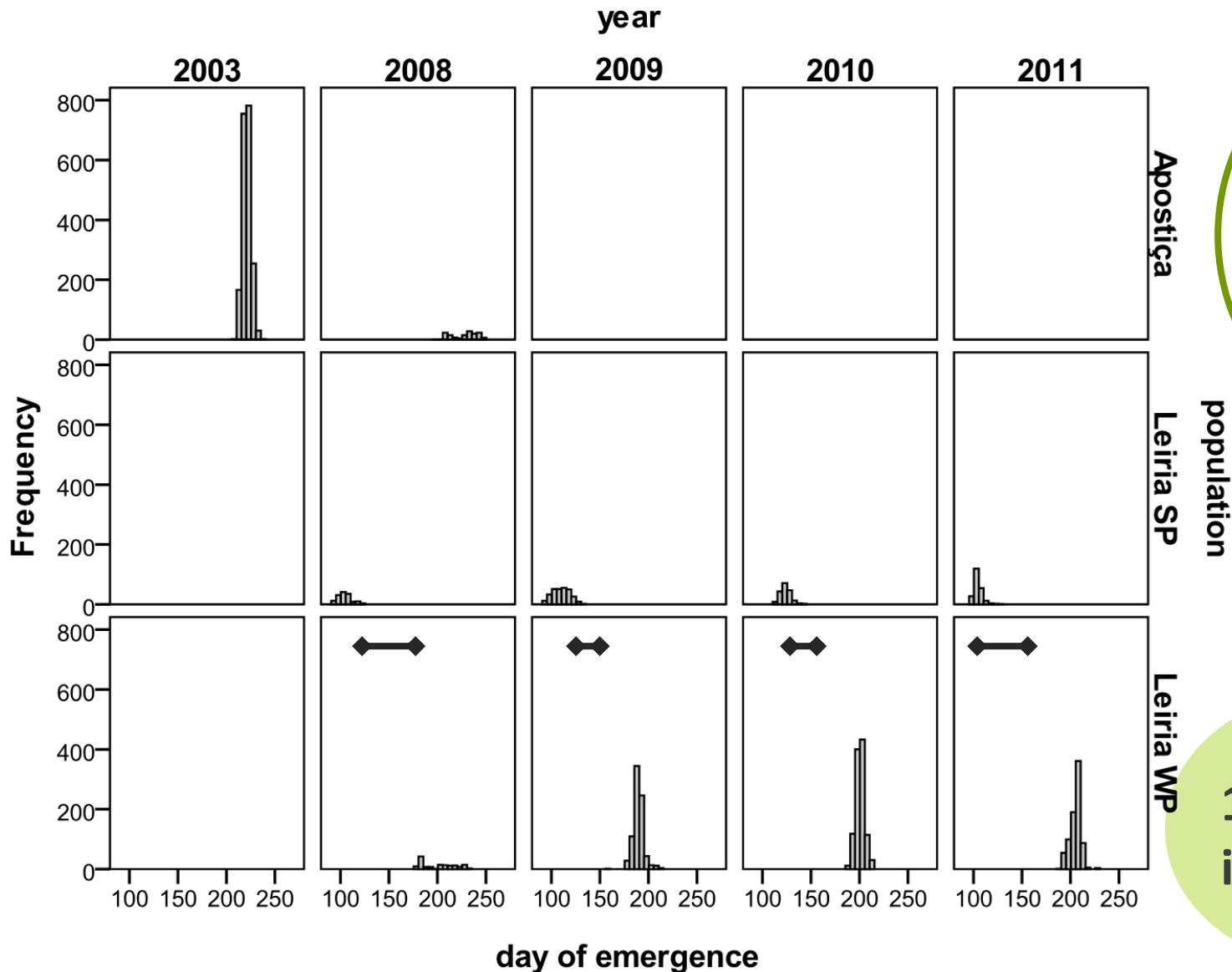
**SP** - adultos voam na primavera





Períodos diferentes de reprodução das duas populações →  
Isolamento reprodutivo pelo tempo → Especiação alocrónica?

# Adultos emergentes em laboratório



Períodos  
reprodutivos  
distintos  
mantêm-se em  
laboratório!

15-27 dias  
intervalo

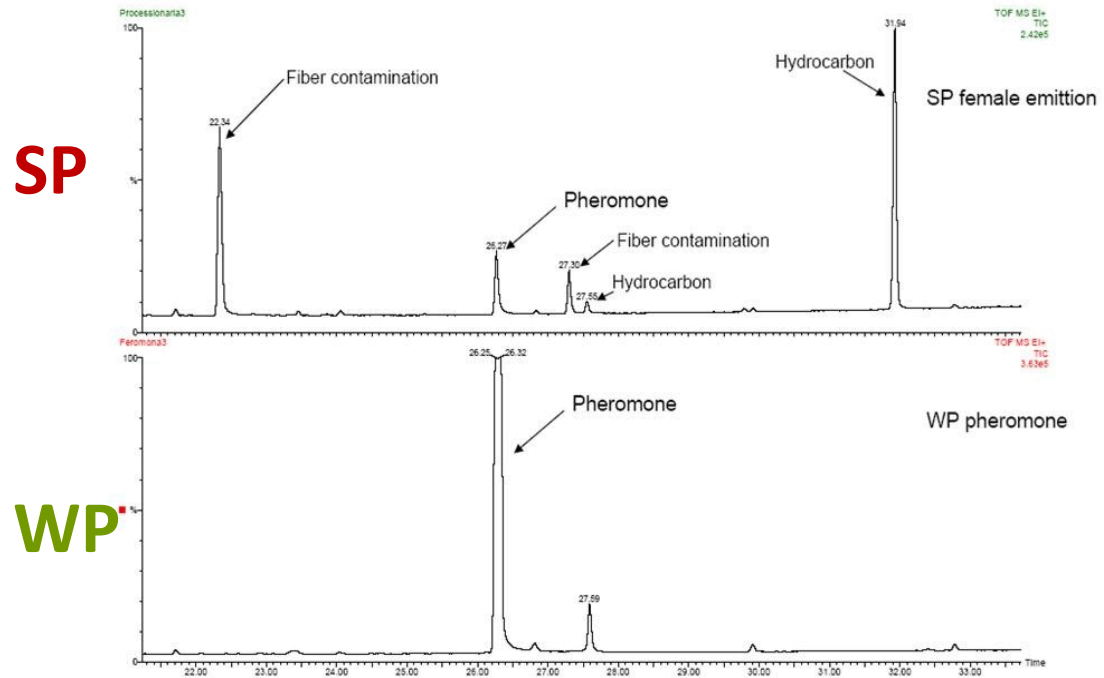
# Comunicação química



- O isolamento reprodutivo está por vezes associado a diferentes feromonas (comunicação olfativa)



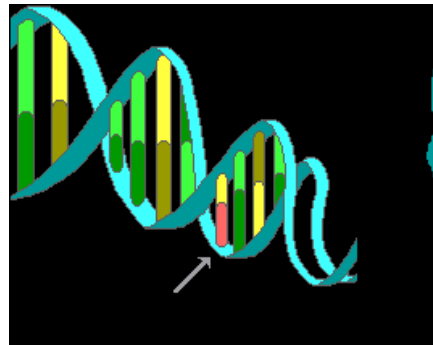
No caso de SP e WP a comunicação olfativa não divergiu.



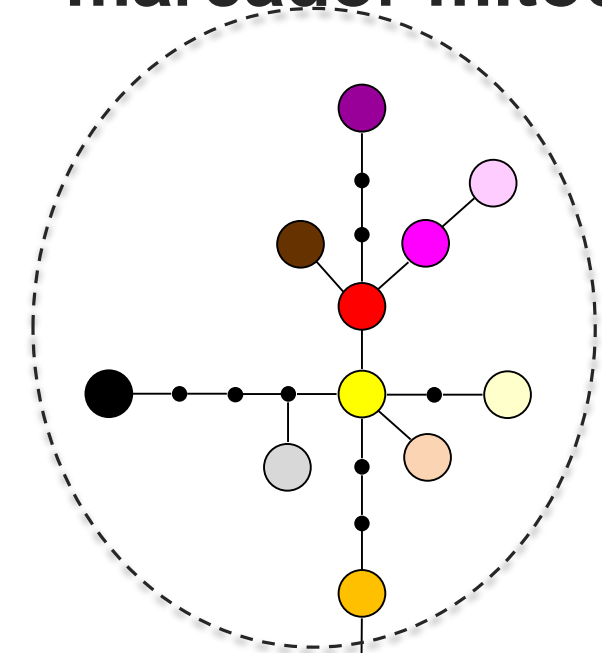
GC-MS cromatograma da feromona sexual de PPM, SP e WP. (Mateus *et al.* unpubl)

## **II- Diferenciação genética de SP :**

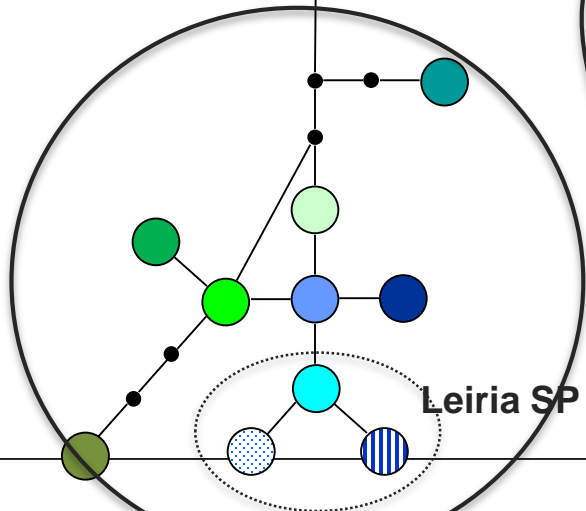
**Marcadores:  
mitocondrial – CO1  
microssatélites**



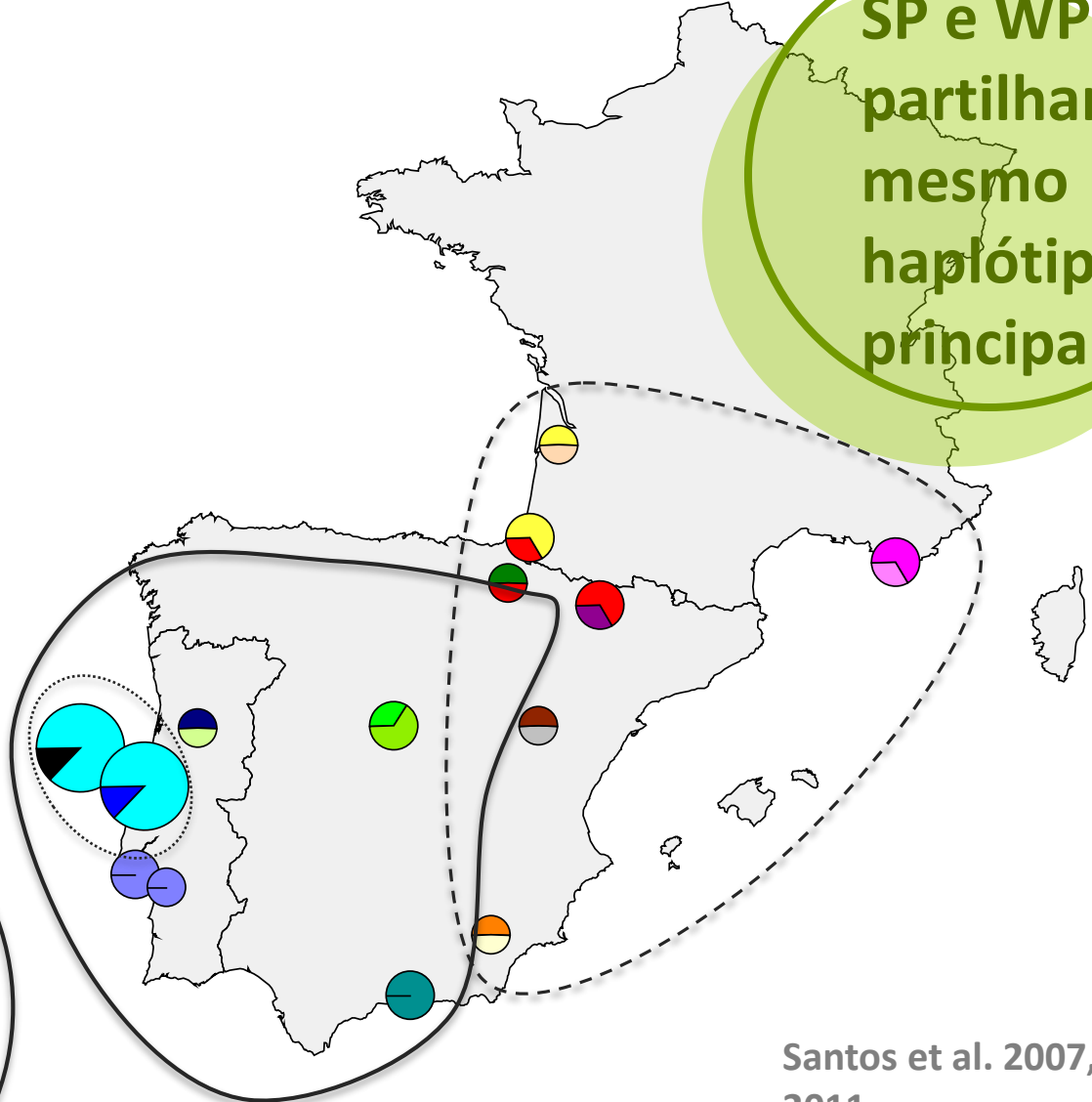
# marcador mitocondrial



27 mutations



Leiria SP & WP



SP e WP  
partilham o  
mesmo  
haplótipo  
principal

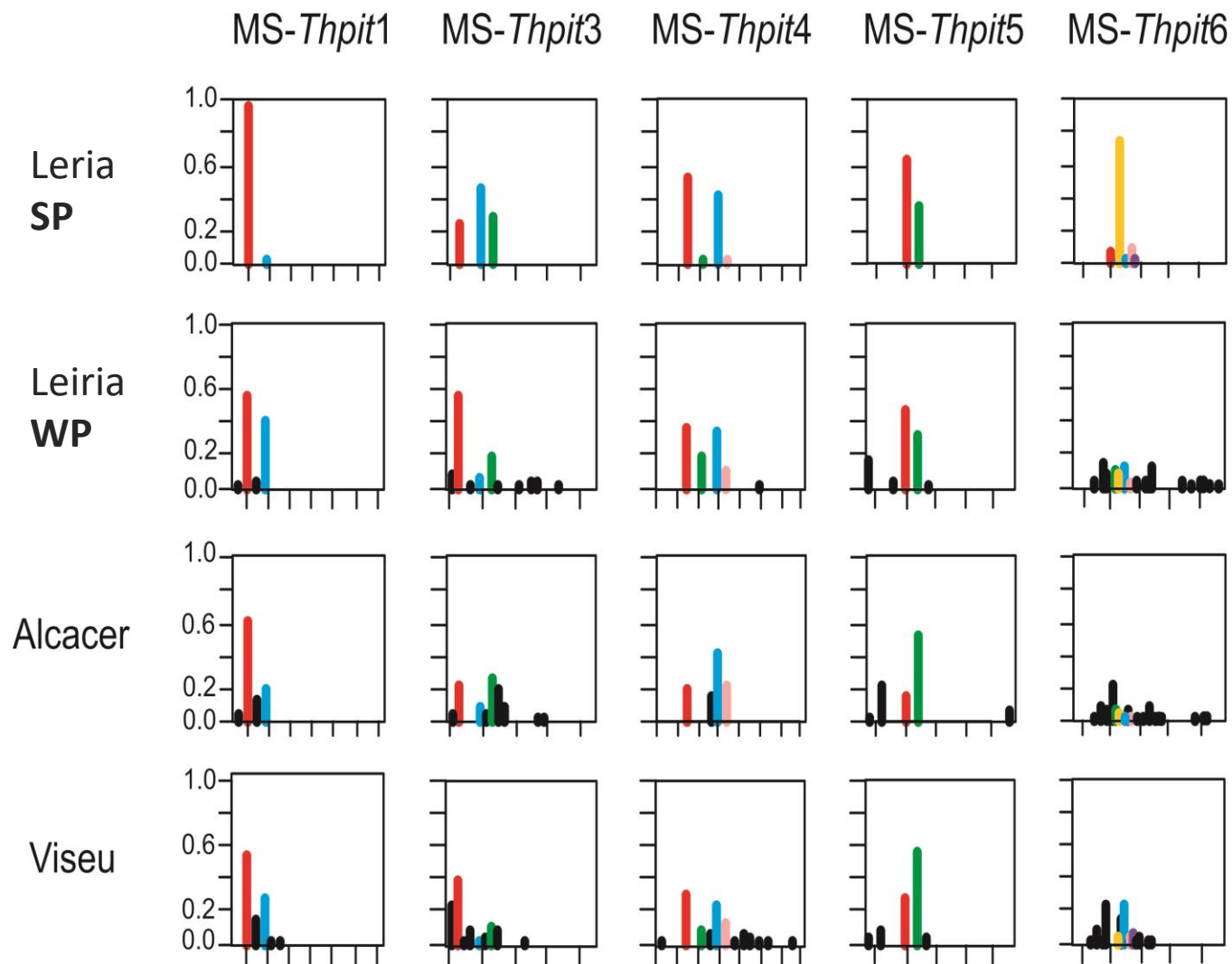
Santos et al. 2007,  
2011

# *Microssatélites: frequências de alelos*

Todos os alelos presentes em SP ocorrem em WP

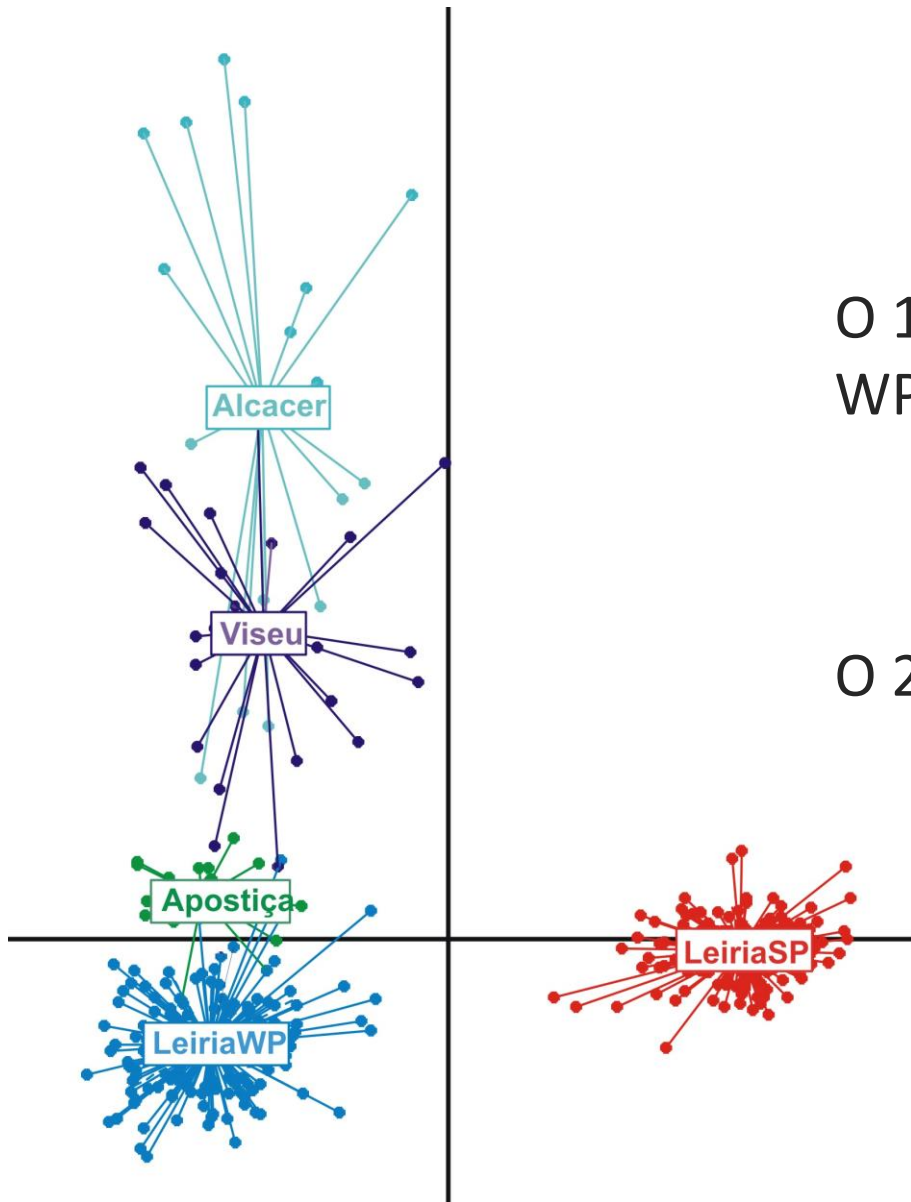
SP tem menor riqueza

Frequências alteradas



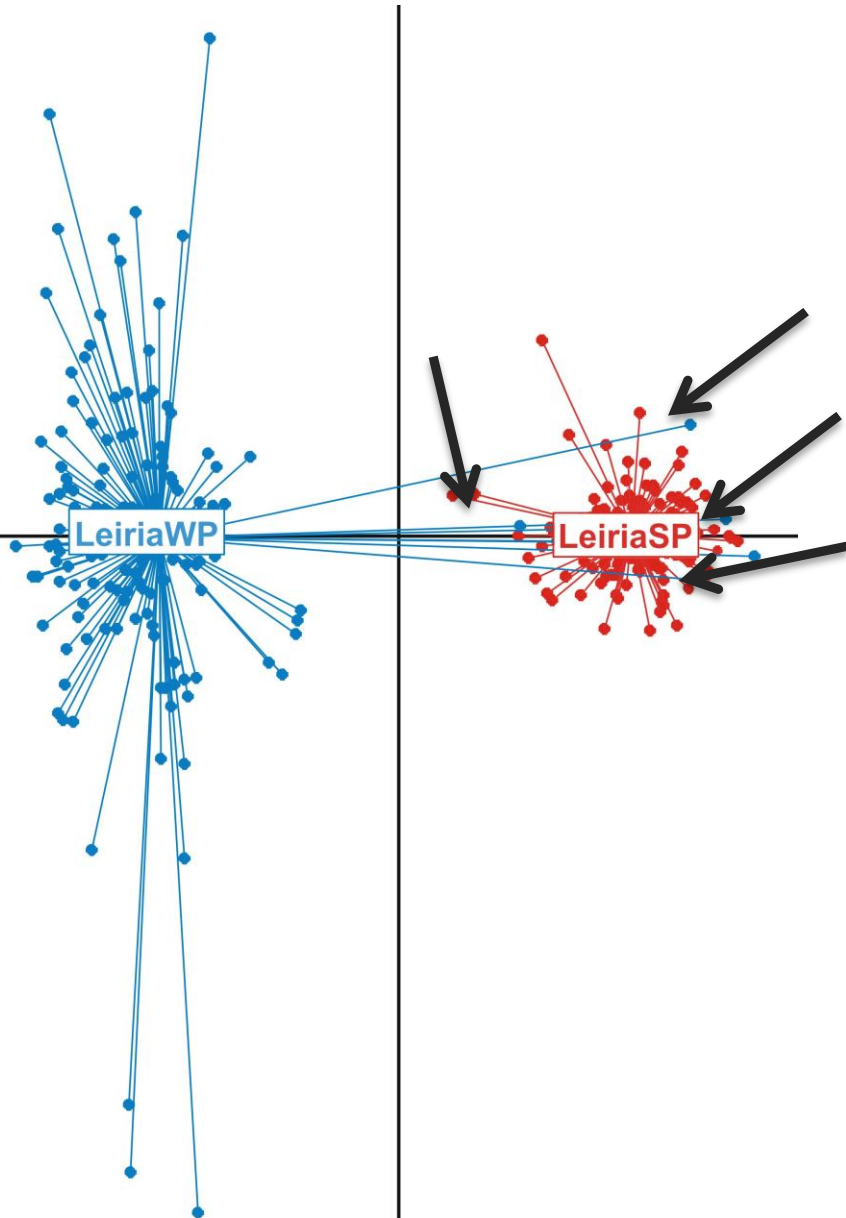


## ACP - dados de 16 *loci* (microssatélites)



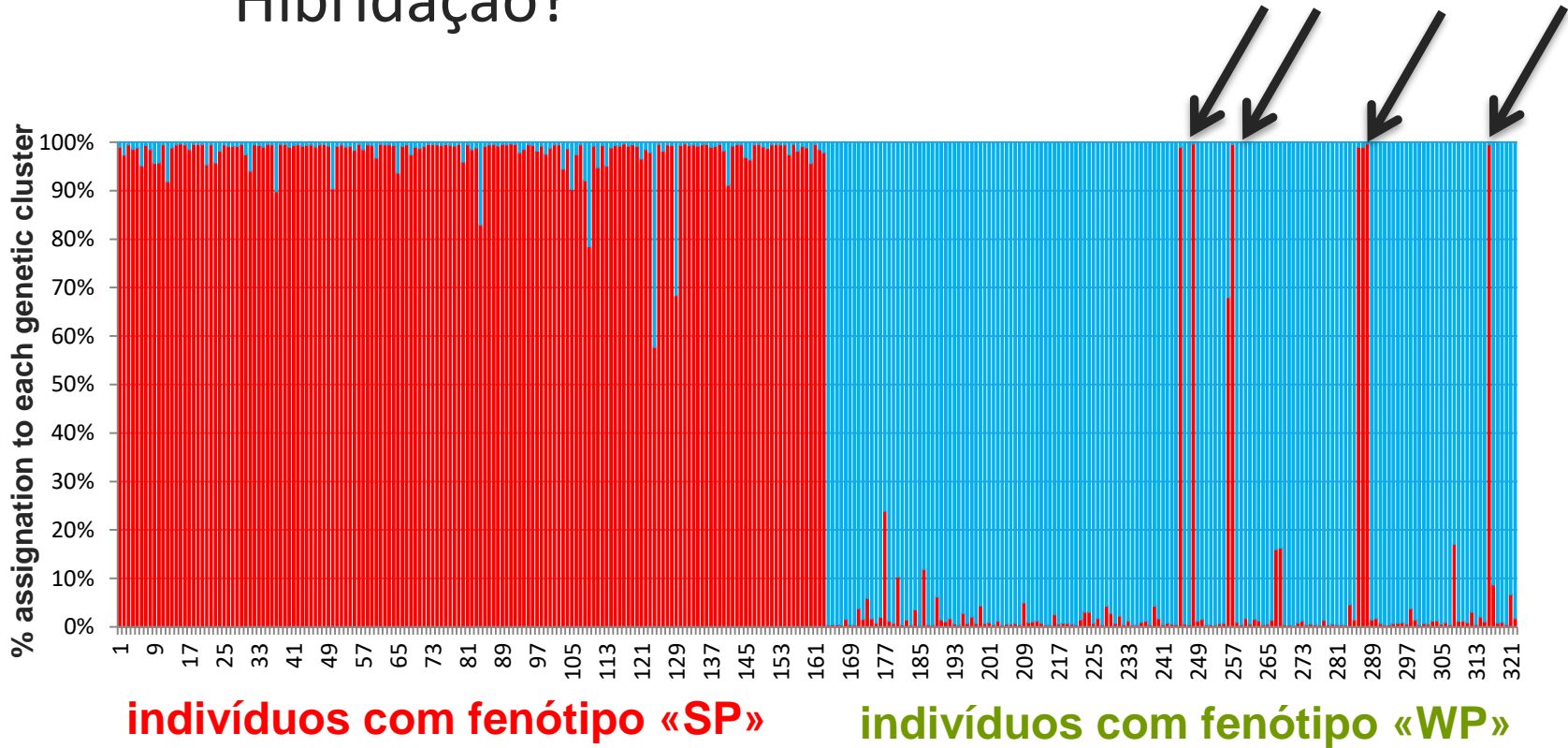
O 1º eixo separa SP das restantes WP (incluindo WP Leiria)

O 2º eixo separa as WP



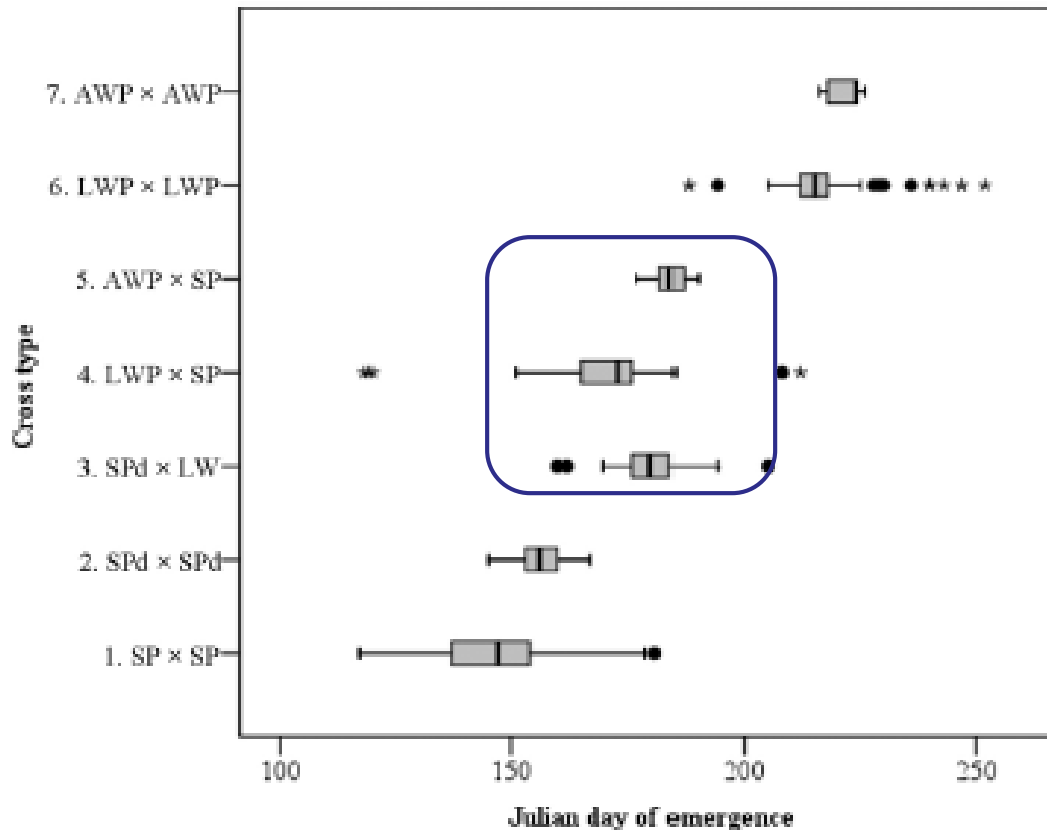
Alguns indivíduos com  
fenótipo WP estão no cluster  
genético da SP

SP tardios ?  
Hibridação?



Indivíduos com fenótipo WP (emergem no verão) mas caem no cluster genético de SP - indivíduos provenientes de SP que voltam ao ciclo clássico?

Em laboratório foi possível produzir híbridos.  
Os híbridos têm fenologia intermédia.  
A hereditariedade é elevada,  $h=0.76$



Experimental evidence for heritable reproductive time in 2 allochronic populations of pine processionary moth

Manuela Branco<sup>1</sup>, Maria-Rosa Paiva<sup>2</sup>, Helena Maria Santos<sup>1,2</sup>, Christian Burban<sup>3</sup> and Carole Kerdelhué<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro de Estudos Florestais (CEF), Instituto Superior de Agronomia (ISA), Universidade de Lisboa (ULisboa), 1349-017, Lisboa, Portugal; <sup>2</sup>CENSE, Faculty of Sciences and Technology (FCT), Universidade Nova de Lisboa (UNL), 2829-516, Caparica, Portugal; <sup>3</sup>INRA Centre de Bordeaux, UMR1202 BIOGECO, Cestas cedex, France and <sup>4</sup>INRA Centre de Montpellier, UMR CBGP, F-34988, Montpellier-sur-Lez cedex, France

## Diferenciação genética : conclusões!

- Origem de SP local, ancestral comum a Leiria WP
- Efeito fundador, *bottleneck* (uns alelos perderam-se, outros fixaram-se, menor riqueza, ...)
- Origem recente de SP (estima-se de cerca 500 anos!)
- Forte diferenciação genética, fluxo genético limitado
- Divergência ocorreu em simpatria, sem mudança de hospedeiro, mas diferentes períodos reprodutivos – **especiação alocrónica**



# III- Diferenciação fenotípica: Reprodução



# Divergência fenotípica -posturas




Postura- **SP**



Postura- **WP**

# Escamas de cobertura dos ovos

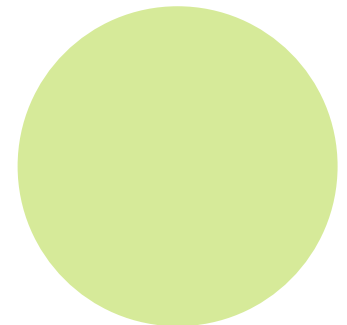
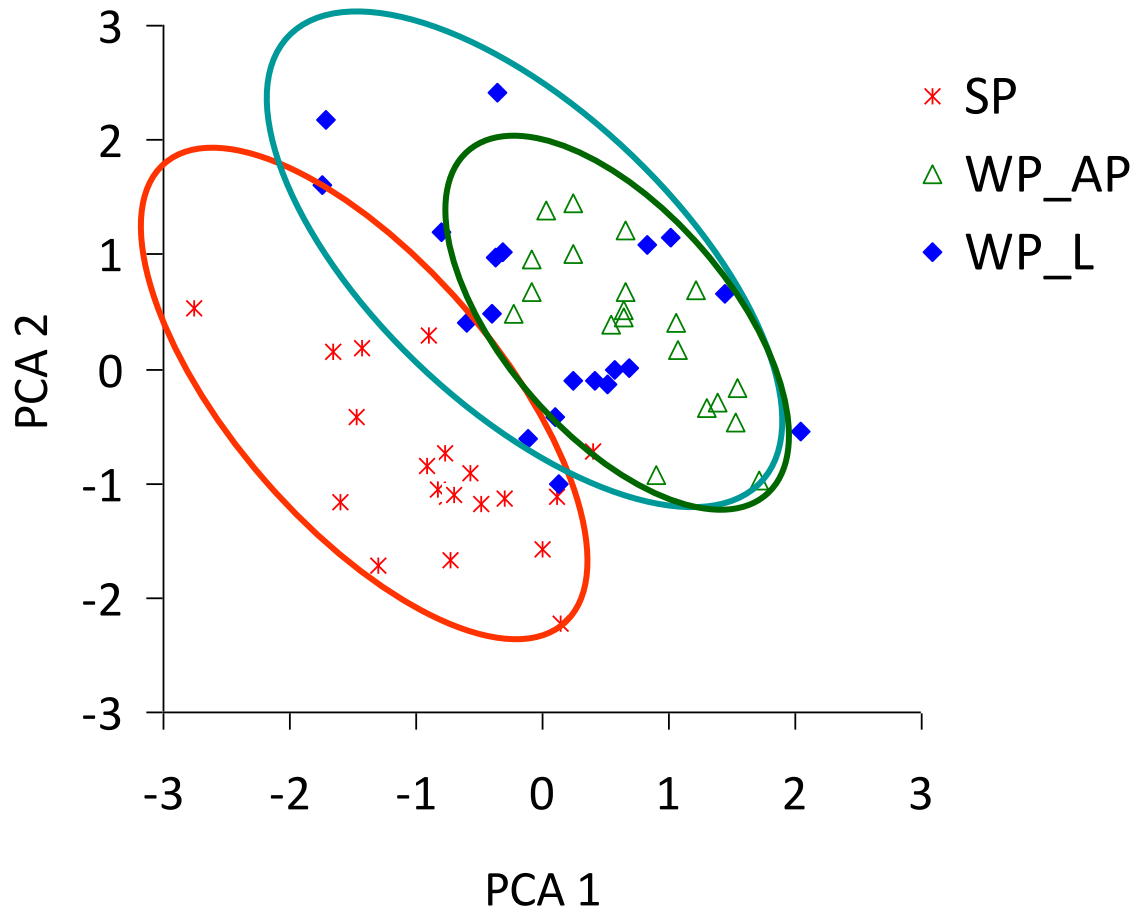


Pop.	Cor dominante das escamas	Forma das escamas	postura
WP			
SP			



ACP das escamas (cor e índices de forma) mostram que **SP** difere significativamente de **Leiria WP** e **WP de Apostiça**

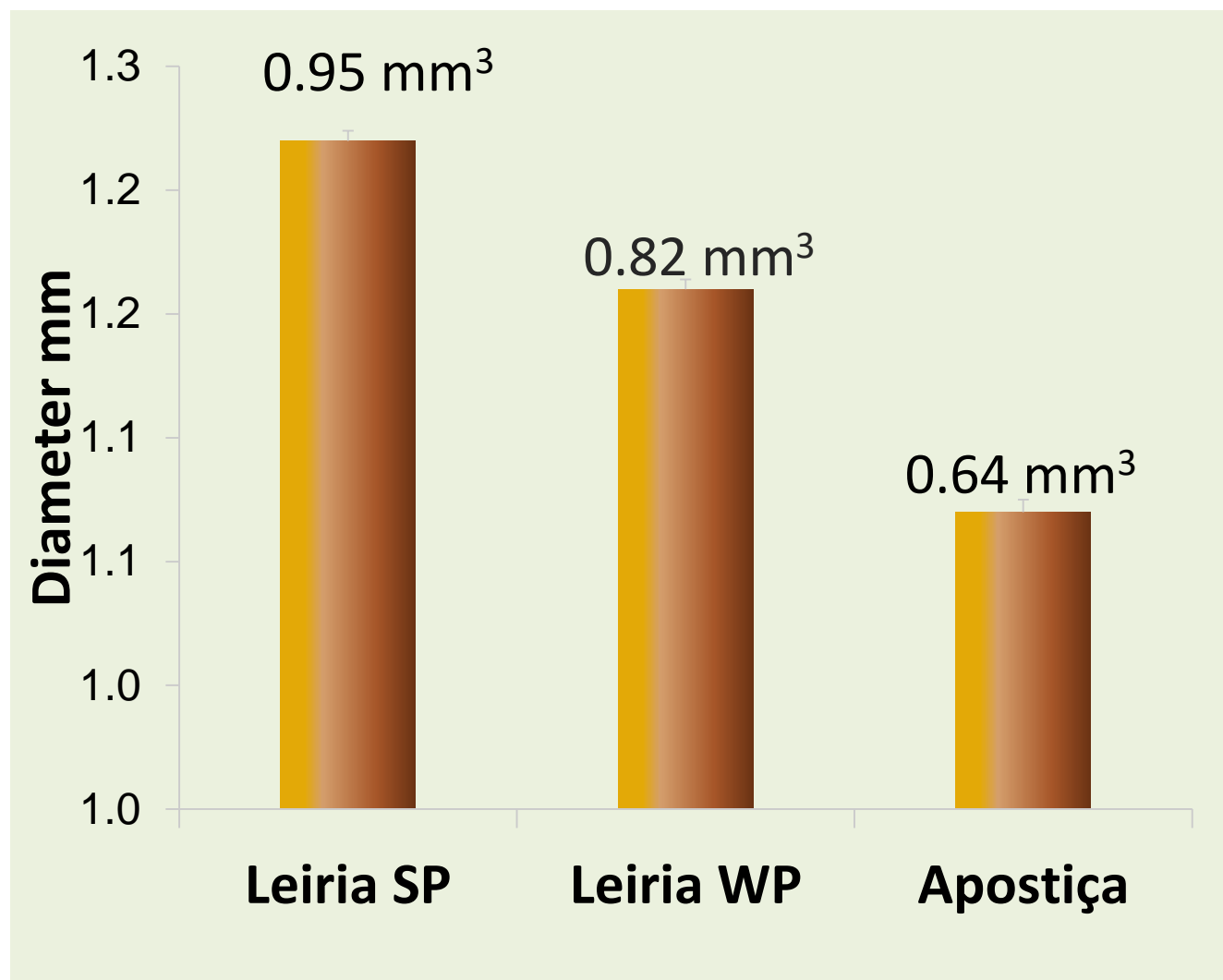
Elevada variabilidade fenotípica dentro de cada população



Dimensão dos ovos:  
**SP** são maiores

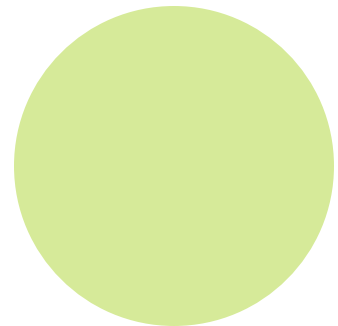


Maior sobrevivência  
das larvas neonatas?



## Diferenciação reprodutiva : conclusões!

- Cobertura das escamas de SP diverge de WP: efeito do acaso, mas sem contra seleção? Não há forte pressão seletiva por parasitoides! Efeito positivo das escamas na sobrevivência?
- Ovos maiores (menor fecundidade)
- Mas maior sobrevivência das larvas neonatas
- Não são necessários ninhos tão grandes (ninhos de inverno grandes favorecem a sobrevivência invernal).



## **IV- Diferenciação fenotípica:**

**Sobrevivência das larvas às temperaturas altas**



# Nicho térmico das larvas

- Diferentes pressões seletivas:



Ninho- **WP**, inverno



Ninho- **SP**, verão



# LA BIOÉCOLOGIE DE LA PROCESSIONNAIRE DU PIN DISPERSION POTENTIELLE – DISPERSION ACTUELLE

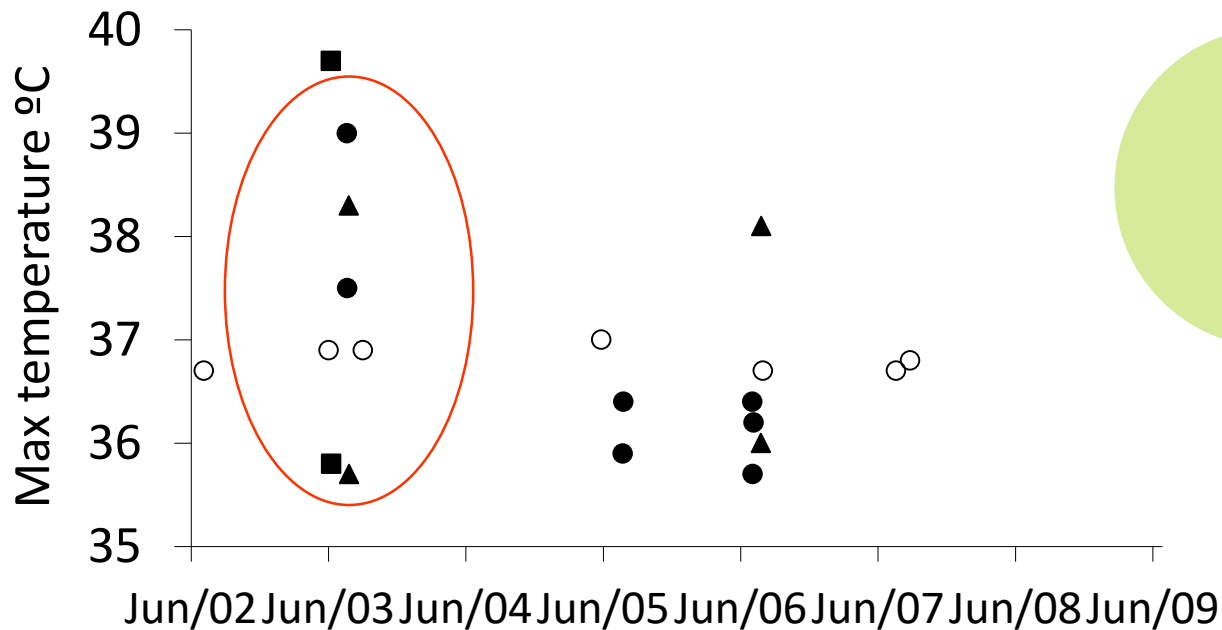
H. HUCHON - G. DEMOLIN

Class. Oxford 145.78 THAUMETOPOEA PITYOCAMPA SCHIFF. : 151

ensoleillement, elle ne peut que très difficilement atténuer les températures trop élevées, supérieures à 32°C. Ces dernières deviennent extrêmement dangereuses pour les œufs en incubation ou pour les chenilles en cours d'évolution. Elles sont le plus souvent à l'origine

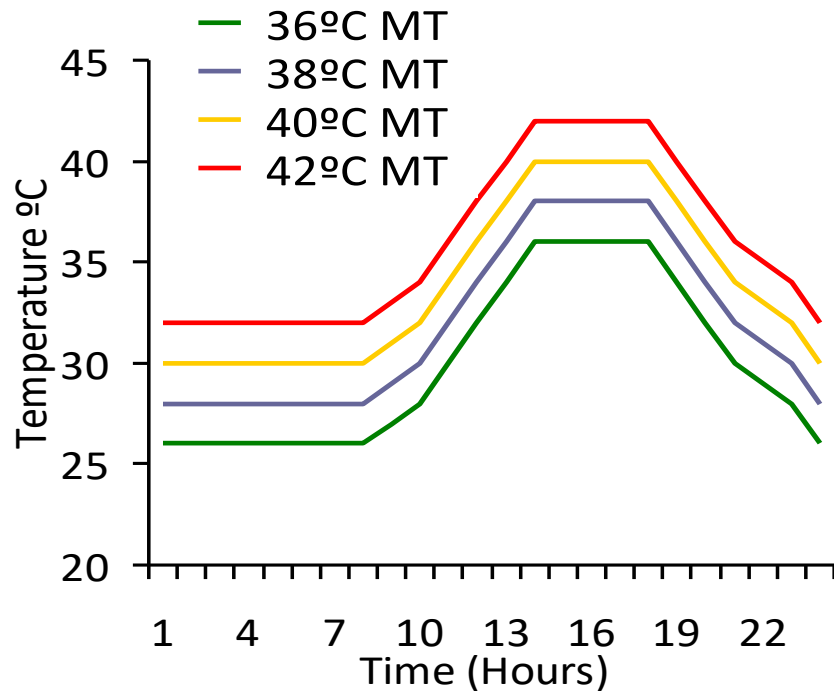


- Leiria tem um clima fresco no verão, todavia as temperaturas máximas podem exceder os 35°C!



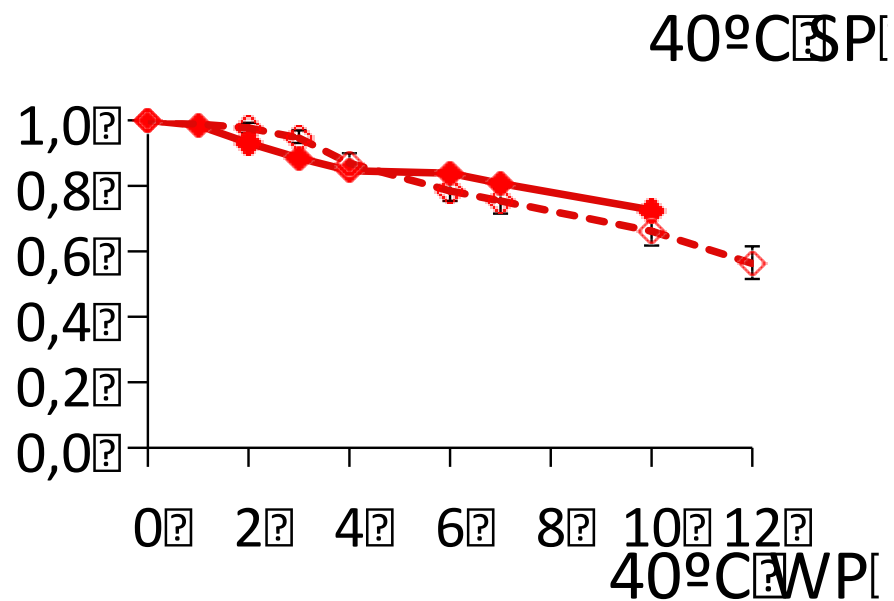
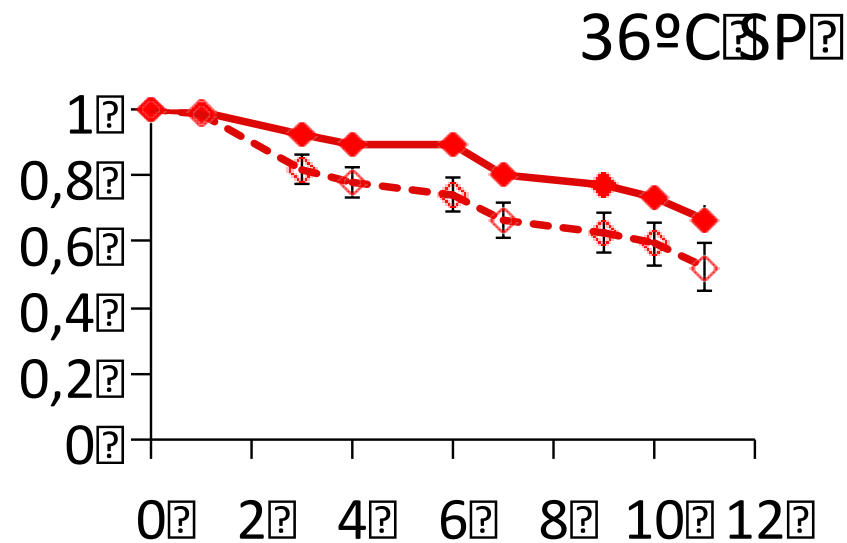
Dias únicos (círculos abertos) ou vários consecutivos (a cheio) com temperaturas máximas extremas.

## Estudos experimentais

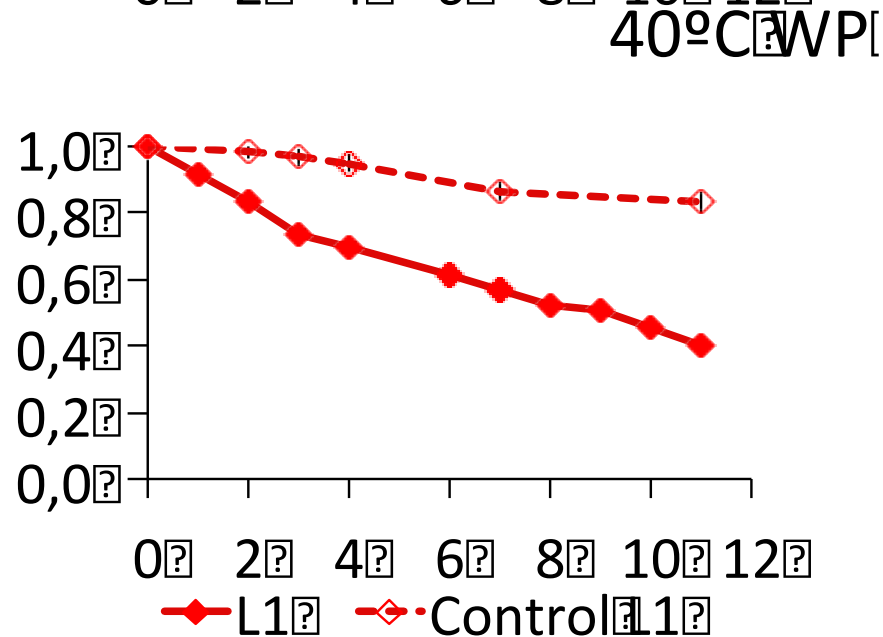
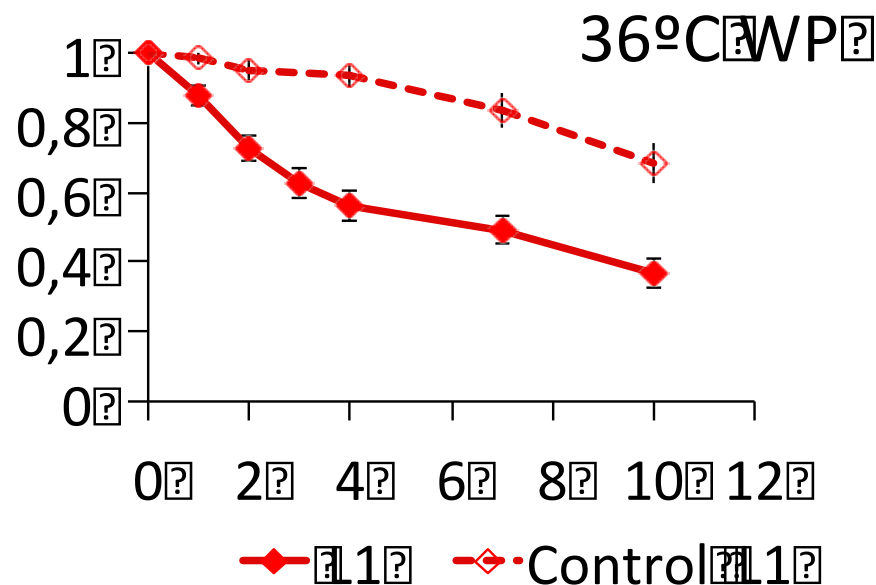


As larvas foram sujeitas tratamentos térmicos - imitando dias consecutivos de extremo calor

Survival



Survival



◆ L1    ◆ Control

◆ L1    ◆ Control



	L1		L2	
Temperature	Chi -Square	p	Chi-Square	p
36°C	50,632	0,000	1,172	0,279
38°C	39,828	0,000	25,168	0,000
40°C	23,643	0,000	148,663	0,000
42°C	67,728	0,000	40,177	0,000



(Santos et al. 2011b)

**SP** sobrevive melhor às temperaturas elevada que **WP**  
(excepto 2<sup>nd</sup> instar a 36°C - sem diferenças significativas )

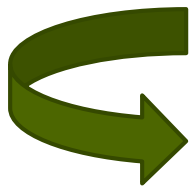
## Regressão de Cox:

+ 108% para **WP** em comparação com **SP**

+ 24% por cada °C adicional

- 53% para 2<sup>nd</sup> instar em comparação com 1<sup>st</sup> instar

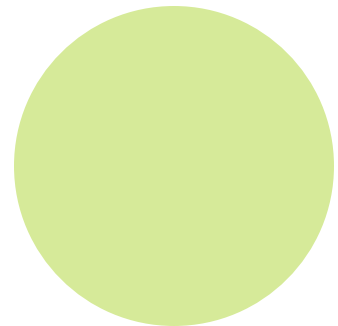
Variable	B (se)	p	Exp(B)	Mortality hazard
Temperatura (°C)	0.22 (0.01)	<0.001	1.243	+24%
Instar (L2 vs. L1)	-0.42 (0.04)	<0.001	0.655	-53%
WP vs. SP	0.73 (0.05)	<0.001	2.079	+108%



**Thermal niche shift**

# Sobrevivência das larvas às temperaturas: conclusões!

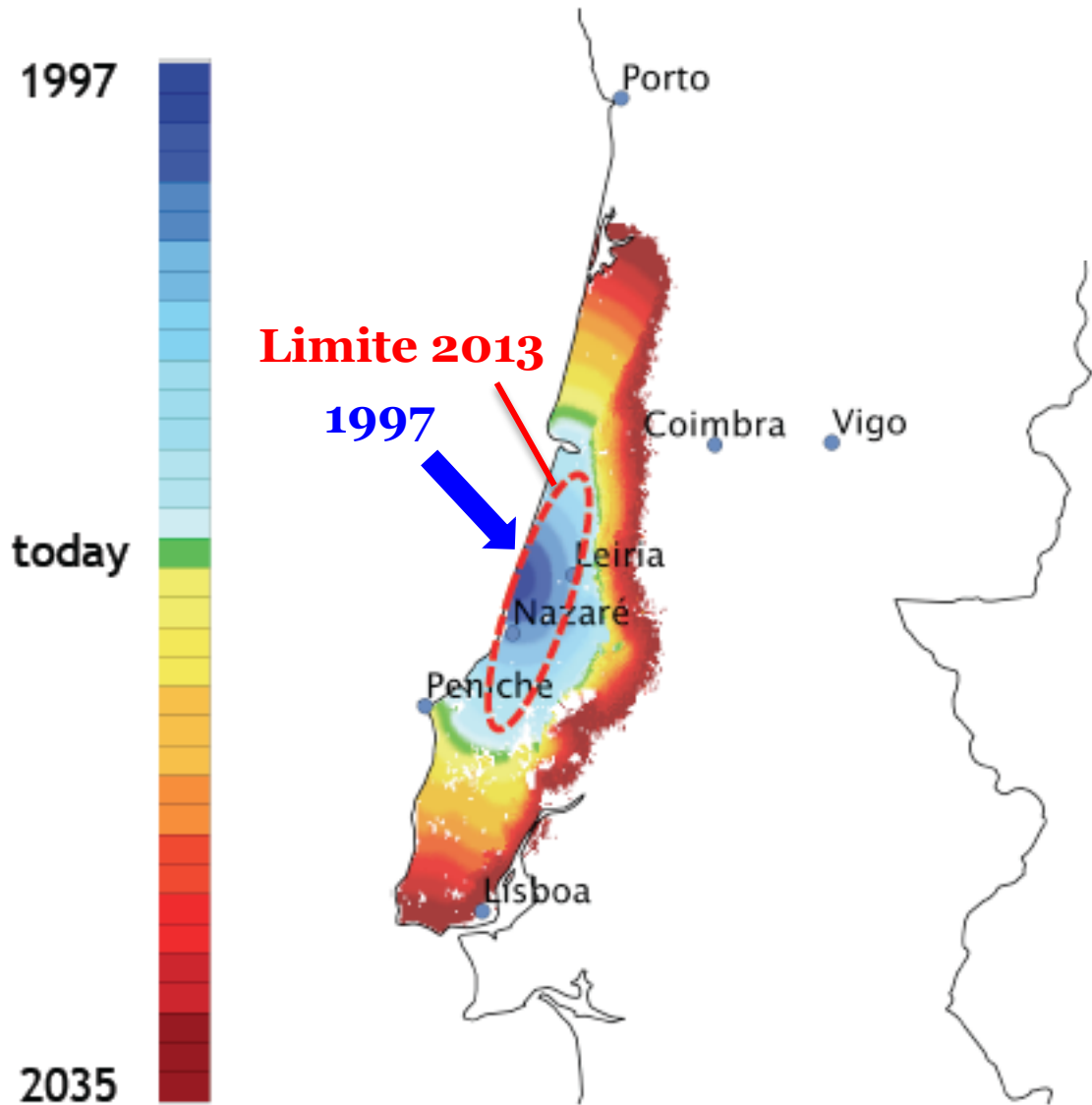
- Divergência térmica de SP em comparação com WP:
- SP pode sobreviver até 42°C! WP apresenta mortalidade desde os 36°C!
- As diferenças são maiores para as larvas mais jovens!
- Poderá ainda assim a expansão de SP estar limitada pelas temperaturas de verão?



## V- Expansão geográfica: presente e futuro



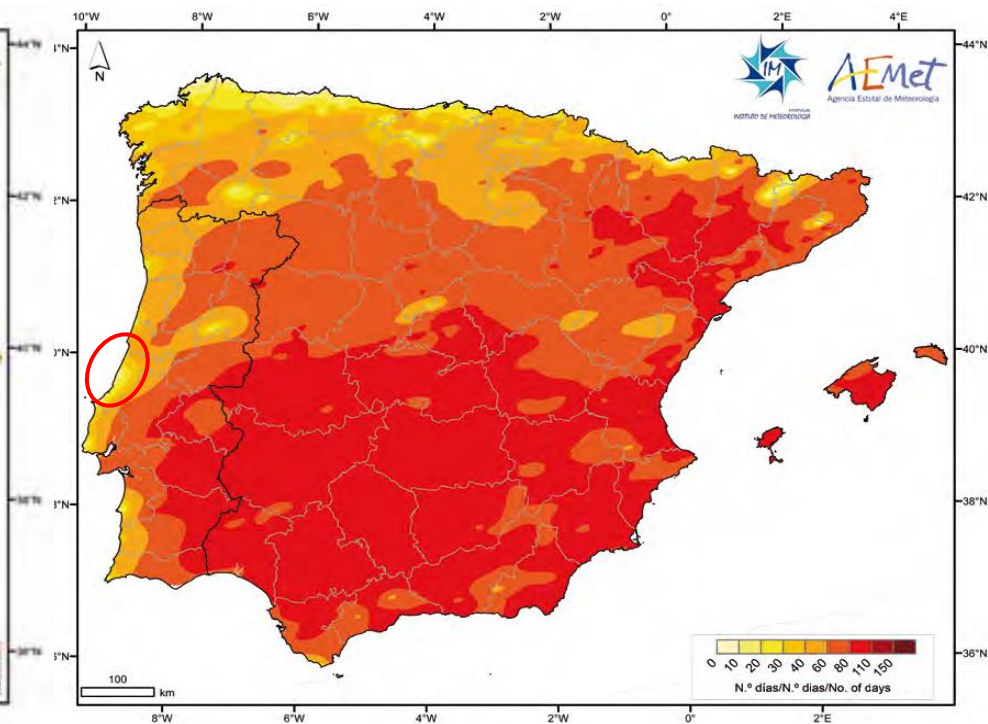
SP tem-se expandido a uma taxa de 1.7 a 2.5 Km por ano



# Distribuição geográfica – Envelope climático muito particular!



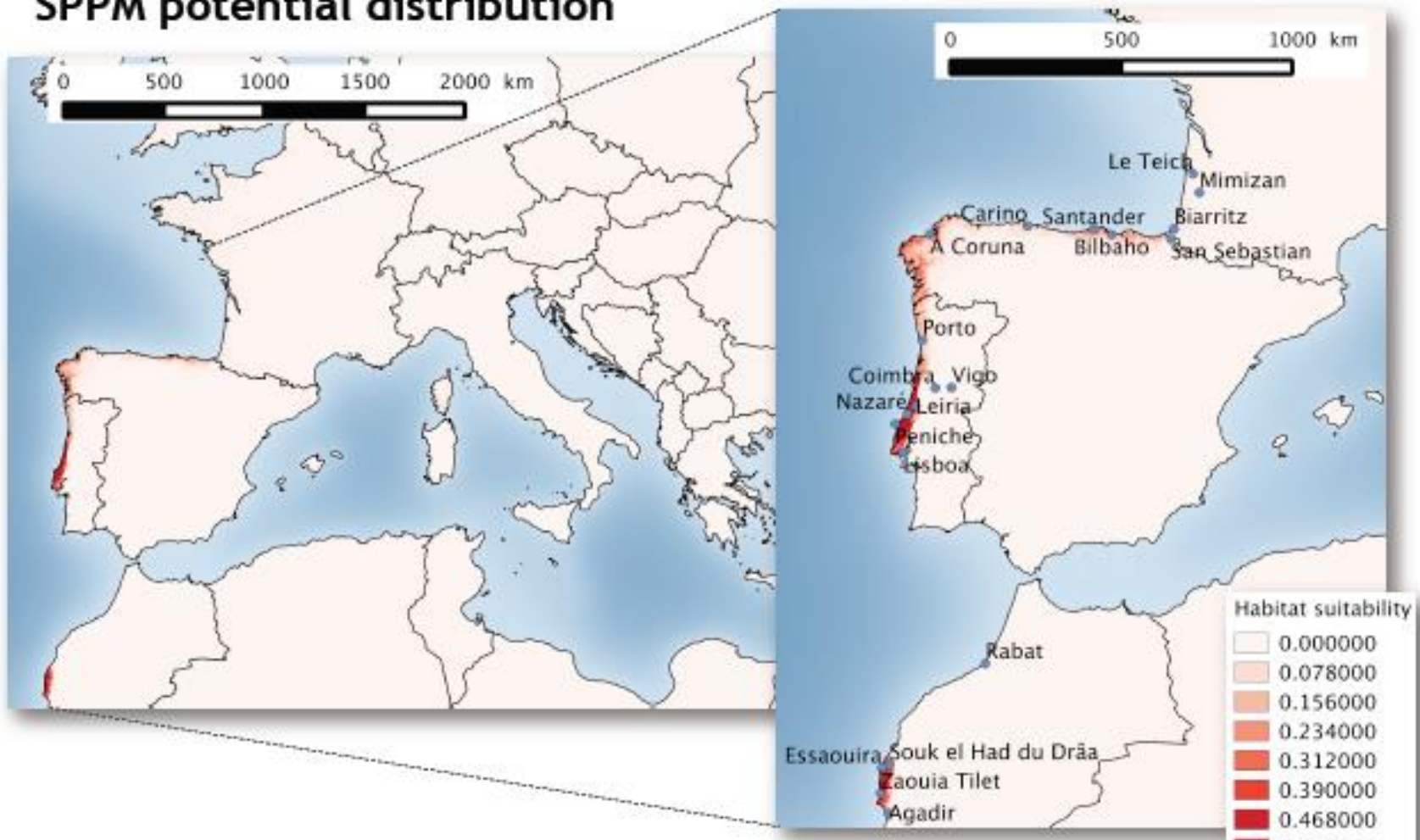
Temperatura média em Agosto



Nº médio de dias com temperatura máxima acima de 25 °C

De acordo com as características climáticas pode-se determinar a sua distribuição potencial:

### SPPM potential distribution



# Conclusões e mais interrogações!

- SP - uma população divergente com origem local (ca. 500 anos!)
- Isolamento reprodutivo, geneticamente determinado – especiação alocrónica
- Divergências fenotípicas e ecológicas – adaptação a novas condições ecológicas
- Expansão de SP, modelos climáticos preveem existência apenas numa faixa costeira
- Pode haver hibridação? Exclusão de WP por SP?
- Adaptação a uma alimentação de verão?
- Consequências para as árvores de uma desfolha no verão?



# Importância científica!

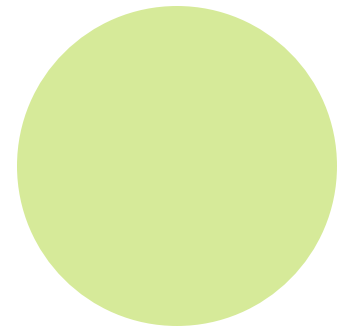
- Melhor caso documentado de especiação alocrónica!
- Permite testar teorias sobre divergência genética e ecológica, especiação simpátria, competição, ...!

## The role of allochrony in speciation

**R. S. TAYLOR and V. L. FRIESEN**

*Department of Biology, Queen's University, Kingston, ON, Canada*

Many interesting examples of seasonal populations are emerging among insect species. One that best satisfies the criteria for true allochronic speciation is the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*). This species has one population with the usual winter larval development and one with summer larval development on the same plant host species in Portugal. The reproductive periods of the two populations do not overlap, and genetic data suggest they are sister taxa (Santos *et al.* 2007). Summer and winter populations are



# Importância económica!

- Consequências da desfolha no verão: Menor capacidade de recuperação das árvores?
- Desfolhas podem ocorrer duas vezes por ano!
- Exposição aos pelos urticantes no verão, quando há mais atividades ao ar livre e turismo!

Posted by PORTUGALDAILYNEWS on January 13, 2014

**Look out, the processionary caterpillar is about!**

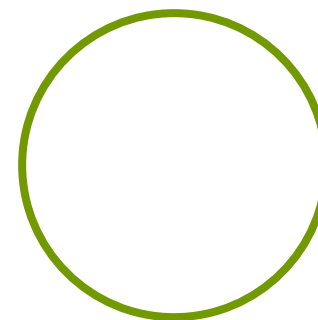
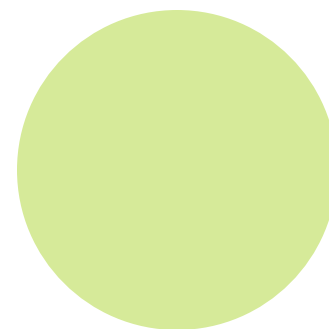


Pine processionary caterpillars have been seen very early this year, so I feel I have to put out the warning

# Principais investigadores envolvidos:

- Carole Kerdelhué<sup>3</sup>
- Christian Burban<sup>4</sup>
- Eduardo Mateus<sup>2</sup>
- Helena Santos<sup>1,2</sup>
- Manuela Branco<sup>1</sup>
- Maria-Rosa Paiva<sup>2</sup>
- Pierre Rossi<sup>3</sup>
- Susana Rocha<sup>1</sup>

1. CEF-ISA, Universidade de Lisboa, Portugal
2. DCEA, FCT, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
3. CBGP, INRA Montpellier, France
4. INRA, Pierroton, Bordeaux



Obrigada

