

GESTÃO INTEGRADA DE PRAGAS E DOENÇAS FLORESTAIS



Aula 16 de setembro de 2019

Fundamentos ecológicos da gestão de doenças

O diagnóstico de doenças, as estratégias de proteção e os diferentes tipos de floresta.

O estado sanitário da floresta *versus* as funções e o valor da floresta.

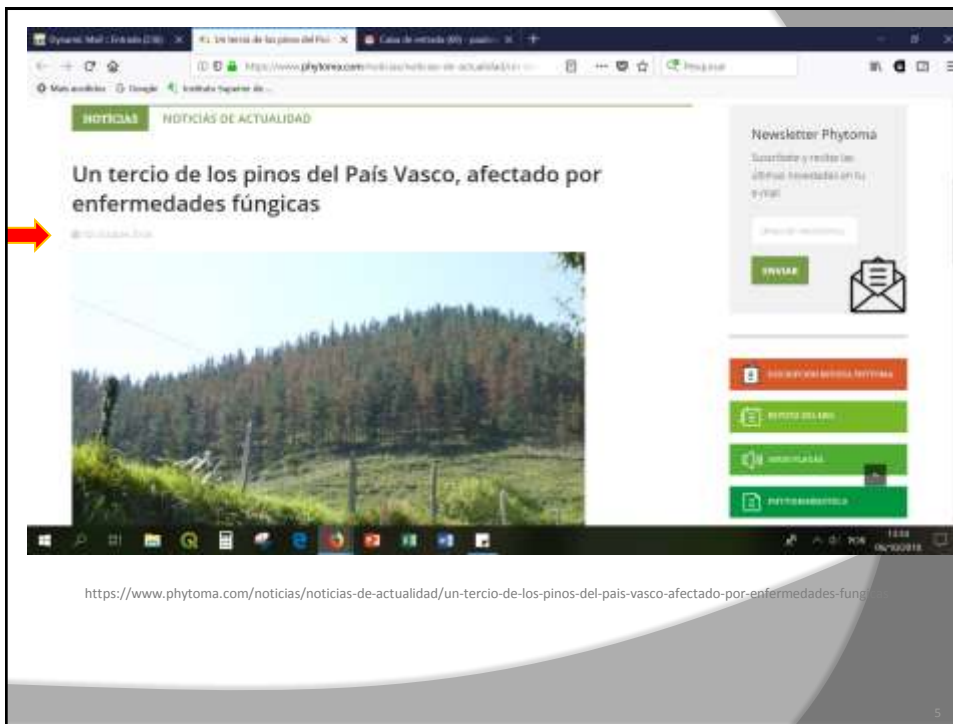
Processo infeccioso: fatores epidemiológicos e a progressão da doença no espaço e no tempo.



Ana Paula Ramos, pramos@isa.ulisboa.pt







Perdas devido a pragas e doenças

Fonte: EUA, 1996	Perdas em volume (M m ³ /ano)	
	Pragas	Doenças
Mortalidade	46	16
Redução no crescimento	19	4
Podridões	---	25
Total	65	45



Mas serão as pragas, os fogos e as tempestades realmente mais importantes do que as doenças ?

Tainter & Baker, 1996. Principles of Forest Pathology. John & Wiley Sons, Inc., EUA.



Gestão Sustentável da Floresta

- Conservação da diversidade biológica
- Manutenção da capacidade produtiva dos ecossistemas florestais
- Manutenção do estado fitosanitário e vitalidade do ecossistema florestal
- Conservação e manutenção dos recursos hídricos e do solo
- Manutenção da contribuição da floresta para os ciclos globais de carbono
- Manutenção e incremento ose múltiplos benefícios socioeconómicos de longo prazo para responder às necessidades da sociedade
- Infraestrutura institucional e local para conservação e condução sustentável das florestas

Sustainable Forest Management (*Edmonds et al. (2011)*)

Definitions of a Healthy Forest Ecosystem

- A condition where biotic and abiotic influences on forests (eg. Pests, pollution, thinning, fertilization or harvesting) do not threaten management objectives now and in the future
- A fully functioning community of plants and animals and their physical environment
- An ecosystem in balance
- A condition of forest ecosystems that sustains their complexity, while providing for human needs
- Resilience in changes
- The ability of a forest to recover from natural and human stressors
- Maintenance and sustainability of ecosystem functions and processes
- Free from “distress” characterized by reduced primary productivity, loss of nutrient capital, loss of biodiversity, increased fluctuations in key populations, retrogressions in biotic structure, and widespread incidence and severity of diseases and insects

O que é um ecossistema florestal saudável ?

- Ecosistema em que fatores bióticos e abióticos (por exemplo, pragas, doenças, poluição, desbastes, fertilização ou abate) não ameaçam os objetivos de gestão presentes e futuros
- Uma comunidade de plantas e animais em pleno funcionamento e o seu ambiente físico
- Um ecossistema em equilíbrio
- Uma condição dos ecossistemas florestais que sustenta sua complexidade, ao mesmo tempo em que atende às necessidades humanas
- Resiliência face a alterações
- A capacidade de uma floresta recuperar de fatores de stress quer naturais quer de origem antropomórfica
- Manutenção e sustentabilidade das funções e processos do ecossistema
- Livre de “estragos” caracterizados por produtividade primária reduzida, perda de nutrientes, perda de biodiversidade, aumento das flutuações em populações-chave, retrocessos na estrutura biótica e incidência e severidade generalizadas de doenças e pragas

Healthy Forest Ecosystem (Edmonds et al. (2011)

Do ponto de vista utilitário ao ponto de vista ecológico

Filosofia da Gestão Integrada de Pragas e Doenças Florestais

1) Propriedade estatal

2) Propriedade Industrial e Privada

13

Filosofia da GIP&Ds Florestais

Propriedade Pública

Foco na Preservação do Ecosistema

Abordagens:

- Preservação da paisagem
- Revoluções longas
- Promoção do uso para fins de recreio
- Proteção da biodiversidade
- Proteção de espécies em vias de extinção

Propriedade Industrial e Privada

Foco na Silvicultura Intensiva

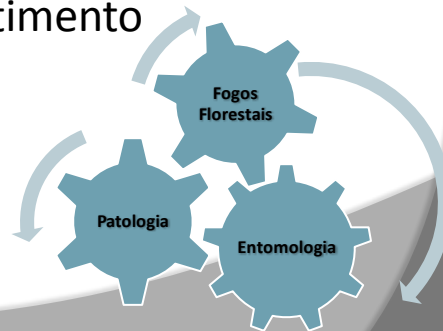
Abordagens:

- Melhoramento genético
- Revoluções curtas
- Desbastes e Desramas
- Novas tecnologias (utilização da madeira e abate)

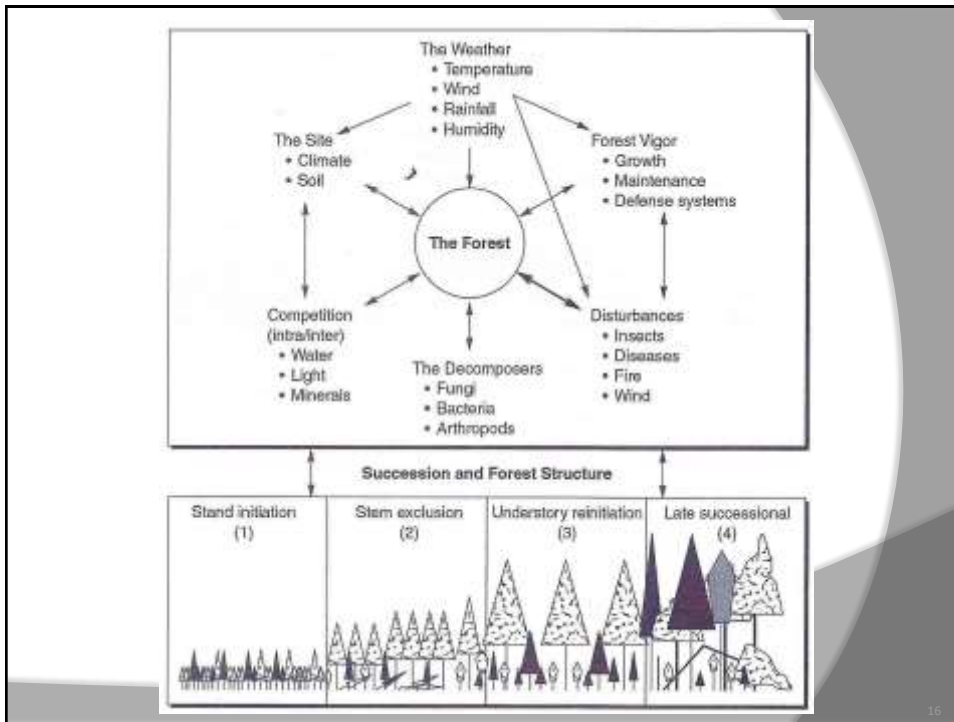
14

A longo prazo os objetivos da GIPD são:

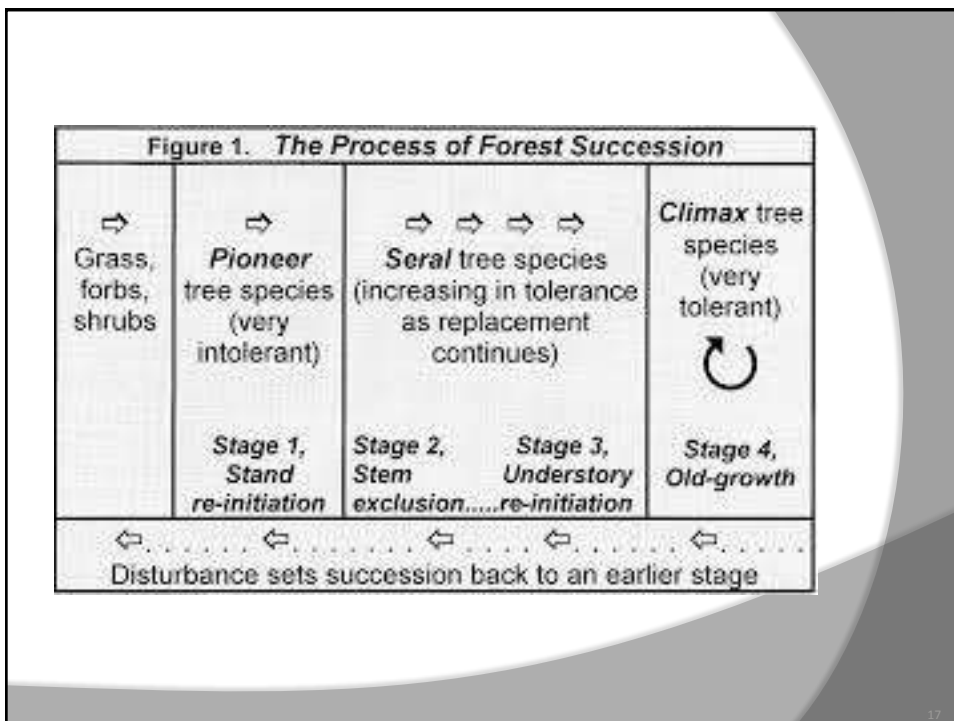
- Propriedade Pública:
Manter a floresta em bom estado sanitário
- Propriedade Industrial e Privada:
Proteger o investimento



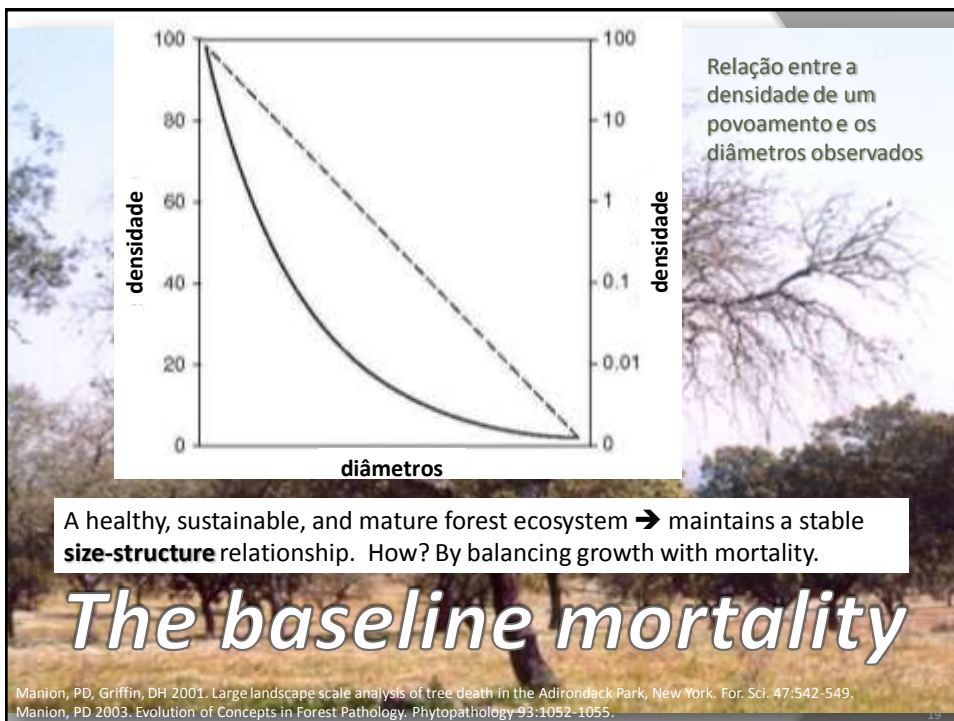
15



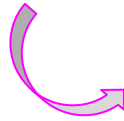
16



17



- ✓ Em protecção florestal o conceito da **mortalidade basal** permite-nos avaliar a **sustentabilidade** de qualquer floresta sob o ponto de vista **ecológico**, determinando se a mortalidade induzida por qualquer **agente de perturbação** (biótico ou abiótico) é causa de **instabilidade do sistema**.



... mas atenção. Há exemplos de florestas que apesar de afectadas por fatores de perturbação conseguiram alcançar uma situação estável e sustentável.

A floresta em *bom estado sanitário*:

✓ é a floresta que apresenta uma **estrutura sustentável** (i.e., correspondência entre a mortalidade basal e a mortalidade observada)

✓ é a floresta que cumpre os **objetivos do proprietário**, desde que esses objetivos não conflituem com a sua sustentabilidade

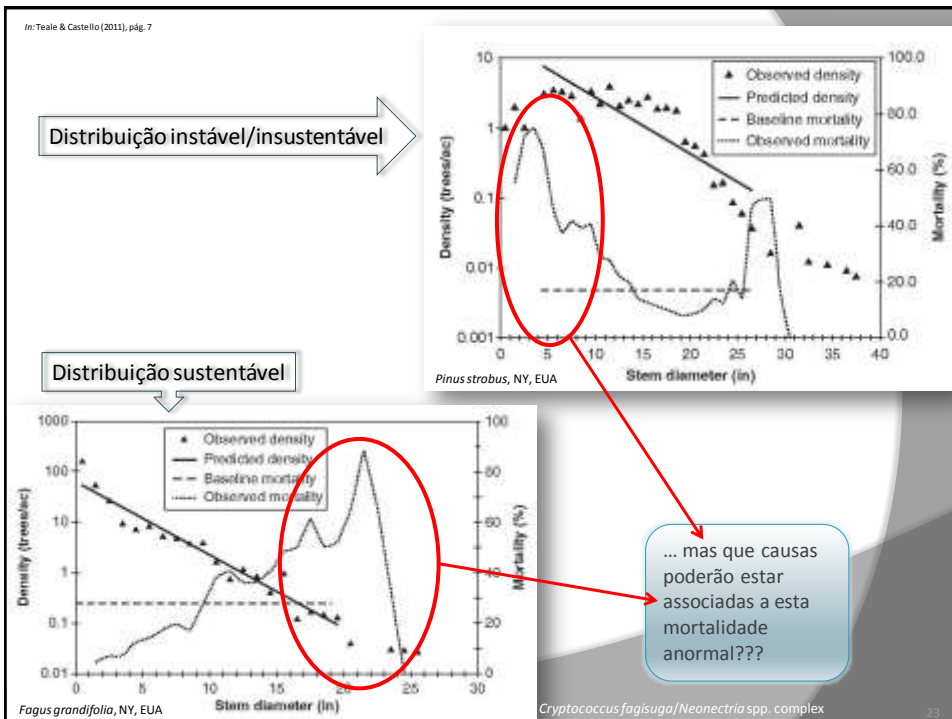
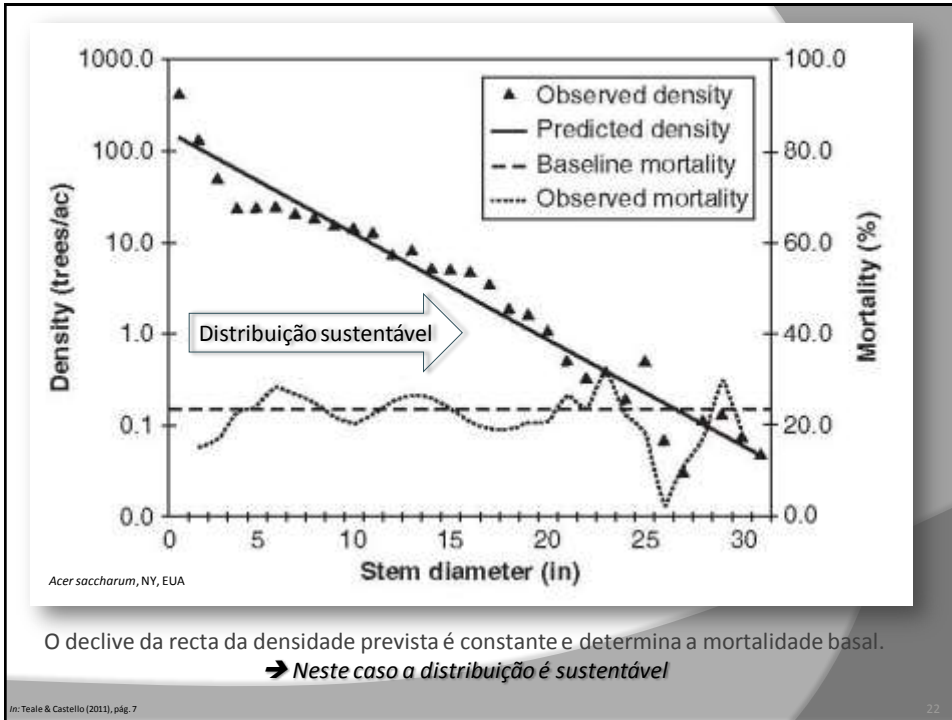
Teale & Castello (2011). Ch 1- The past as key to the future: a new perspective on forest health. In Forest Health: An Integrated Perspective. Teale & Castello eds., Cambridge University Press. 20



Thus, all forests require a “**healthy amount of mortality**”

Teale & Castello (2011)

21



- Florestas saudáveis dependem da mortalidade quantitativamente previsível como um processo contínuo ligado à estrutura e ao crescimento da própria floresta.
- O cálculo da mortalidade basal de uma dada floresta é feito usando a *Lei de Liocourt (1898)* que permite estimar o estado fitossanitário da floresta comparando a mortalidade observada com um valor de referência (*“a quantitative, ecologically based concept of forest health”*)
- Este tipo de análise é aplicável a grandes amostras de paisagem, mas geralmente não a povoamentos individuais.
- Permite monitorizar mudanças na estrutura da floresta (envolvendo aumento da densidade de florestas ou aumento futuro da mortalidade para manter a estrutura atual).
- O conceito de que **“as florestas precisam de uma quantidade saudável de doenças”** leva à necessidade de **caraterizar quantitativamente a presença das doenças** e perceber o seu **impacto na sustentabilidade da floresta**.

24

Healthy / Unhealthy forests

Estrutura da Floresta/ Objetivos da gestão	Sustentável	Não Sustentável
Produtiva	Sem problemas fitossanitários	Com problemas fitossanitários
Não Produtiva	Com problemas fitossanitários	Sem problemas fitossanitários

- A floresta saudável é produtiva e sustentável
 - A floresta sustentável é aquela em que há uma correspondência entre a mortalidade observada e a mortalidade basal
 - A floresta produtiva é aquela que a longo prazo responde aos objetivos ecológicos e/ou económicos da gestão
- > O conceito da **mortalidade basal** permite-nos prever qual a estrutura da floresta num futuro em que não ocorrem alterações (fatores de não-equilíbrio)
 - > A floresta poderá, ou não, desenvolver-se segundo esse modelo, mas o conceito permitirá avaliar o impacto de **fatores de não-equilíbrio** nas classes de diâmetro/na estrutura da floresta

25

Então, como manter a floresta saudável ??

26

O que é uma praga ?

O que é uma doença ?

O estatuto de uma praga ou doença
depende dos níveis populacionais,
de fatores económicos &
dos objetivos do povoamento.

27

Alguns conceitos:

Nível de equilíbrio – valor médio da população de um dado inseto/patogénio

Equilibrium Position (EP) - The average population level of an insect /pathogen species.

Nível económico de ataque – nível populacional a partir do qual se deve atuar para impedir que a praga/doença atinja o nível prejudicial de ataque

Economic Threshold (ET) - The population level at which management action should be taken to prevent the pest from reaching the economic injury level.

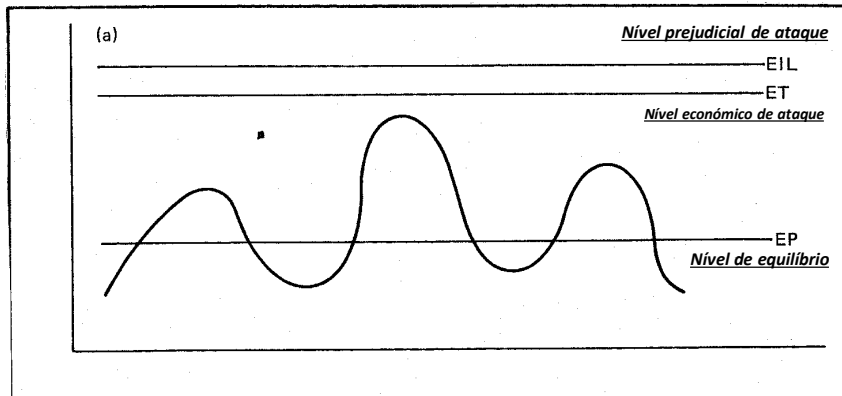
Nível prejudicial de ataque – nº mais baixo de indivíduos/unidades infetantes que causará prejuízos

Economic Injury Level (EIL) - The lowest number of insects that will cause economic damage.

Prejuízo – quantidade de estragos causados pela praga/doença que justifica o custo da aplicação das medidas de luta

Economic Damage (ED) - The amount of pest-caused damage that justifies the cost of applying pest control measures .

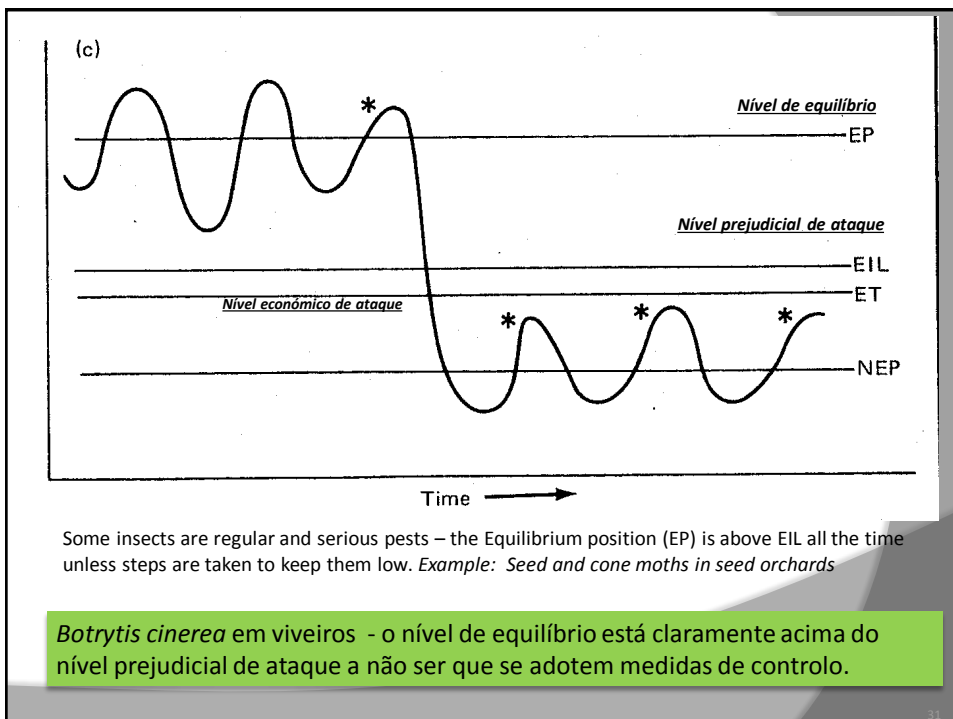
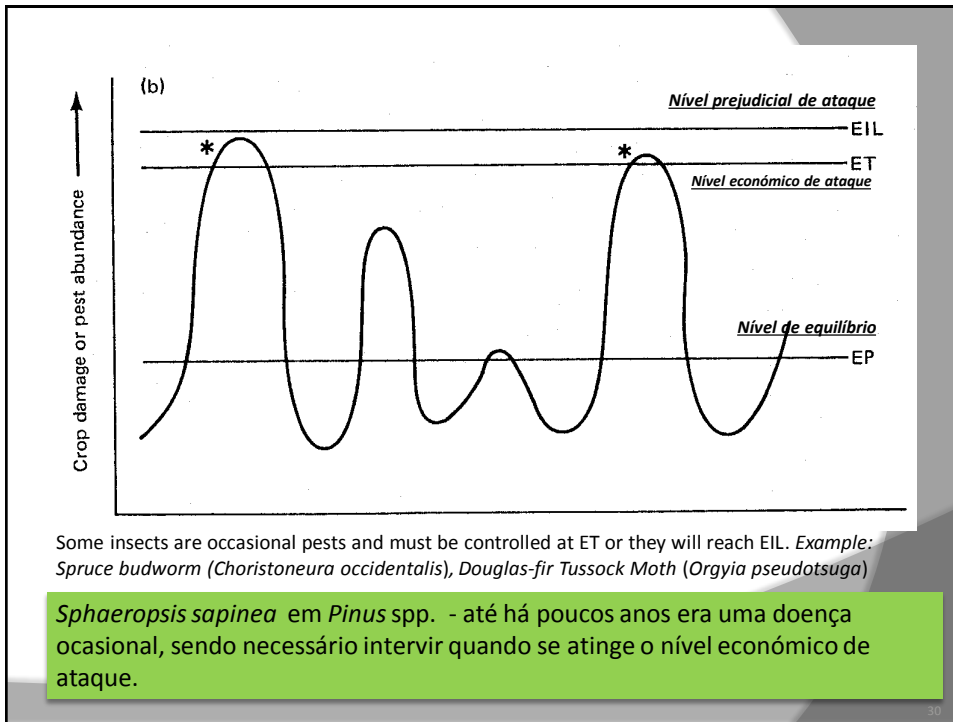
28

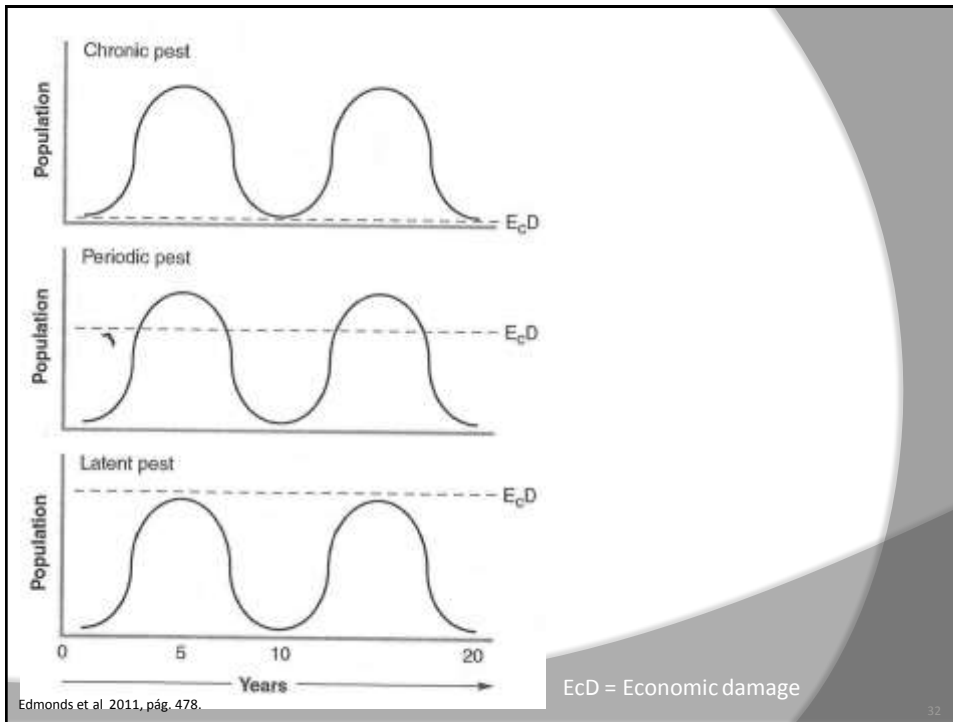


Some Insects are never economic pests - the Equilibrium position (EP) is below the economic threshold (ET) or Economic Injury level (EIL) Example: *Eastern Tent caterpillar* (*Malacosoma americanum*)

Valsa sordida (*Cytospora chrysosperma*), agente causal de cancro difuso em *Populus* spp. - o nível de equilíbrio está em geral abaixo do nível económico de ataque ou do nível prejudicial de ataque

29





Gestão INTEGRADA de pragas e doenças

Pressupõe:

- ✓ Uso de várias estratégias de protecção
- ✓ Estudo da dinâmica das populações
- ✓ Previsão do crescimento das populações
- ✓ Análise de custos - benefícios
 - 1) Estatuto da doença (ou praga) – varia com o tipo de floresta
 - 2) Valor do produto final
 - 3) Custos dos meios de luta
- ✓ Critérios para a tomada de decisões

Intervir ???

Quando?

Onde?

Como?

Gestão INTEGRADA de pragas e doenças

- O estado sanitário do povoamento depende da interação de um grande número de microrganismos, incluindo patógenos (e insetos), que dão origem a um complexo sistema baseado em múltiplas cadeias alimentares e interações de organismos, incluindo o ambiente físico e químico no qual as plantas crescem.
- Assim, a GIPD ultrapassa em muito a visão do “hospedeiro X patógeno X meio de luta”, antes promove e procura uma visão integrada da proteção como resultado de interações complexas.
- A preocupação básica da GIPD é a seleção e a implementação de práticas de gestão de doenças que atendam aos objetivos dos produtores, consumidores e entidades governamentais com vista a:
 - redução das perdas causadas por doenças
 - salvaguarda a médio/longo prazo dos riscos de poluição ambiental
 - salvaguarda da saúde pública
 - promoção da sustentabilidade florestal (estabilidade e elevada produtividade)

34

Gestão INTEGRADA de pragas e doenças

- A GIPD visa a manutenção das populações de patógenos em níveis toleráveis, delineando táticas e estratégias de proteção adequadas e implementando meios preventivos, curativos e legislativos, ecológica e economicamente sustentáveis e socialmente aceitáveis.
- A GIPD deve ser encarada como uma componente da gestão global dos recursos florestais.
- A GIPD incentiva, sempre que possível, o uso de mecanismos de regulação naturais (por exemplo predadores, parasitas, genótipos resistentes, ...) e técnicas de gestão "tradicionais" usadas pelos produtores.

35

ECOLOGIA DAS DOENÇAS

MODELOS EPIDEMIOLÓGICOS

QUANTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS DE DOENÇA

36

DOENÇAS E ÁRVORES

- ⦿ O que é exactamente uma *doença*?
 - ✓ resultado da interação entre a planta e o ambiente;
 - ✓ conduz a alterações fisiológicas irreversíveis no hospedeiro.
- ⦿ Interação contínua → *doenças bióticas*
- ⦿ Evento único → *doenças abióticas*

37

Interação parasita-hospedeiro-ambiente

- Contacto patógeno-hospedeiro
- Emissão de sinal pelo patógeno
- Reconhecimento pelo hospedeiro
- Trava-se uma "batalha" e desta resultará ou não



DOENÇA

38



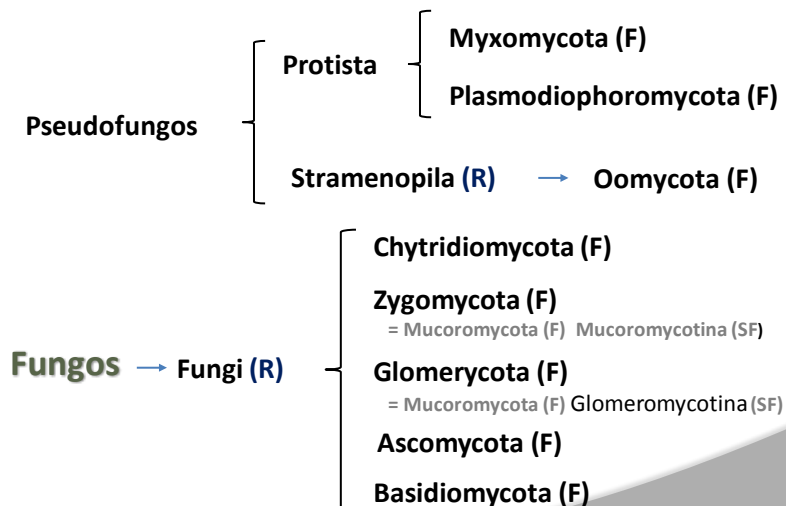
39

O que é um *patogénio*?

- ◉ Estritamente falando um *patogénio* é o agente causal de uma doença
 - Fungos
 - Pseudo-fungos
 - Bactérias
 - Nemátodes
 - Vírus
 - Algas
 - Fitoplasmas
 - Plantas parasitas

40

Enquadramento dos mais frequentes **pseudofungos** e **fungos** em Reinos (R), Filos (F) e Subfilos (SF)



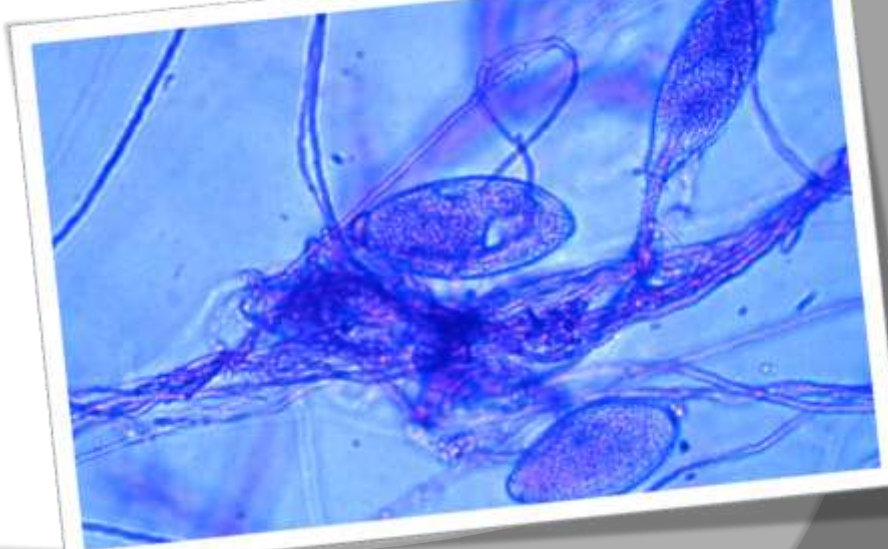
41

Os *fungos* ...

- ⦿ Saprófitas, simbiontes e patogénicos
 - ⦿ Em termos evolutivos é um grupo polifilético
 - ⦿ Filamentosos (corpo vegetativo)
 - Elevada superfície, positivo para digestão exógena de nutrientes
 - Estruturas de infecção altamente especializadas: hifas de penetração, apressórios, rizomorfos
- Quitina na parede celular
- Ploidia nuclear
- Reprodução através de esporos: sexuada/assexuada
- Grande plasticidade

42

Hifas, zoosporângios e zoósporos de *Phytophthora ramorum* *



* pseudo-fungo

43

Os *fungos* ... sem fotossíntese!

- ⦿ Biotróficos: micorrizas, agentes causais de ferrugens
- ⦿ Endófitos
- ⦿ Necrotróficos; a maioria patogénicos
- ⦿ Saprófitas: primários (envolvimento na decomposição de matéria orgânica)

44

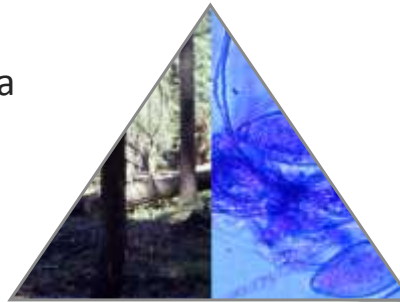
Qual o *papel* dos patogénios nas comunidades vegetais ?

- ⦿ Seleção dos indivíduos melhor adaptados à estação
- ⦿ Contribuição para a manutenção da diversidade genética e estabilidade no seio das populações de hospedeiros
- ⦿ Estabelecimento ou manutenção da área geográfica do hospedeiro
- ⦿ Sucessão natural
- ⦿ Regulação da densidade, estrutura e composição dos povoamentos

45

DOENÇA !!

- ◉ Sintomas vs. sinais vs. quadro sintomatológico
Exemplos??
- ◉ O triângulo da doença



The **disease triangle** illustrates the interaction between **pathogen**, **host** and the **environment** as a **prerequisite for disease to occur**.

46



EPIDEMIOLOGIA *Epidemic*

Gr. **Epi**=upon, among and **Demons**=people

Epidemic ⇨ O que está entre os indivíduos de uma população

- **Hippocrates** (~400 BC): uso da palavra "epidemic", referindo-se a doença amplamente disseminada (doenças do homem)
- **Theophrastus** (~340 BC): doenças das plantas →
→ influência do meio ambiente
- **Pliny** (~50 AD): doenças das plantas; solo ; clima

48

EPIDEMIOLOGIA *Epidemic*

Gr. **Epi**=upon, among and **Demons**=people

Epidemic ⇨ O que está entre os indivíduos de uma população

"Change in disease intensity in a host population over time and space."

Change: *often increase* – é um processo dinâmico

Disease: trata-se da doença, não apenas do patogénio (planta/cultura)

Host: organismo infetado (ou potencialmente infetado) por outro organismo

Population: é um fenómeno que ocorre ao nível da população

Time and space: fenómeno bidimensional

49

Um pouco de história ...

- **1944 Mills** desenvolveu uma tabela mostrando como a precipitação e a temperatura afetam o desenvolvimento do pedrado das pomóideas
- **1963 Vanderplank** escreve o livro "Plant Diseases: Epidemics and Control"
- Torna-se possível prever a ocorrência de epidemias mantendo registos da cultura, do patógeno e do meio ambiente.

50

Vanderplank (1963)

"Plant Diseases: Epidemics and Control"

- Populações
 - Processos dinâmicos
 - Análise matemática
 - Desenho de modelos
 - Relaciona a epidemiologia e o controlo das doenças
 - Estabelece a EPIDEMIOLOGIA como ciência
-
- **1969 primeira simulação em computador para o míldio do tomateiro e da batateira**
 - **Desde 1970's muitos modelos e diversos programas informáticos foram desenvolvidos para várias doenças**

51

Epidemiologia

- **Estuda as epidemias.**
- *A ciência da doença nas populações* Vanderplank (1963)
- Ecologia da doença.
- *Estuda a dispersão das doenças, no espaço e no tempo, com o objetivo de identificar os fatores responsáveis por, ou que contribuem para, que as epidemias ocorram.*
- Ciência que estuda as populações de patogénios no seio das populações do hospedeiro, e as doenças resultantes, sob influência do ambiente e da intervenção do homem.

52

Fatores de uma epidemia

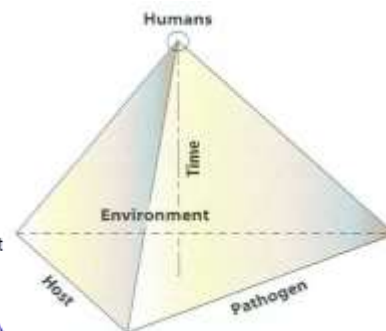
1. Hospedeiro
2. Patogénio
3. Ambiente

E também : 4. tempo
5. Homem



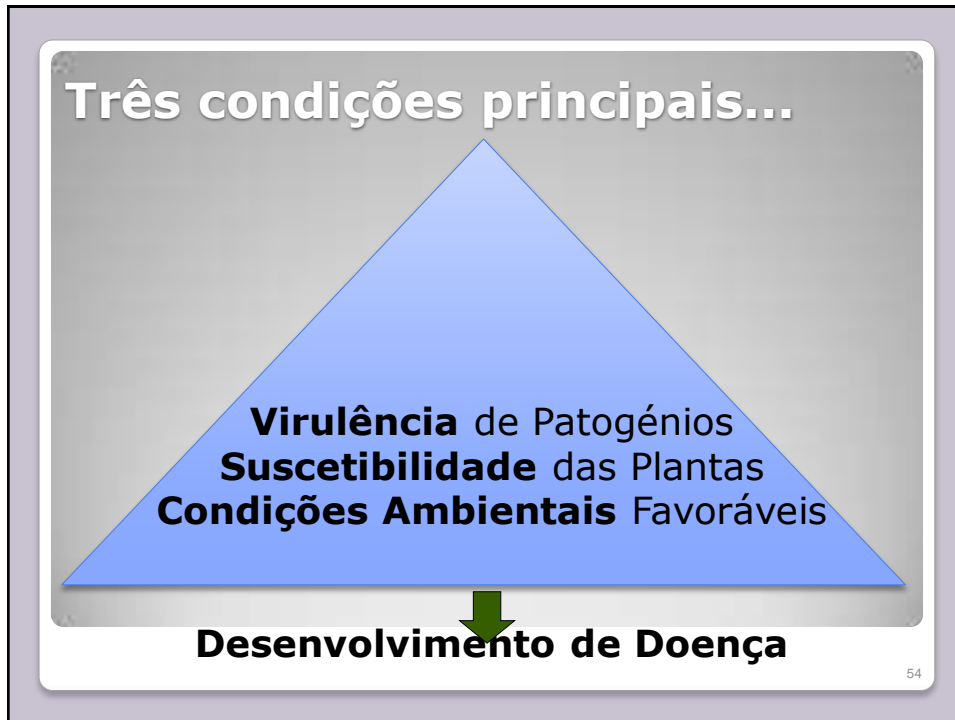
Triângulo da doença

Tetraedro da doença



Pirâmide da doença

53



Fatores da Epidemia

O hospedeiro afeta o desenvolvimento da epidemia

i. Resistência genética ou suscetibilidade do hospedeiro

- Resistência Vertical
- Resistência Horizontal

resiliência

ii. Uniformidade genética do hospedeiro

- Monocultura, especialmente clones
- Natural, Populações mistas

iii. Tipo de culturas

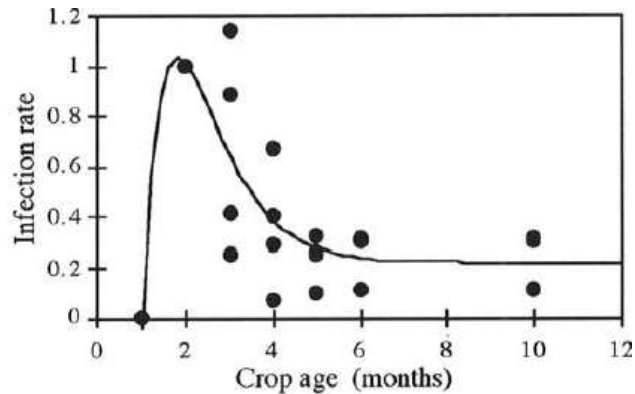
- Culturas anuais & doenças das folhas ou dos frutos desenvolvem-se rapidamente (em semanas)
- Doenças como cancrios em hosp. lenhosos requerem mais tempo para se instalarem e desenvolverem (em anos)

iv. Idade das plantas

- Algumas plantas são suscetíveis durante as fases iniciais de crescimento e tornam-se resistentes com a idade

55

Efeito da idade da cultura na taxa de infeção



“Cassava plantings of different ages exposed to the whitefly-transmitted African cassava mosaic geminivirus show increased resistance to infection”

Fargette & Vié 1994. Phytopathology 84:378-382

56

Fatores da Epidemia

O patógeno afeta o desenvolvimento da epidemia

i. Níveis de virulência

- Produção de inóculo mais rápida e em maiores quantidades

ii. Quantidade de inóculo nas imediações dos hospedeiros →

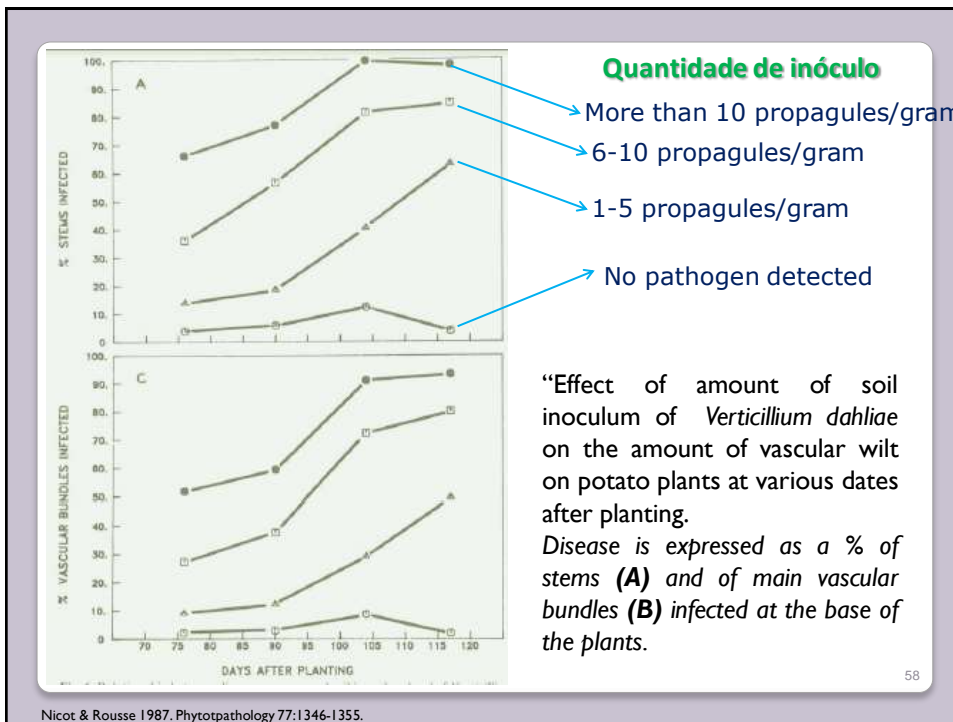
iii. Tipo de reprodução do patógeno

- Monocíclico
- Policíclico
 - associados a algumas das epidemias mais graves
- Poliético

iv. Ecologia do patógeno

- Reprodução à superfície dos órgãos aéreos do hospedeiro
- Reprodução nos vasos condutores
- Reprodução em partes do hospedeiro no solo

57



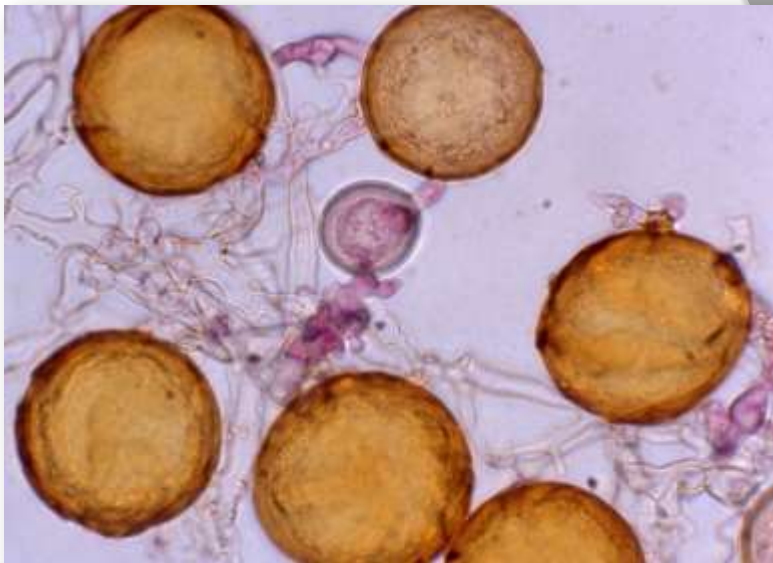
O **patogénio** afeta o desenvolvimento da epidemia

v. Modo de disseminação do patogénio

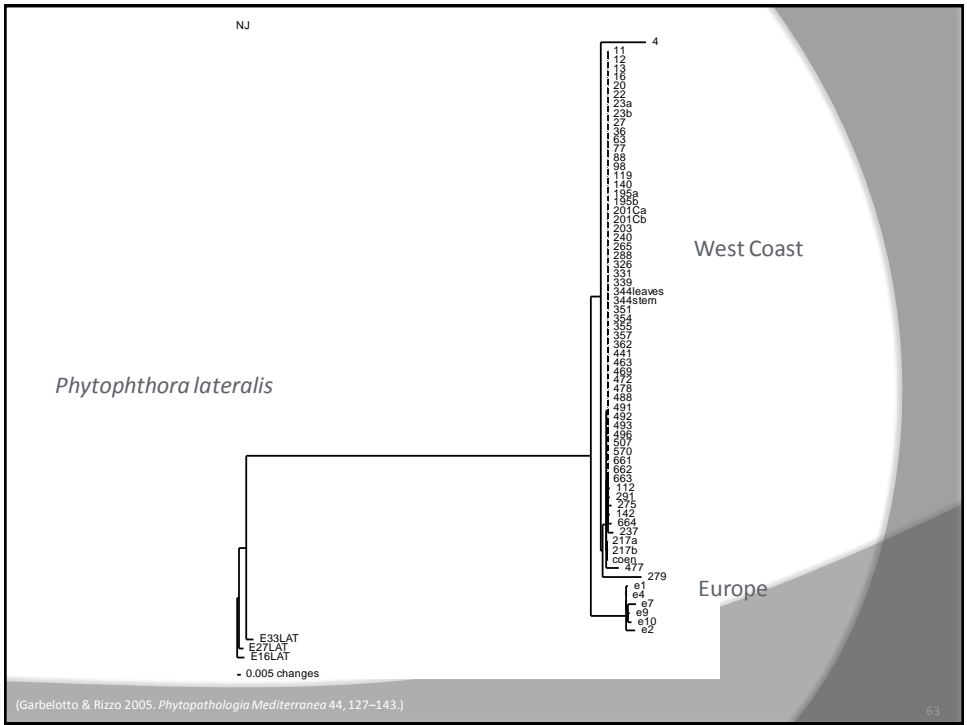
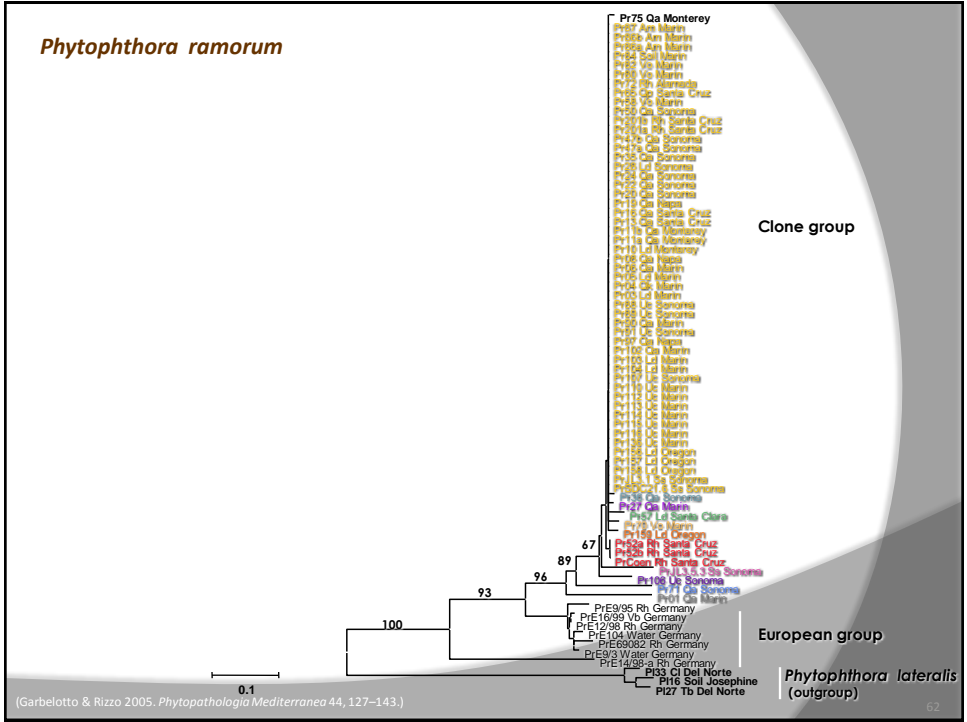
- Vento
 - a maioria das grandes epidemias
- Insetos vetores
- Chuva e vento
- Sementes e outros propágulos (tubérculos, bolbos, ...)
- Patogénios do solo
 - doenças de evolução local, dispersão lenta mas de considerável severidade

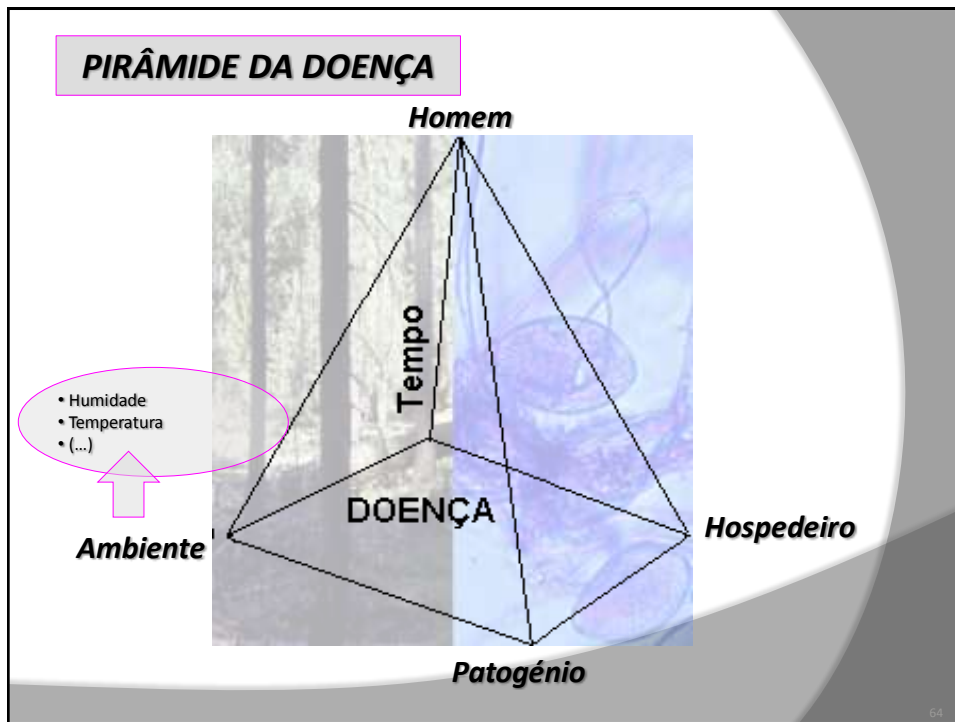
60

Clamidósporos de *Phytophthora ramorum*



61





Fatores da Epidemia

O ambiente afeta o desenvolvimento da epidemia

i. Humidade

- Precipitação, Nevoeiros, elevada H.R.
 - fator dominante em doenças causadas por Oomycetes, Fungos, bactérias e nemátodos

ii. Temperatura

- Afeta o ciclo de vida dos patógenos - **interfere com as diferentes etapas da patogénese** → Patógenos policíclicos

Para a maioria das doenças e situações de epidemias:
H e T devem ser favoráveis e atuar em conjunto nas fases iniciais do processo infeccioso

65

hospedeiro-patogénio-ambiente

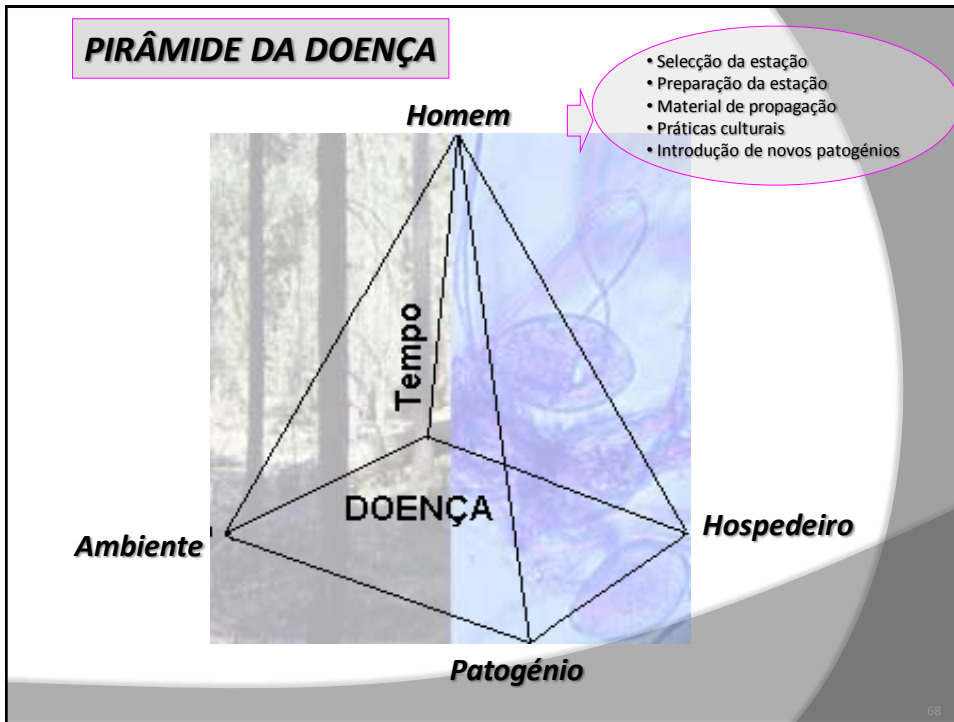
- ⦿ Temperatura
- ⦿ Ensombramento
- ⦿ Humidade relativa
- ⦿ Água à superfície dos tecidos
- ⦿ pH e quaisquer fatores de predisposição
- ⦿ Disponibilidade em nutrientes

66

Resistência genética do hospedeiro X ambiente

	Comprimento da lesão (mm)	Proporção de tronco afetado (%)
Nicasio\	42,5 ^a	0,71 ^a
China Camp	40,5 ^a	0,74 ^a
San Diego	27,8 ^b	0,41 ^b
Ojai	25,0 ^b	0,47 ^b
Interior live oak (Maricopa)	14,1 ^b	0,33 ^b

(Garbelloto, 2007) 67



Fatores da Epidemia

O Tempo e o Homem também afetam o desenvolvimento das epidemias

4. Tempo

- Estação do ano
- Duração e frequência de T e Precipitação favoráveis
- Presença de vetores, etc.

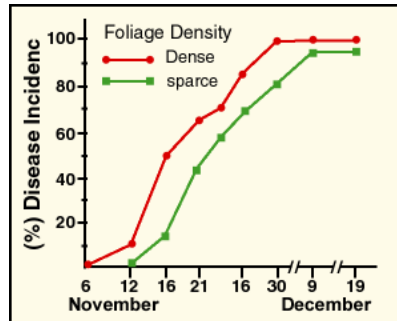
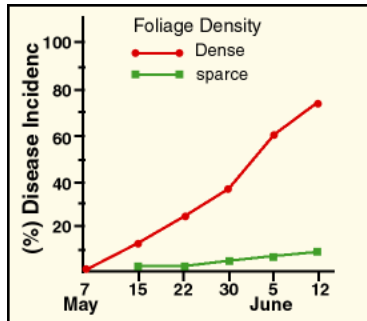
5. Homem

Como é que o Homem afeta o desenvolvimento das Epidemias?

- ✓ Seleção do material de propagação
- ✓ Seleção das parcelas e preparação do solo
- ✓ Medidas silvícolas
- ✓ Lesões nas árvores, poluição, ...
- ✓ Alteração das densidade, estrutura, e composição dos povoamentos, frequência do fogo
- ✓ Estratégias de Proteção
- ✓ Introdução de novos patogénios e doenças

69

o Homem ... medidas culturais

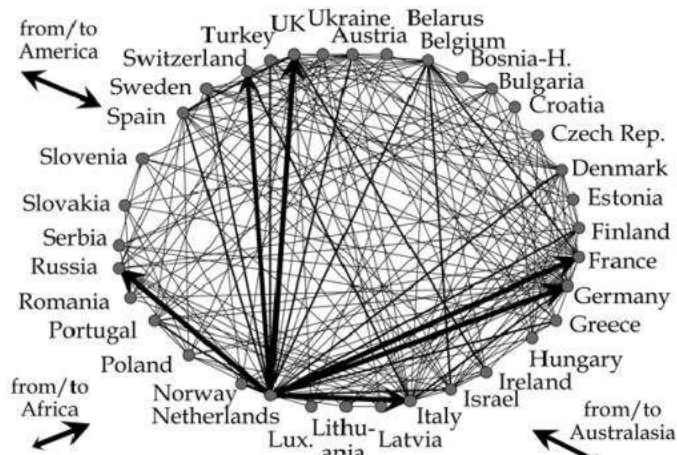


Effect of foliage density on development of *Phytophthora infestans* during a period of partly favorable weather (May-June) and of very favorable weather (November-December).

Agrios, 2005

70

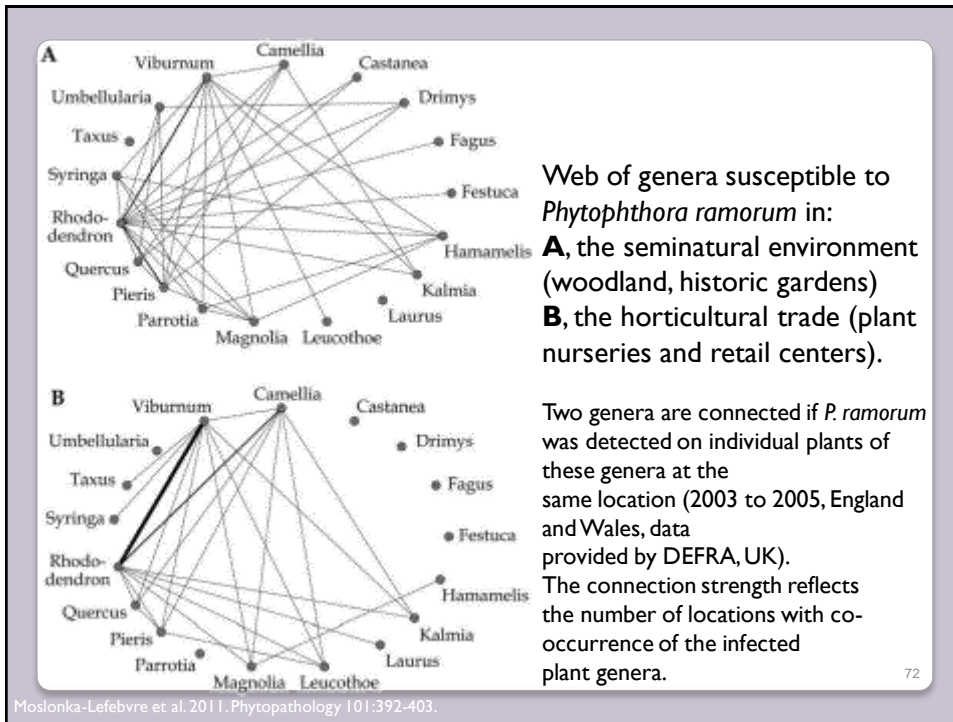
o Homem ... e a sua atividade



Network of main fresh cut flowers movements among European countries (import and export, 2003, data from literature citation 56). Connection thickness is proportional to trade volume. For the strongest links, the dominant directionality is shown.

Moslonka-Lefebvre et al. 2011. *Phytopathology* 101:392-403.

71



Forest Pathology

For. Path. doi: 10.1111/j.1439-0329.2011.00750.x
© 2011 Blackwell Verlag GmbH

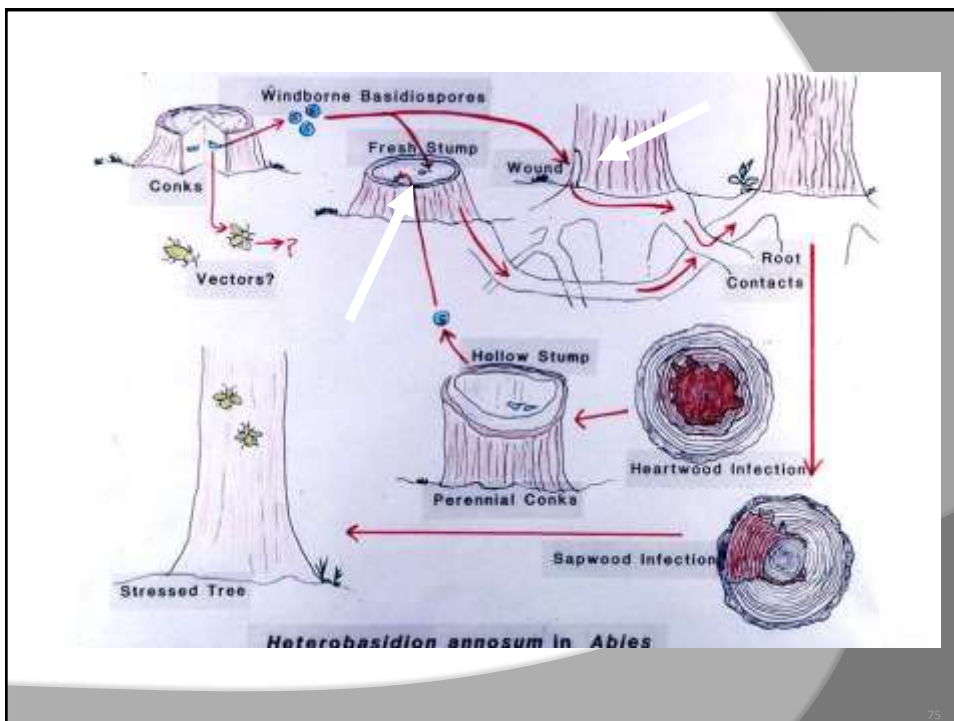
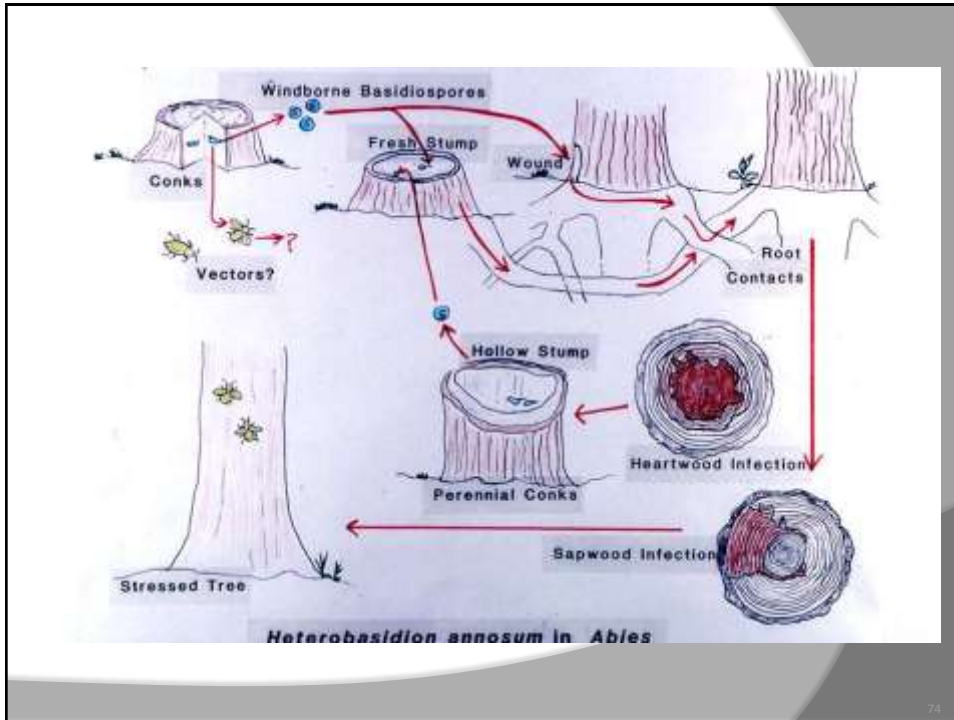
***Leptoglossus occidentalis* and *Diplodia pinea*: a new insect-fungus association in Mediterranean forests**

By M. Iacchi^{1,2,3}, V. Mancini¹, M. Fedocci¹, A. Santini² and P. Capretti¹

¹Università degli Studi di Firenze, Dipartimento Botanica Agraria, Sezione di Protezione delle Piante, Piazzale delle Cascine 28, 50144 Firenze, Italy; ²Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per la Protezione delle Piante, Via Madonna del Piano 10, 50019, Sesto Fiorentino, Florence, Italy; ³E-mail: m.iacchi@ppp.cnr.it (for correspondence)

Summary

Leptoglossus occidentalis, an insect native to North America, was inadvertently introduced into Italy about 1999. The insect damages the cones of conifer trees, especially *Pinus pinea* (Italian Stone pine). *Pinus pinea* is also affected by *Diplodia pinea*, a fungus native to Italy, which is becoming an increasing threat because pine trees are becoming more susceptible to it as a consequence of global warming. Because the insect and the fungus both have the pine cones as a common habitat, a possible interaction between them has been postulated. The aim of this study was to ascertain whether *L. occidentalis* and *D. pinea* interact on *P. pinea* cones. The interaction was studied using real-time PCR on a group of naturally infected insects collected from a forest, and a group raised in the laboratory and artificially inoculated with *D. pinea* conidia. Molecular analysis showed that *D. pinea* DNA occurred on both naturally infected and inoculated insects, but with significant differences between the two groups. The rapid and sensitive molecular technique made it possible to detect *D. pinea* DNA on the bodies of the insects, and to show that the native *D. pinea* occurred on the exotic insect.



Efeito da supressão dos fogos

- Em regiões secas a supressão dos fogos tem contribuído para o aumento de incidência de *Armillaria* spp.
- As árvores infetadas são atacadas por insectos escolitídeos

por outro lado ...

→ *A ocorrência de podridão agárica aumenta a disponibilidade em combustível*

76