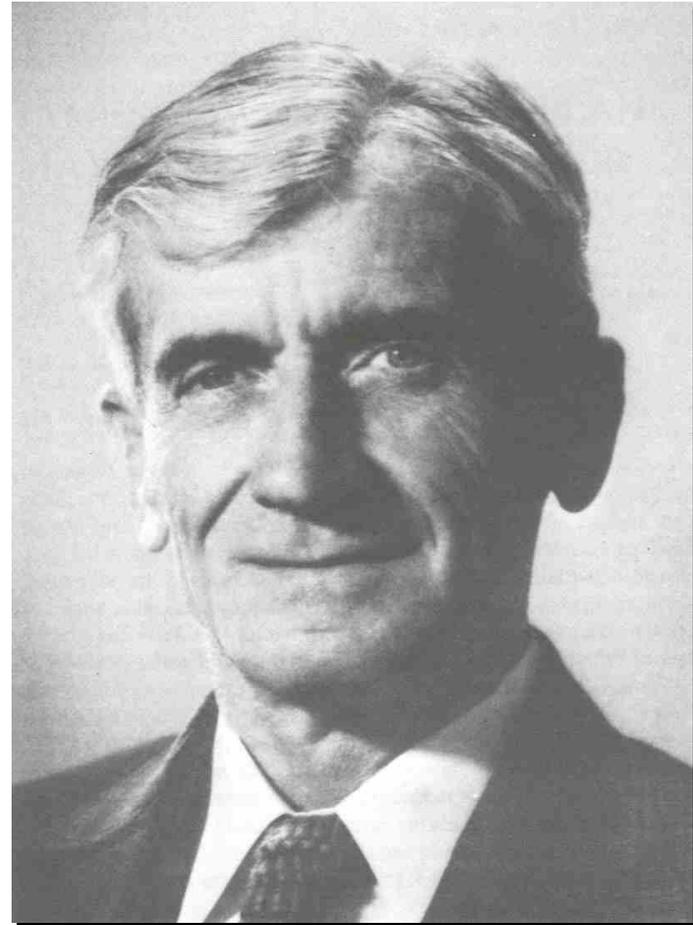
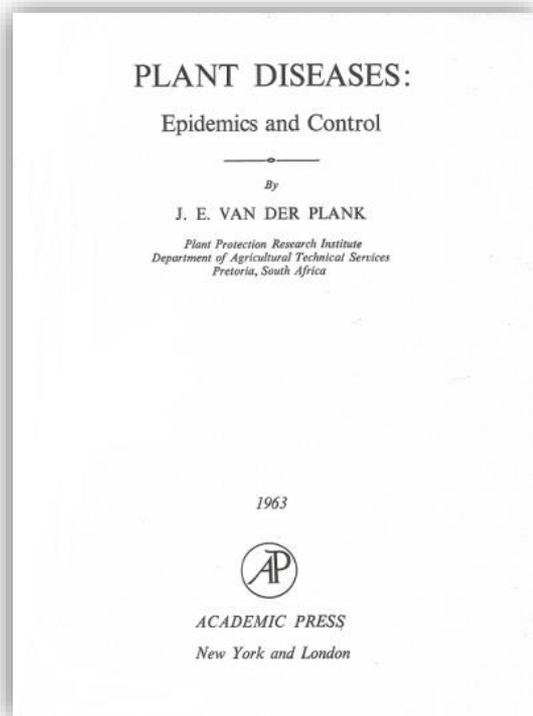


# EPIDEMIOLOGIA – CONCEITOS BÁSICOS

A epidemiologia de doenças de plantas foi fundada por **J.E. VANDERPLANK** em 1963

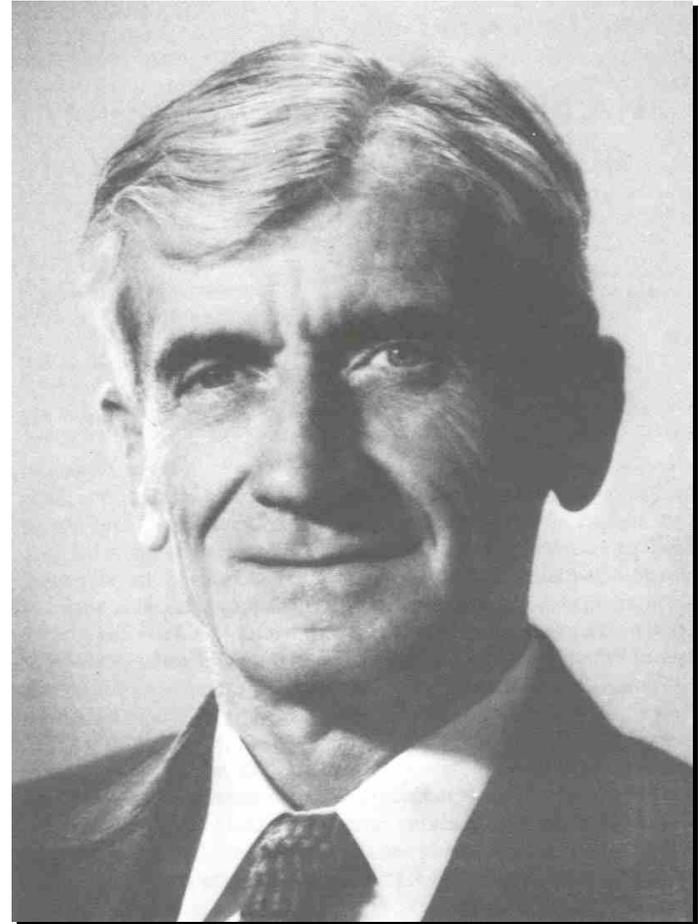


**J.E. Vanderplank**  
**África do Sul**

# **EPIDEMIOLOGIA – CONCEITOS BÁSICOS**

Vanderplank identificou os  
**padrões regulares**  
e propôs os  
**princípios gerais**  
da Epidemiologia  
de doenças de plantas

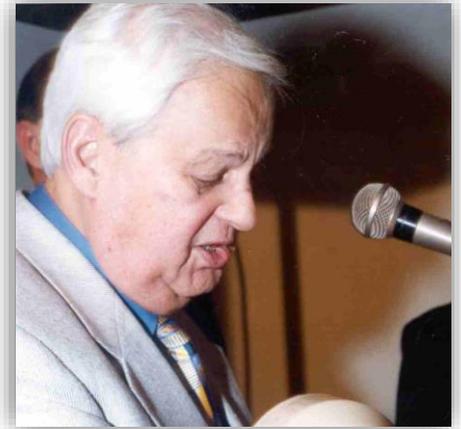
**“A ciência da doença em  
populações”**



**J.E. Vanderplank**  
**África do Sul**

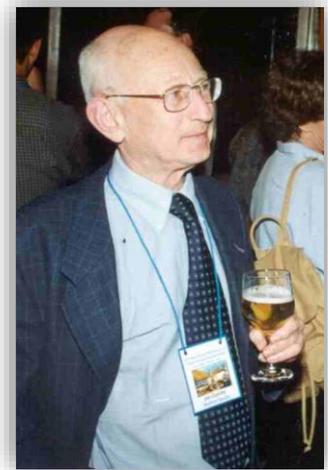
# EPIDEMIOLOGIA – CONCEITOS BÁSICOS

*O estudo de populações de patógenos em populações de hospedeiros e da doença resultante desta interação, sob a influência do ambiente e a interferência humana (Kranz, 1974)*



J. Kranz  
Alemanha

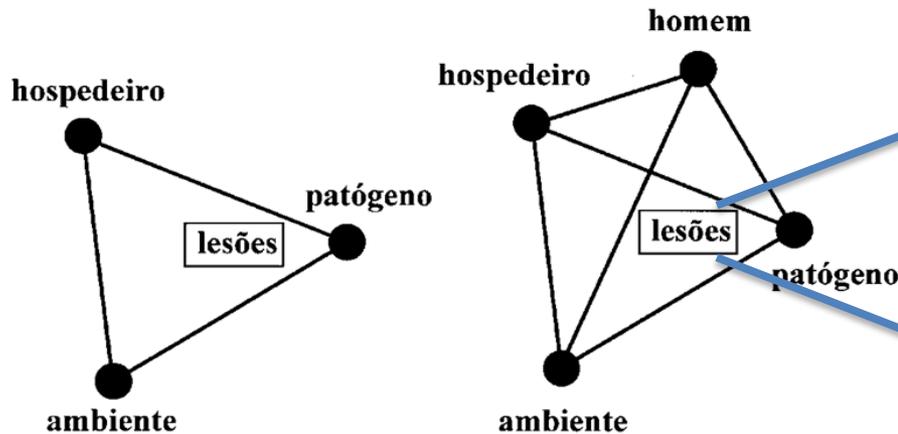
*O estudo de populações do patógeno e do hospedeiro que levam a algo novo: a doença. Esta pode ser considerada uma terceira classe de população: a população de lesões ou de indivíduos doentes (Zadoks & Schein, 1979)*



J.C. Zadoks  
Holanda

# EPIDEMIOLOGIA – CONCEITOS BÁSICOS

Palavra-chave: POPULAÇÃO



Murcha de *Fusarium*



Oídio em girassol



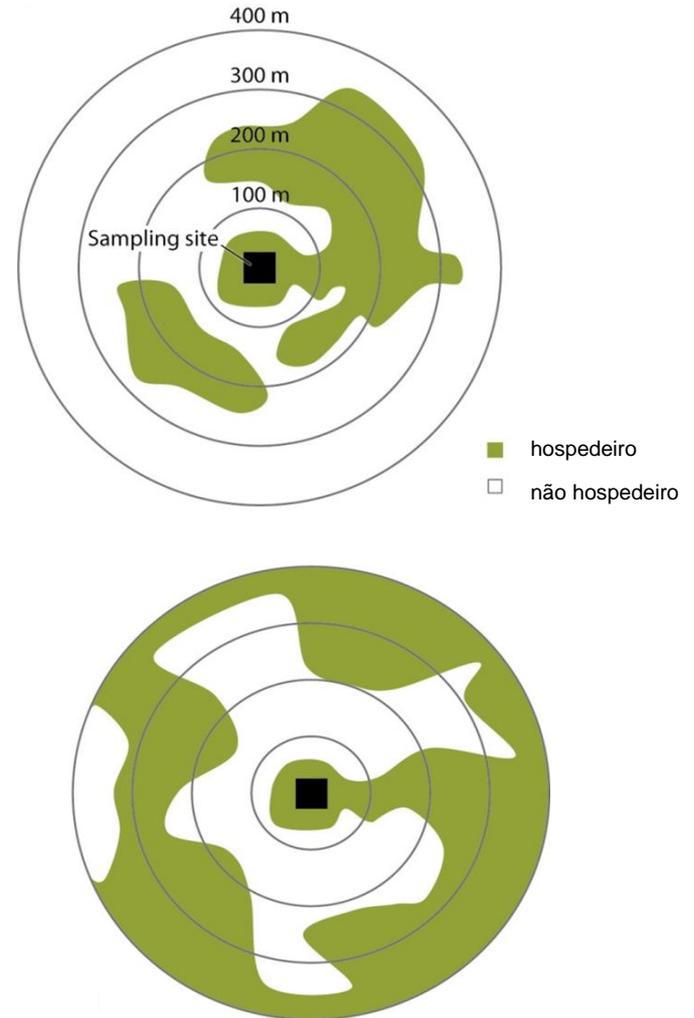
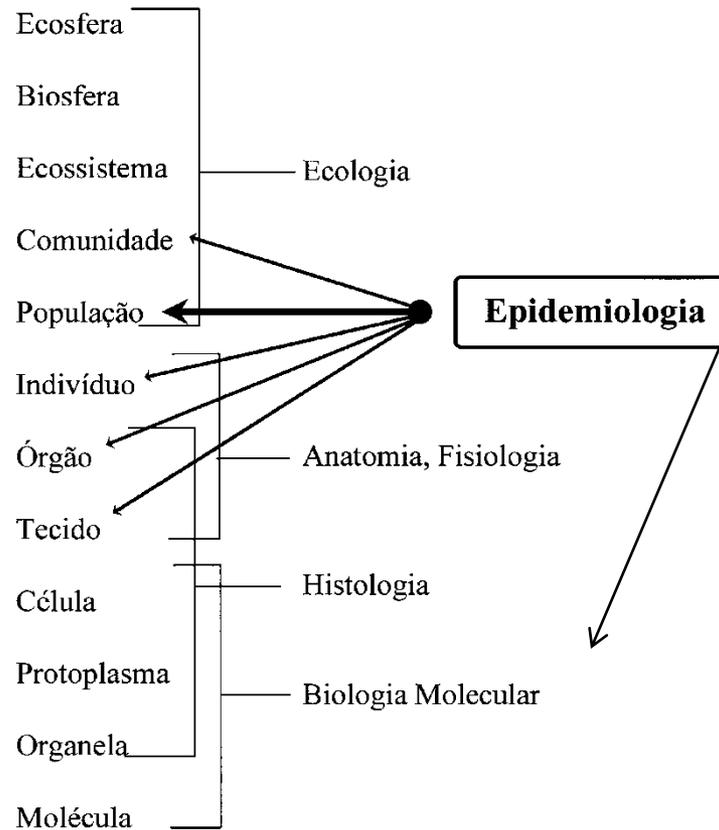
## INCIDÊNCIA

Número (porcentagem, proporção) de plantas ou partes de plantas enfermas

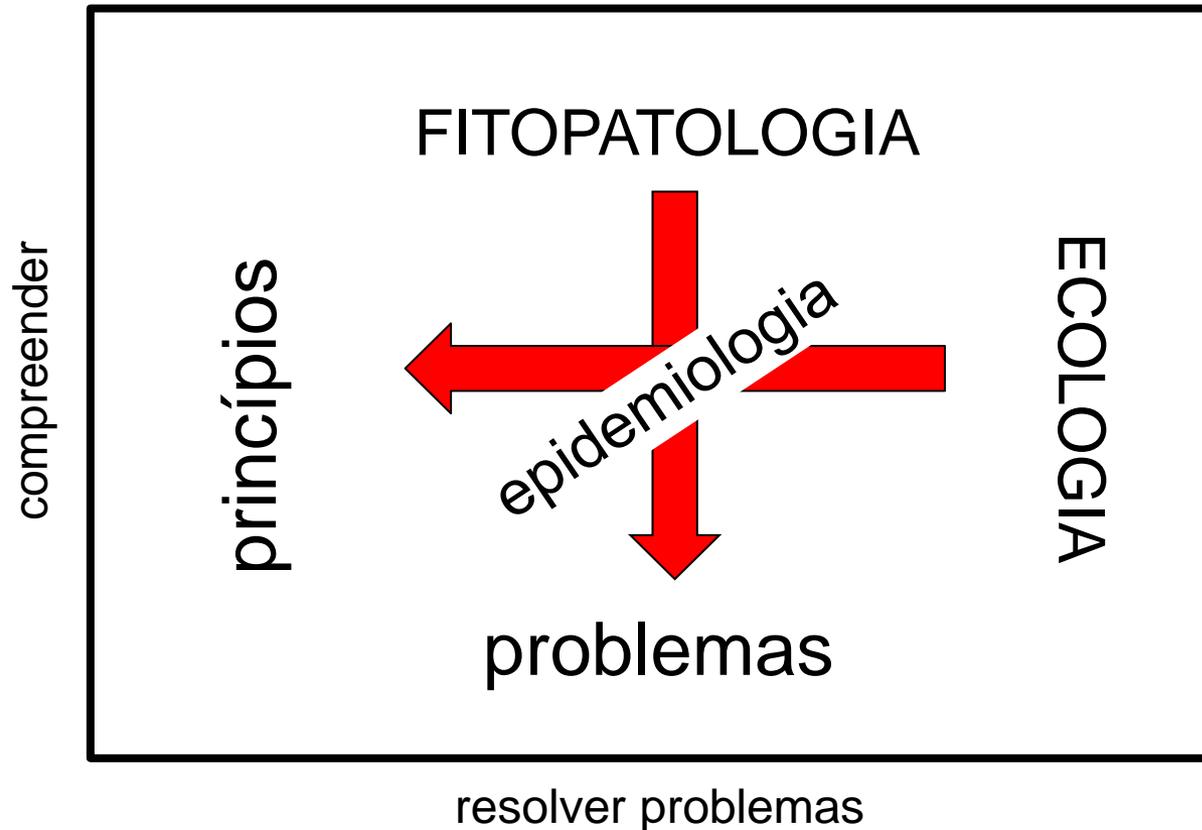
## SEVERIDADE

Área (porcentagem, ou proporção) da planta ou de partes da planta coberta por lesões

# EPIDEMIOLOGIA – CONCEITOS BÁSICOS



# EPIDEMIOLOGIA – CONCEITOS BÁSICOS

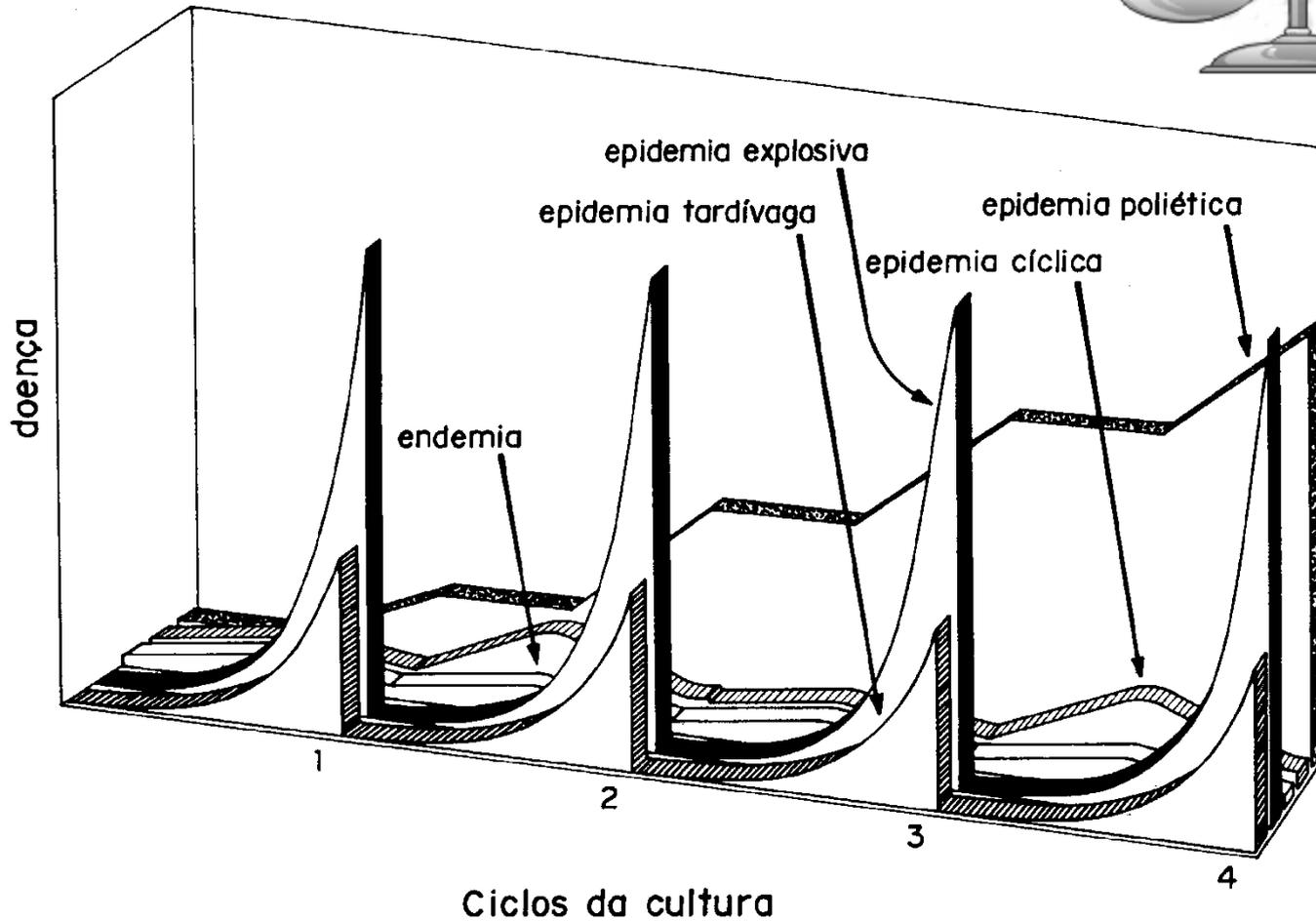
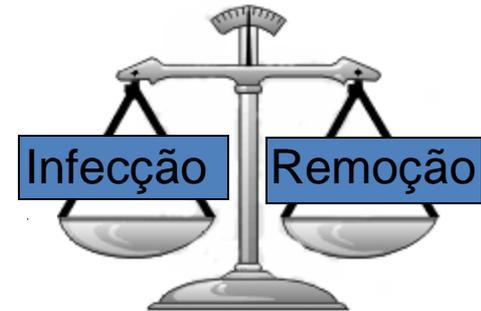


A indústria química e os melhoristas forjam boas armas táticas:  
mas somente a epidemiologia dita a estratégia

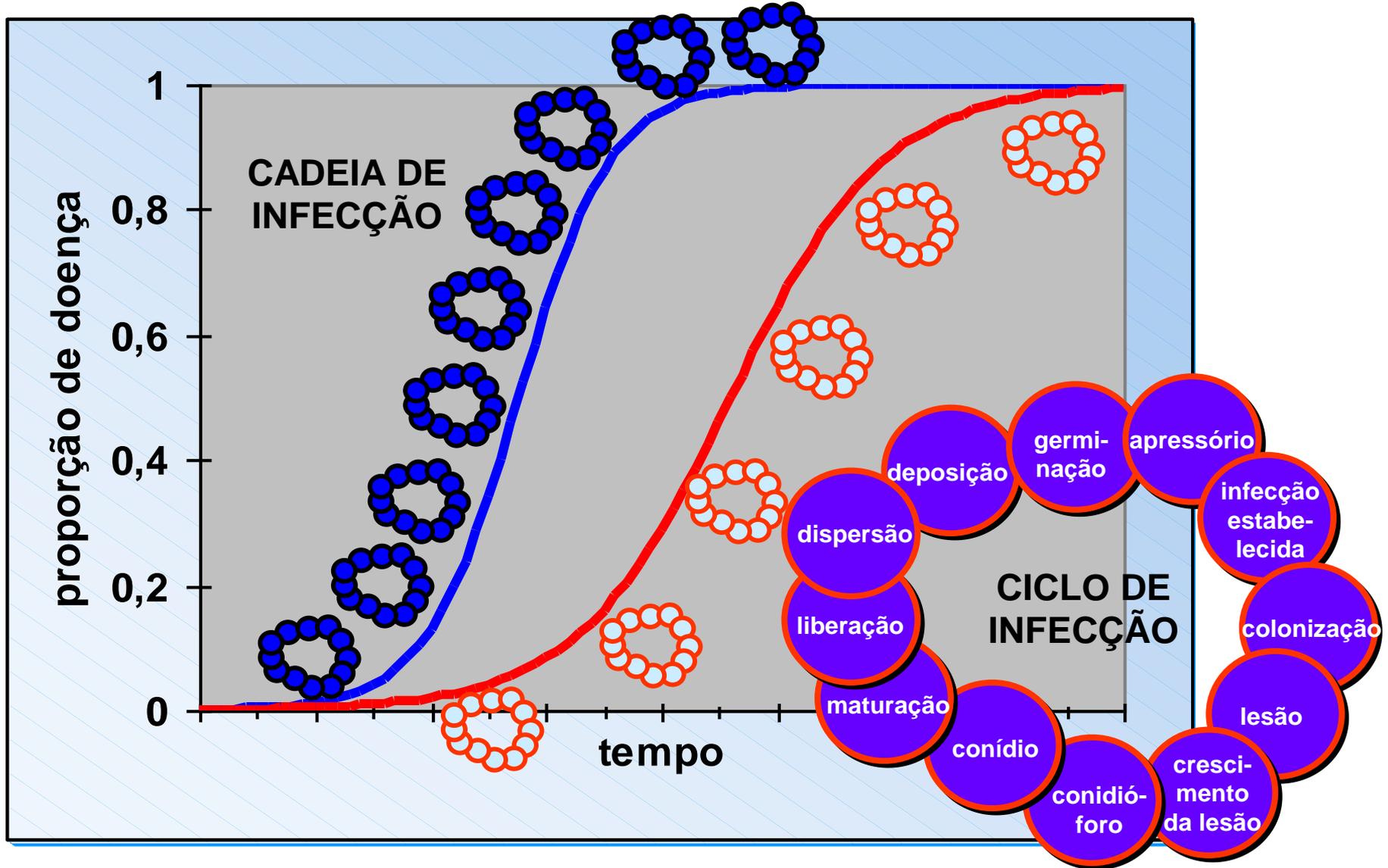
Vanderplank (1963)

# EPIDEMIA e ENDEMIA

Endemia



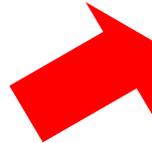
# CICLO DE INFECCÃO (Monociclo), CADEIA DE INFECCÃO (POLICICLO) E A CURVA DE PROGRESSO DA DOENÇA



# O CICLO DE INFECÇÃO

doença fúngica

Períodos  
(tempo)  
de interesse  
epidemiológico



PERÍODOS

período latente

período infeccioso

período de incubação

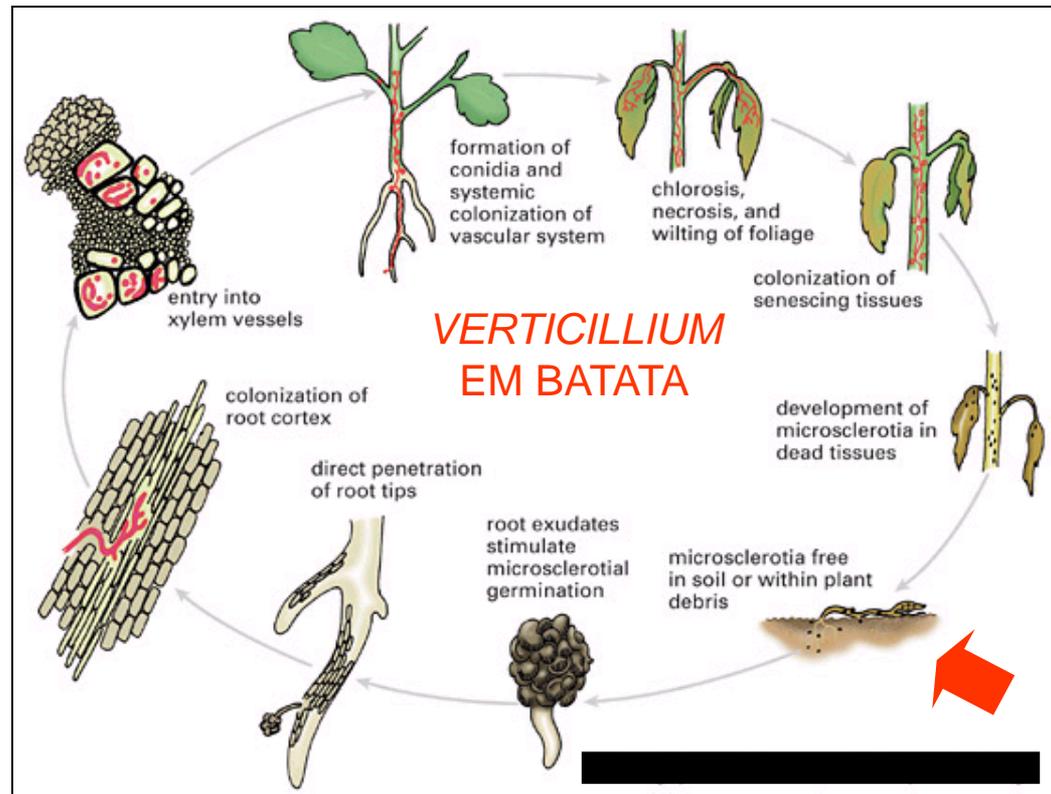
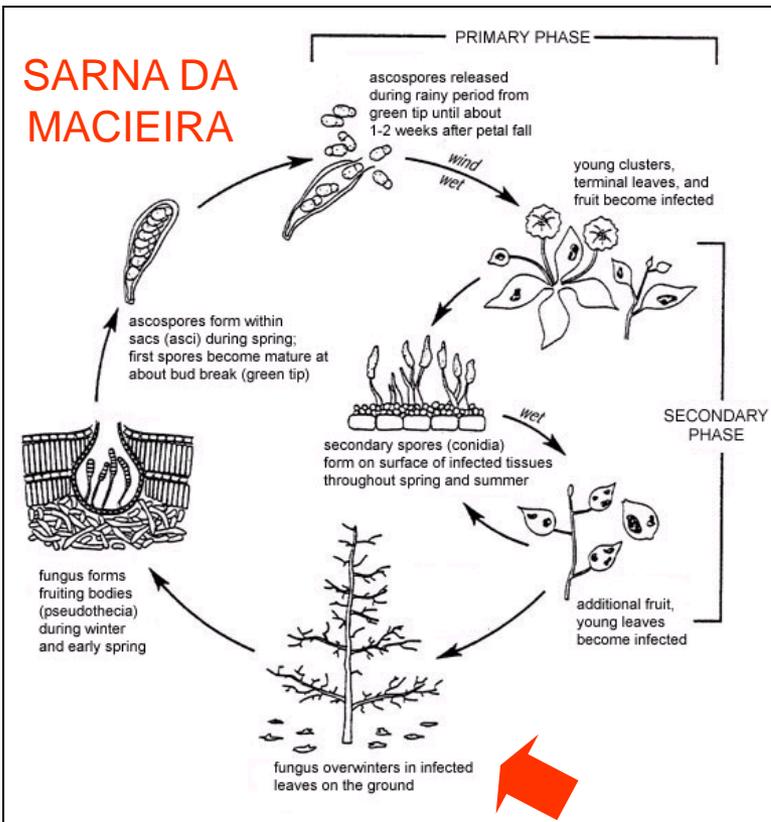
sobrevivência do esporo  
dispersão  
deposição  
germinação  
tubo germinativo  
apressório  
penetração  
colonização  
sintomas (lesão)  
esporulação  
maturação  
liberação

morte da lesão

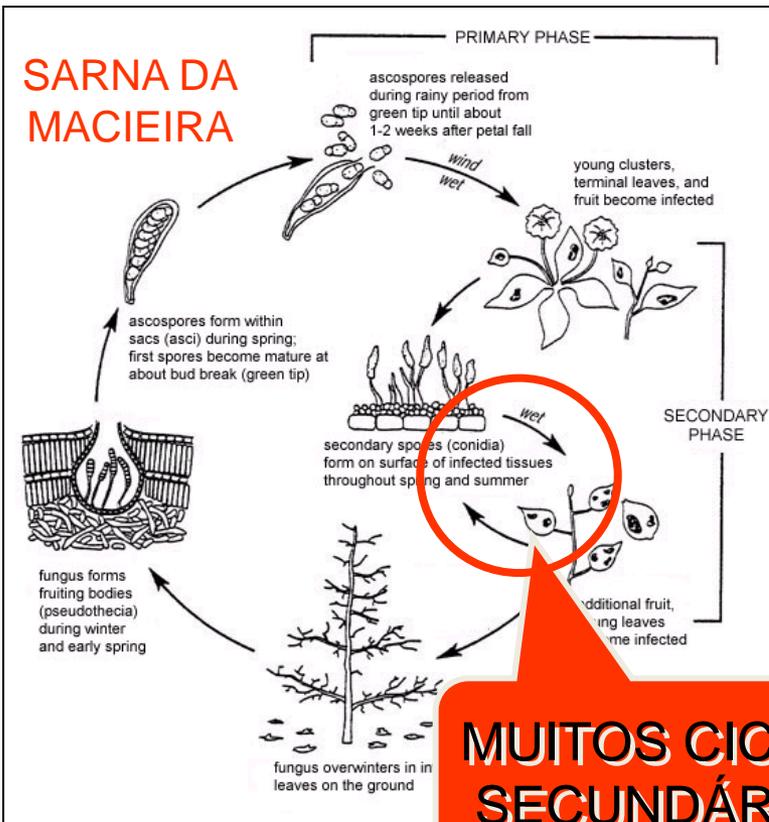
ELEMENTOS

infecção

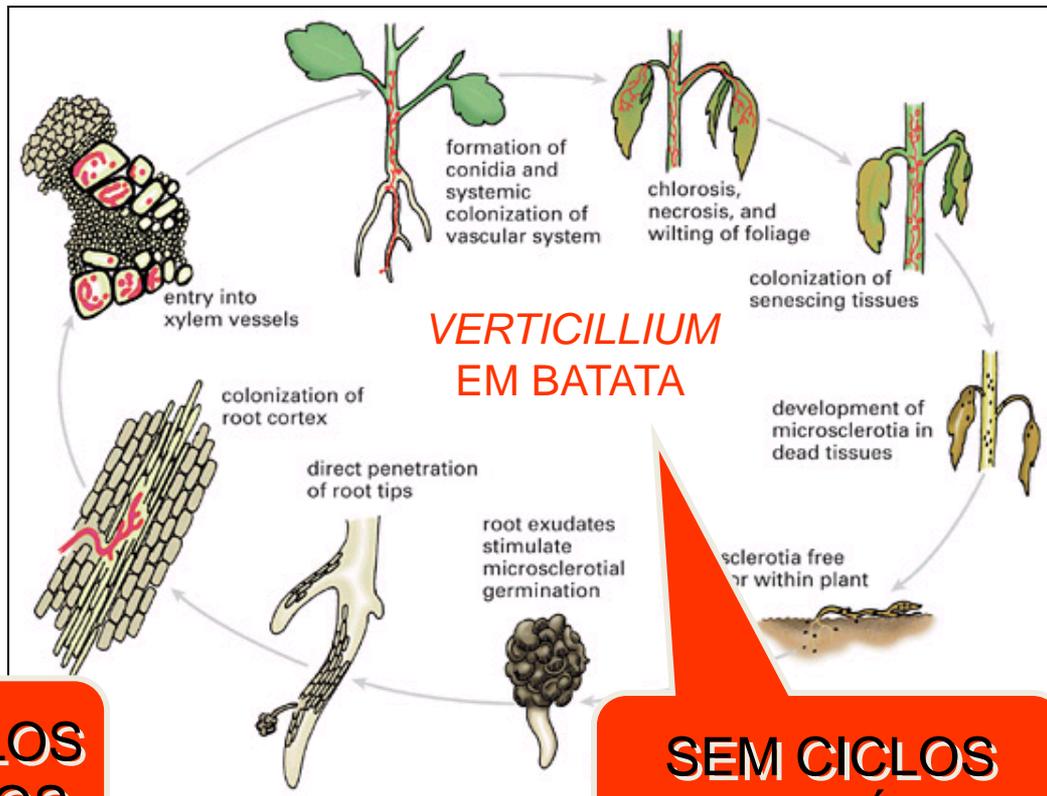
# Padrões regulares exemplos



# Padrões regulares exemplos



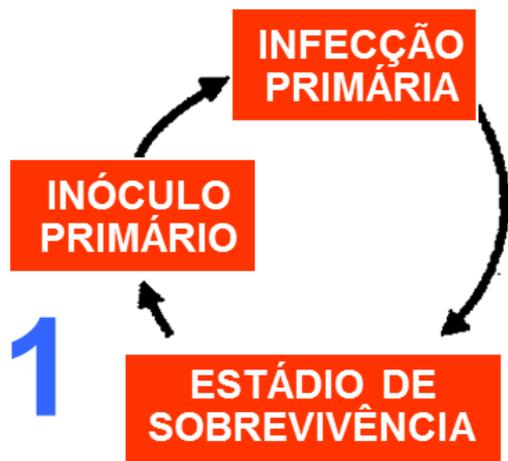
**MUITOS CICLOS SECUNDÁRIOS**



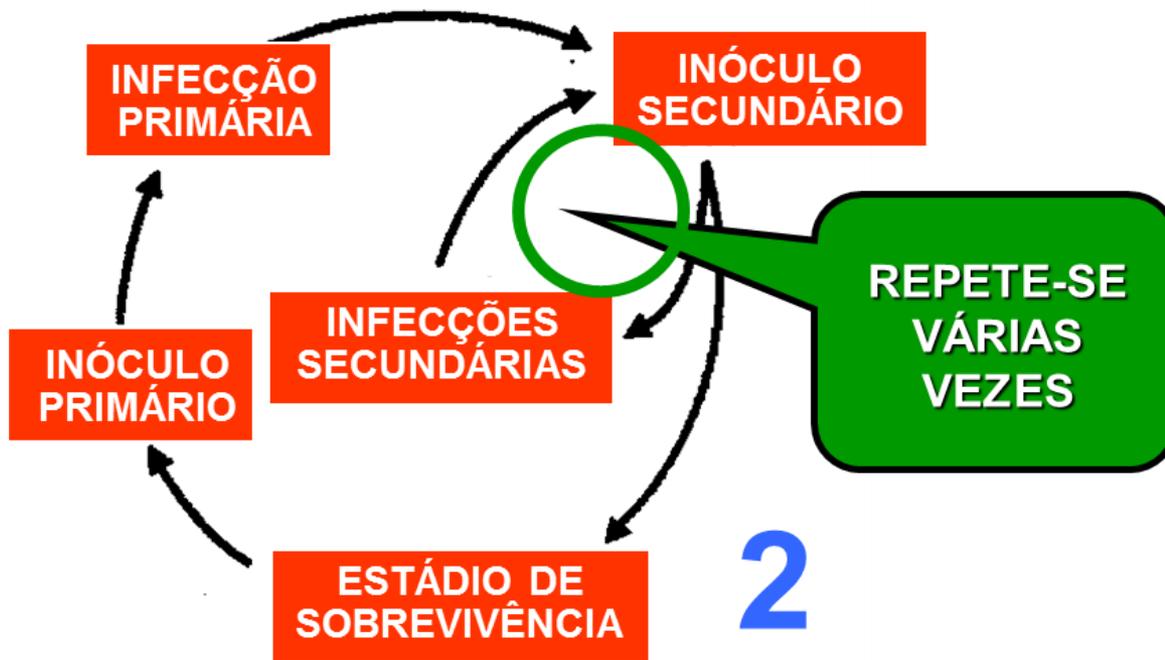
**SEM CICLOS SECUNDÁRIOS**

Vanderplank identificou os padrões regulares e propôs os princípios gerais da Epidemiologia de doenças de plantas

**padrões regulares**

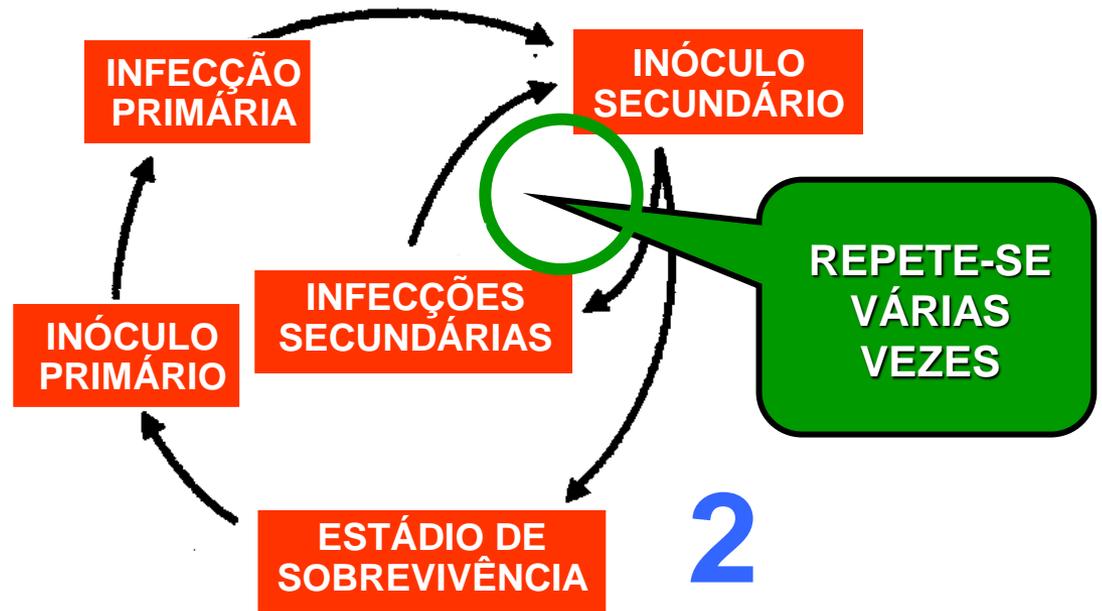
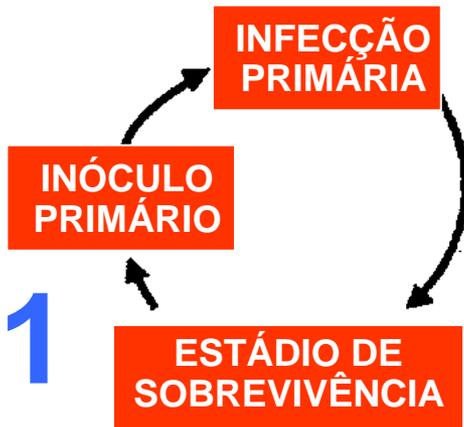


Murchas de *Fusarium*  
Murchas de *Verticillium*  
Podridões de *Rhizoctonia*



Ferrugens  
Oídios  
Míldios  
Manchas foliares

# padrões regulares



# princípios gerais

## DOENÇAS DE JUROS SIMPLES OU MONOCÍCLICAS

Plantas infectadas durante o ciclo da cultura não servem de fonte de inóculo para novas infecções no mesmo ciclo

## DOENÇAS DE JUROS COMPOSTOS OU POLICÍCLICAS

Plantas infectadas durante o ciclo da cultura servem de fonte de inóculo para novas infecções no mesmo ciclo

**padrões  
regulares**

**princípios  
gerais**

**CONTROLE**

**DOENÇAS DE JUROS SIMPLES  
OU MONOCÍCLICAS**

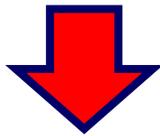
Plantas infectadas durante o ciclo da cultura **não servem** de fonte de inóculo para novas infecções no mesmo ciclo

**1**

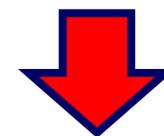
**DOENÇAS DE JUROS COMPOSTOS  
OU POLICÍCLICAS**

Plantas infectadas durante o ciclo da cultura **servem** de fonte de inóculo para novas infecções no mesmo ciclo

**2**



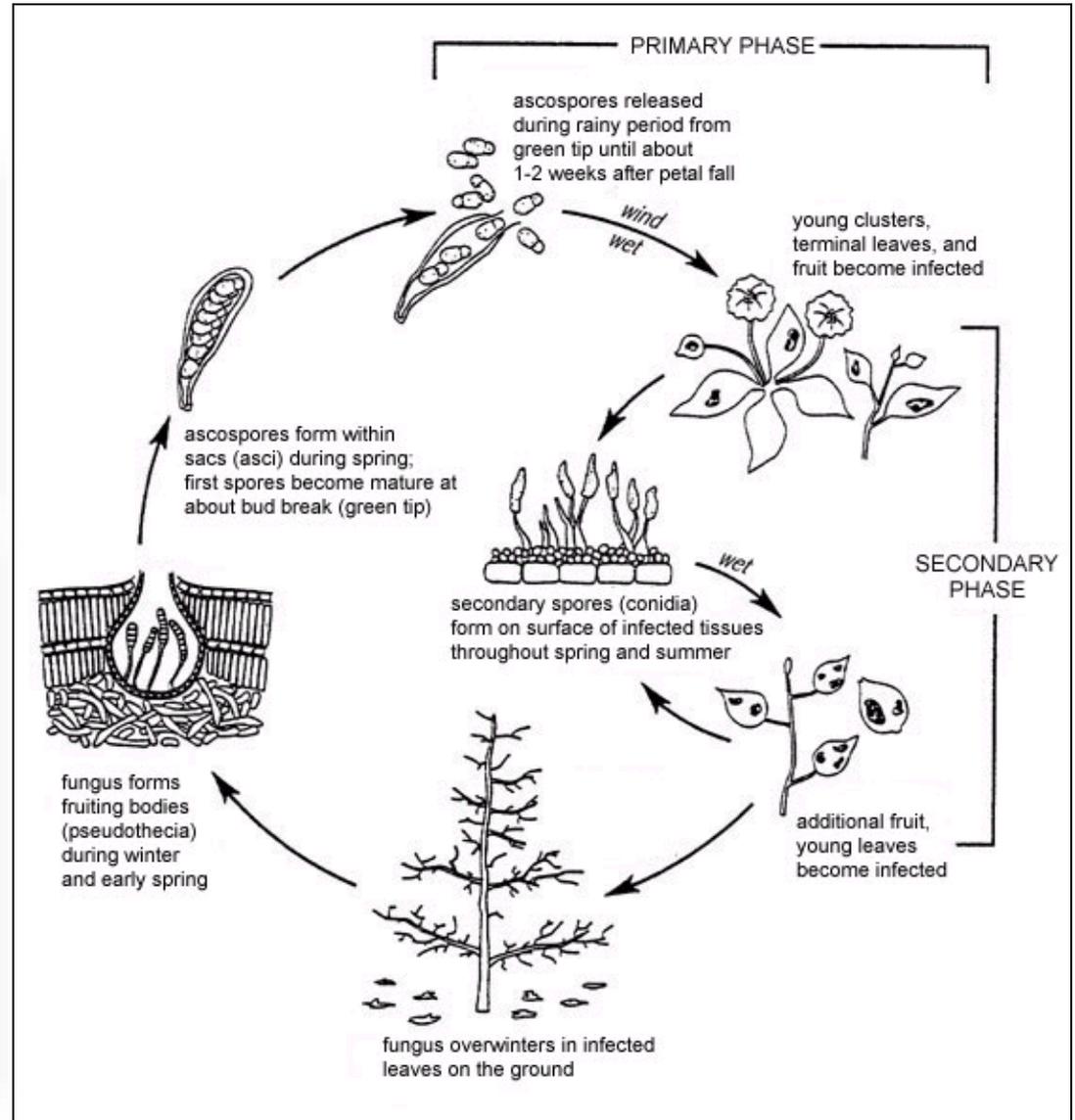
Tratamento do solo  
Rotação de culturas



Variedades resistentes  
Controle químico

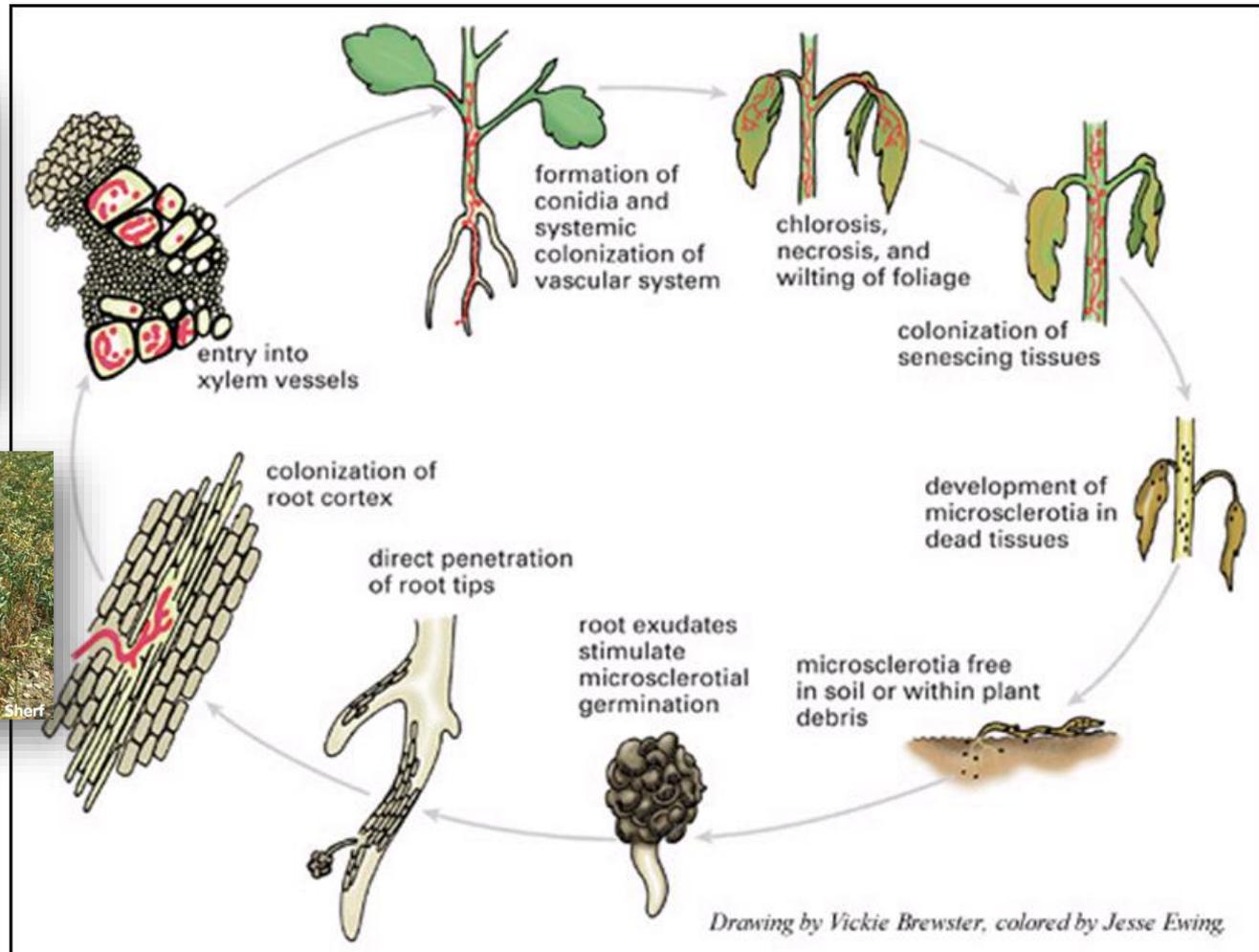
# DOENÇA POLICÍCLICA – COMO QUANTIFICAR?

Sarna da macieira



# DOENÇA MONOCÍCLICA – COMO QUANTIFICAR?

*Verticillium* da batata



# AVALIAÇÃO DE DOENÇAS

**INCIDÊNCIA:** a porcentagem (frequência) de plantas doentes ou partes de plantas doentes em uma amostra ou população

SIMPLES

CONTAGEM

PRECISO

MUITAS VEZES NÃO REFLETE A INTENSIDADE DA DOENÇA

**SEVERIDADE:** a porcentagem da área ou do volume de tecido coberto por sintomas

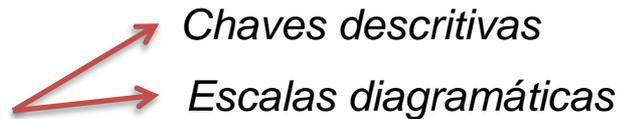
NÃO É SIMPLES

ESTIMATIVA VISUAL

BAIXA PRECISÃO OU ACURÁCIA

DE MODO GERAL É BOM INDICADOR DA INTENSIDADE DA

DOENÇA

 *Chaves descritivas*  
*Escala diagramática*

**INTENSIDADE:** termo mais amplo, que pode ser expresso como incidência ou severidade

# AVALIAÇÃO DE DOENÇAS

## Chave descritiva da requeima da batata

Notas	Grau de intensidade da doença
0	Sintomas ausentes no campo
0.1	Algumas plantas afetadas, até 1 ou 2 lesões em um raio de 10.6 m
1.0	Até 10 lesões por planta ou infecções leves
5.0	Ao redor de 50 lesões por planta ou até 10% de folíolos atacados
25.0	Quase todos os folíolos afetados, plantas ainda normais
50.0	Todas as plantas afetadas com cerca de 50% da área destruída, campo parece verde manchado de marrom
75.0	Cerca de 75% da área destruída, campo sem predominância da cor verde ou marrom
95.0	Apenas algumas folhas verdes no campo, colmos ainda verdes
100.0	Todas as folhas mortas, colmos mortos ou em fase de secamento



## Escala diagramática para a pinta preta dos citros

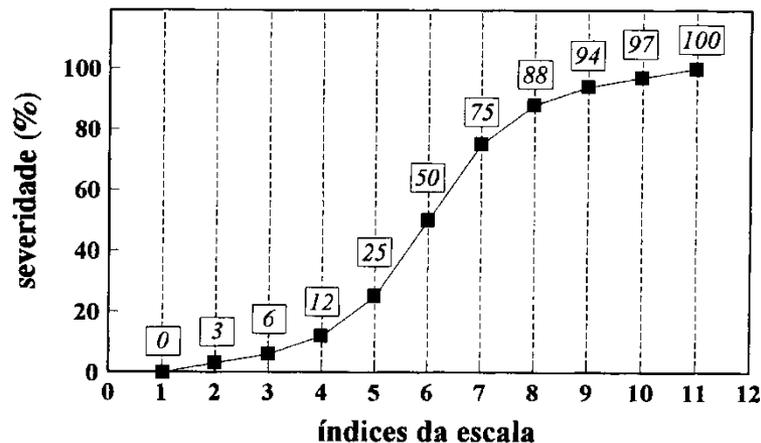


# AVALIAÇÃO DE DOENÇAS

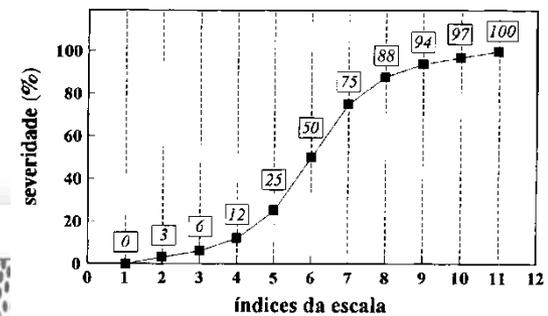
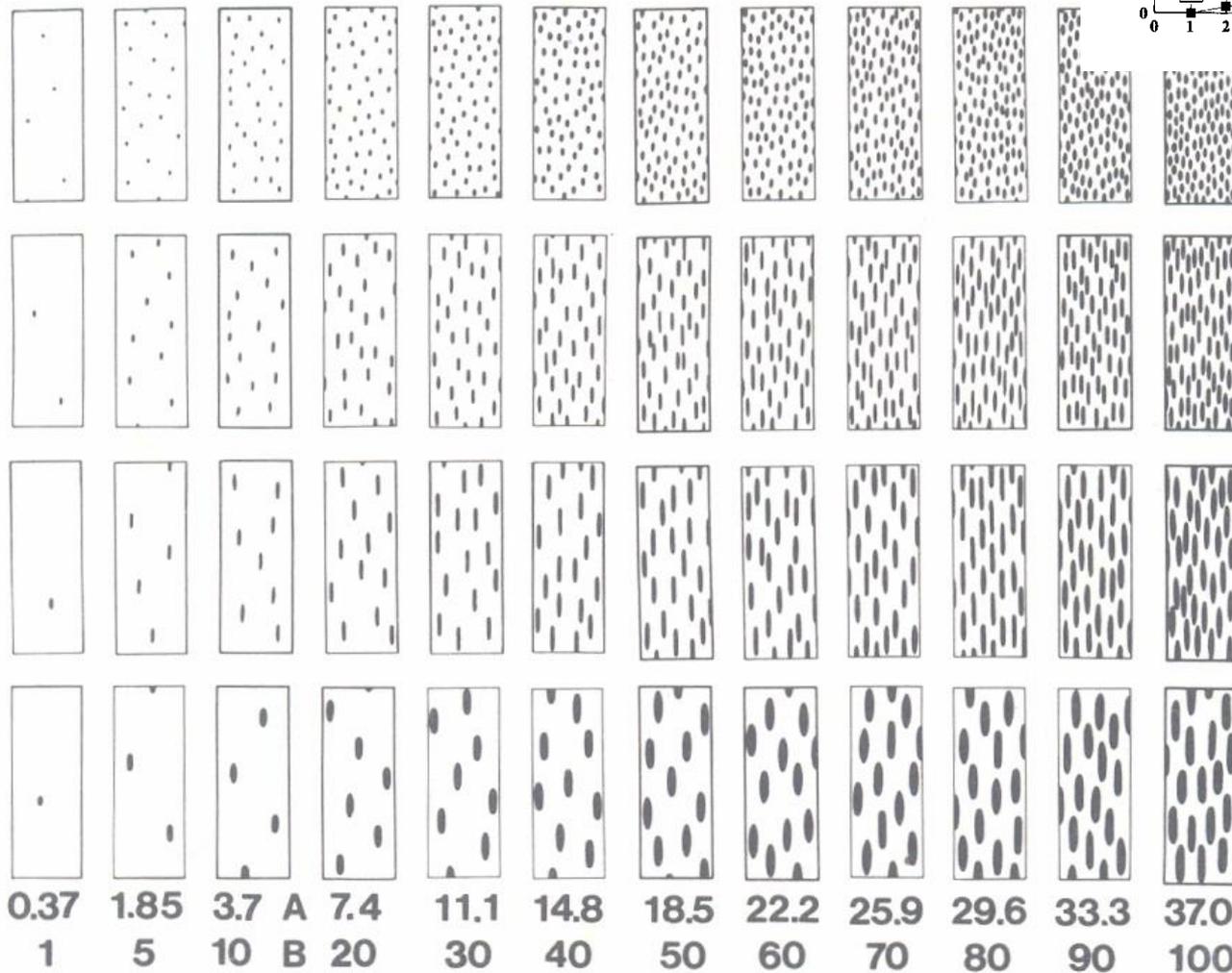
## □ Escalas diagramáticas



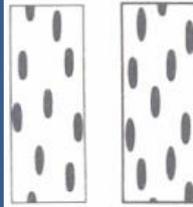
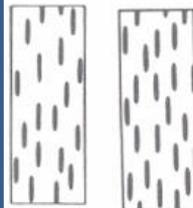
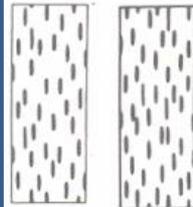
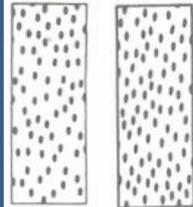
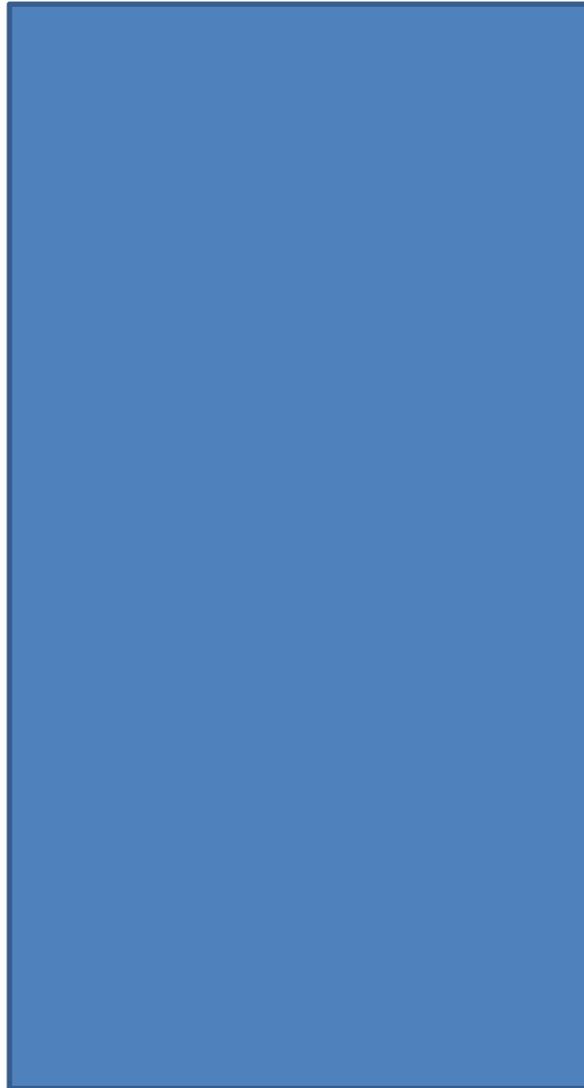
Representações fiéis e precisas  
Limites superior e inferior adequados  
Limitações da acuidade visual



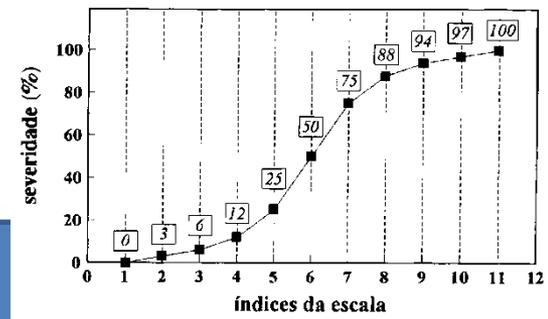
# AVALIAÇÃO DE DOENÇAS



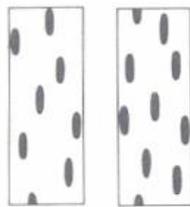
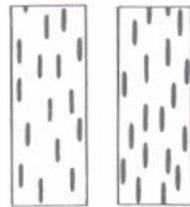
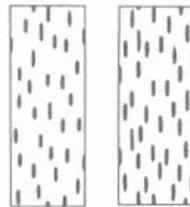
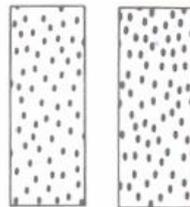
# AVALIAÇÃO DE DOENÇAS



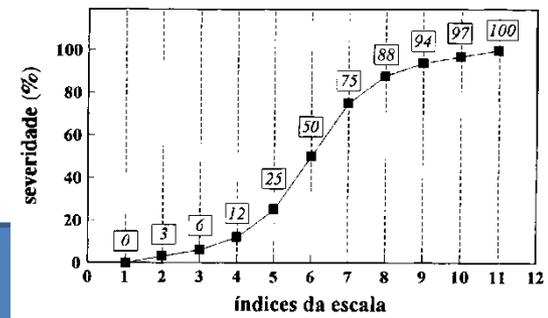
14.8    18.5  
40      50



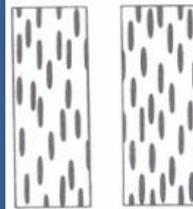
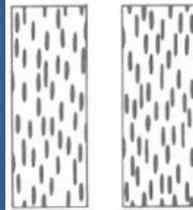
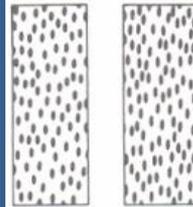
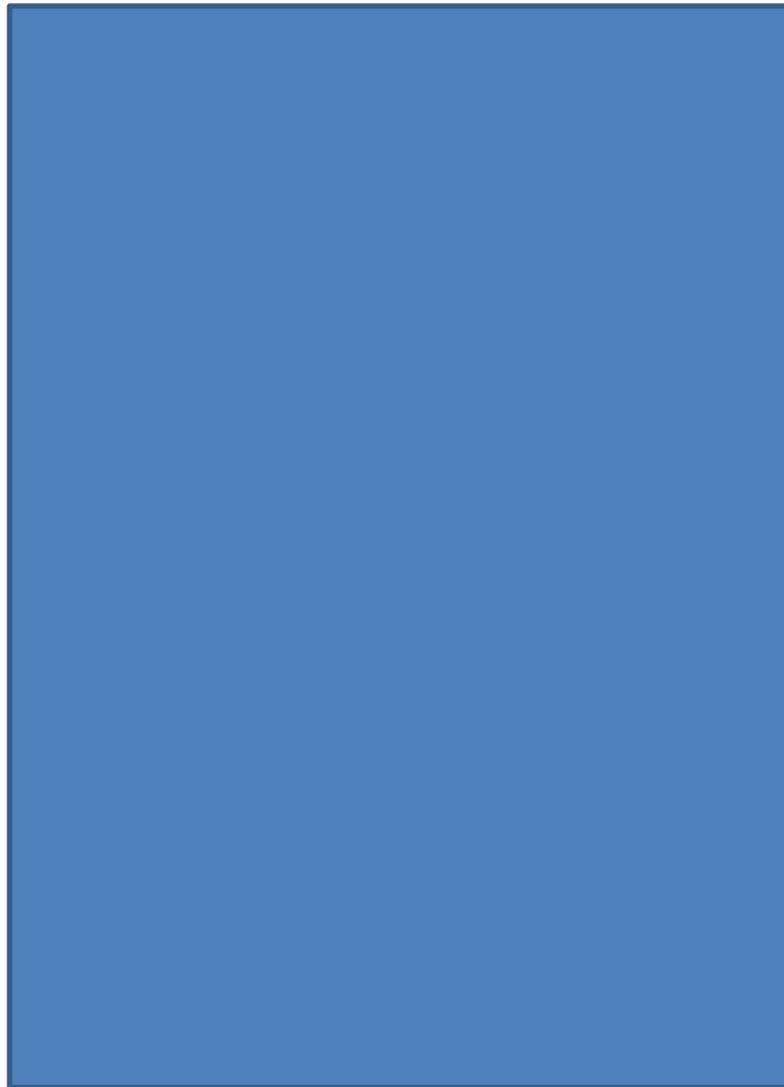
# AVALIAÇÃO DE DOENÇAS



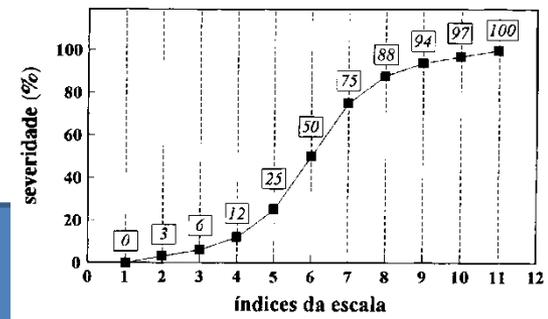
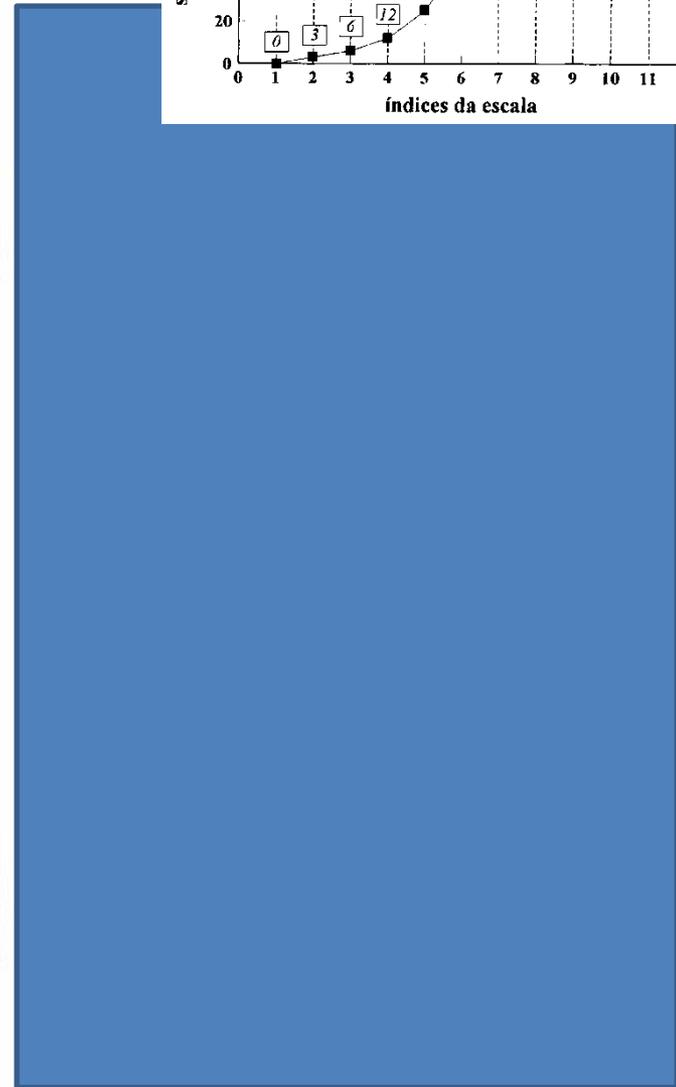
11.1 14.8  
30 40



# AVALIAÇÃO DE DOENÇAS



22.2 25.9  
60 70



# AVALIAÇÃO DE DOENÇAS

Chagas et al. (2010)

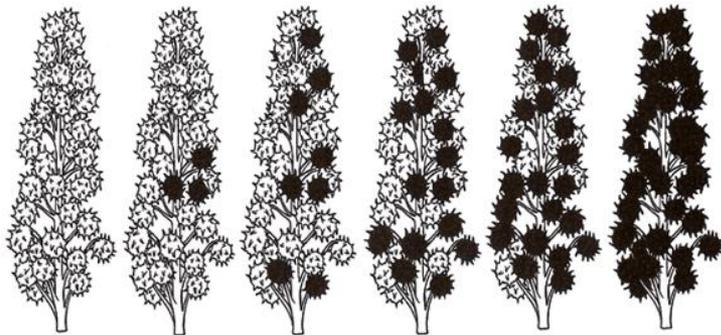


Figura 1. Escala diagramática desenvolvida para avaliação de mofo cinzento causado por *Amphobotrys ricini* em cachos de mamoneira indicando os níveis de 0; 8; 22; 43; 76 e 100% de severidade (porcentagem de cacho infectado).

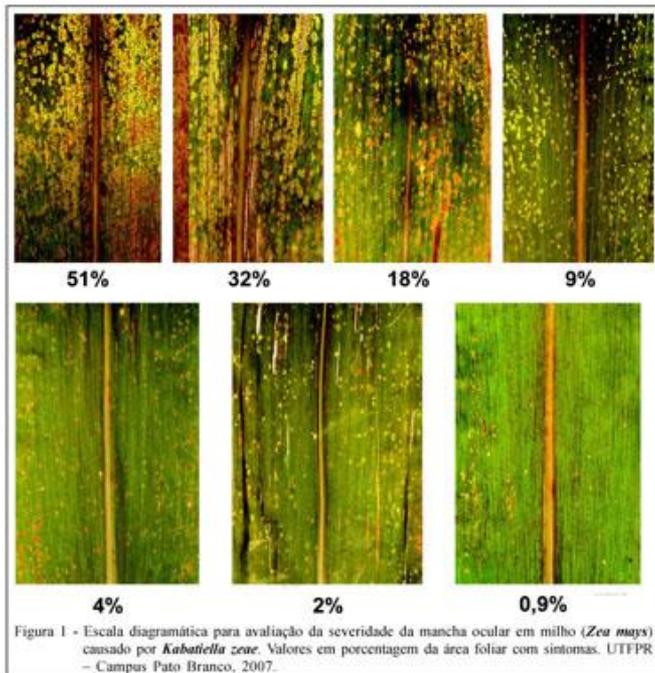


Figura 1 - Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha ocular em milho (*Zea mays*) causado por *Kabatiella zeae*. Valores em porcentagem da área foliar com sintomas. UTFPR - Campus Pato Branco, 2007.

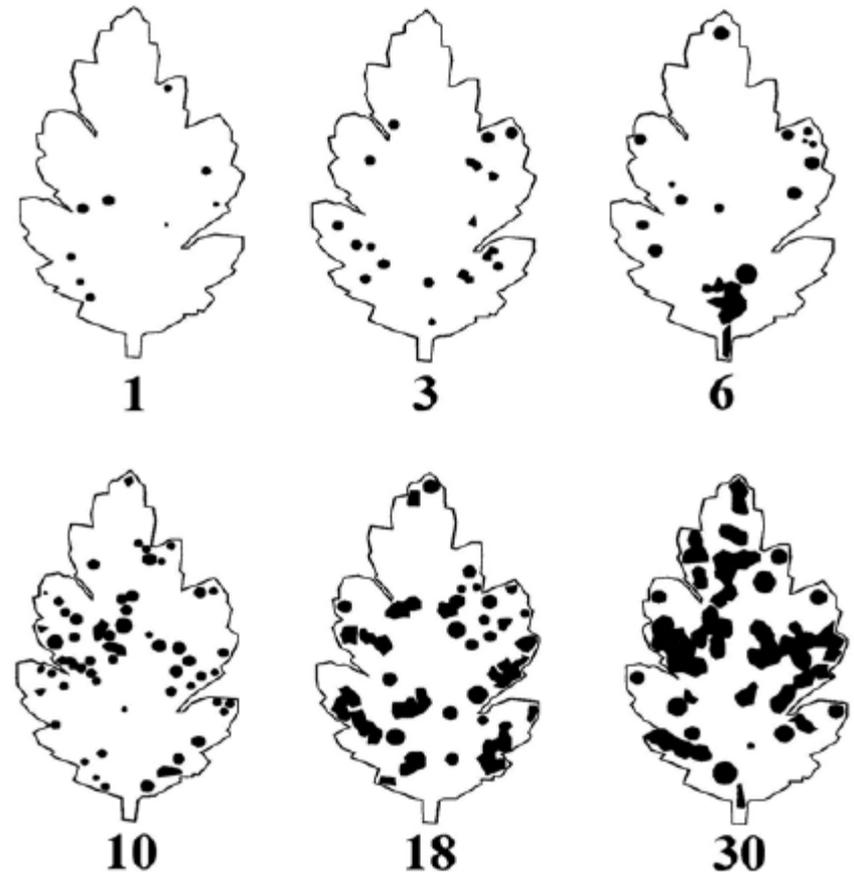


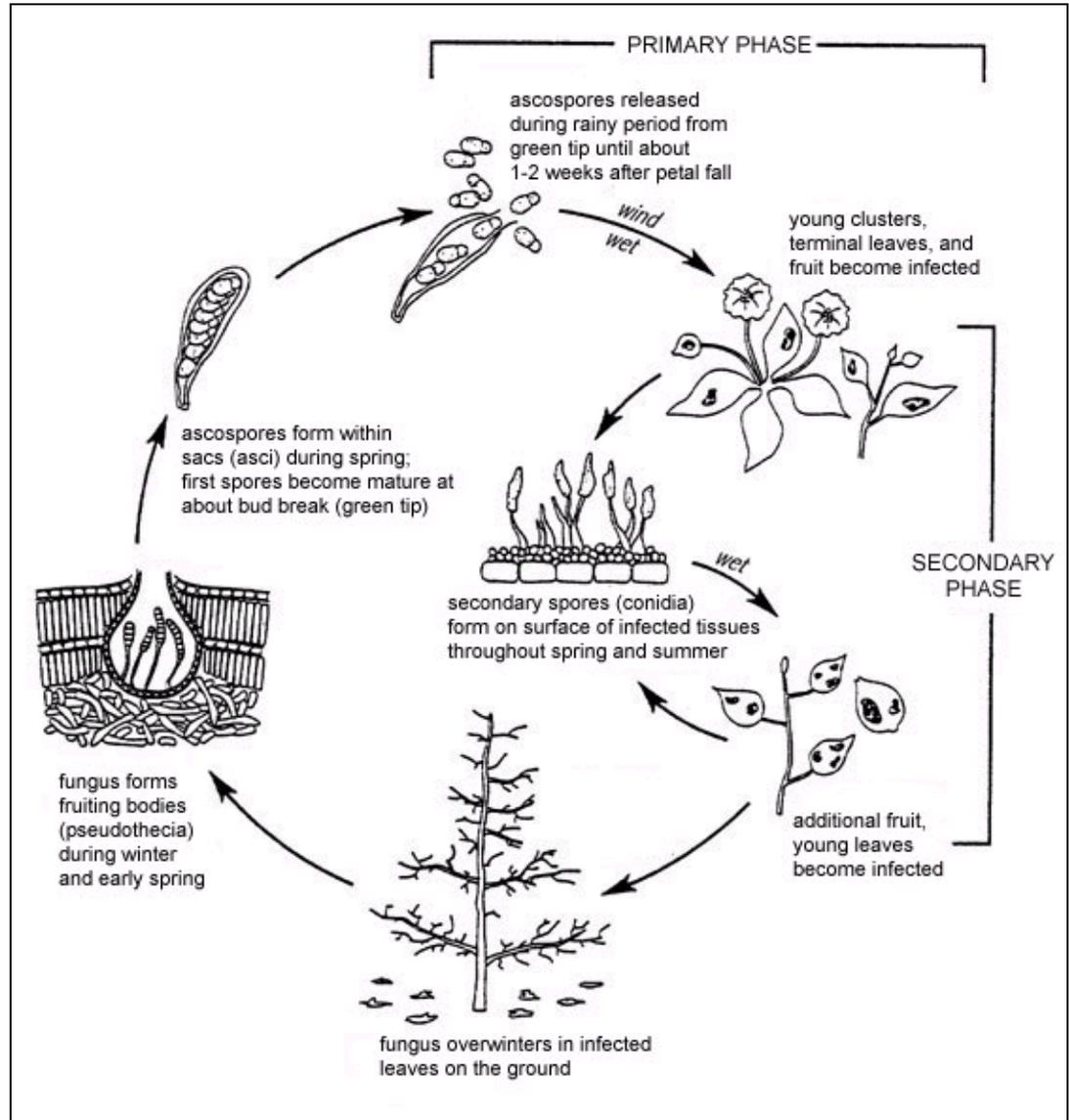
Figura 1. Escala diagramática para avaliação da ferrugem branca do crisântemo indicando os níveis de 1, 3, 6, 10, 18 e 30% de severidade.

Barbosa et al. (2006)

# Doença policíclica – Modelos de crescimento

## Juros compostos

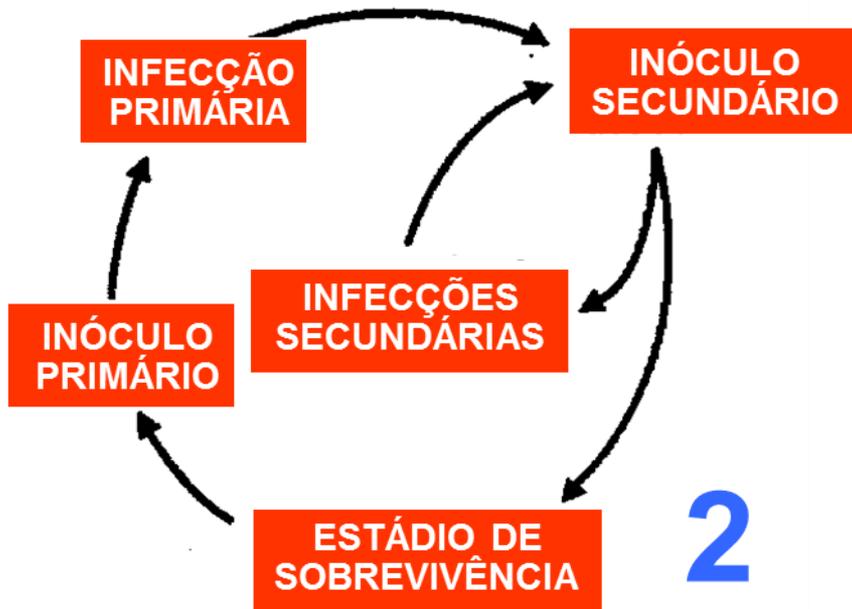
Sarna da macieira



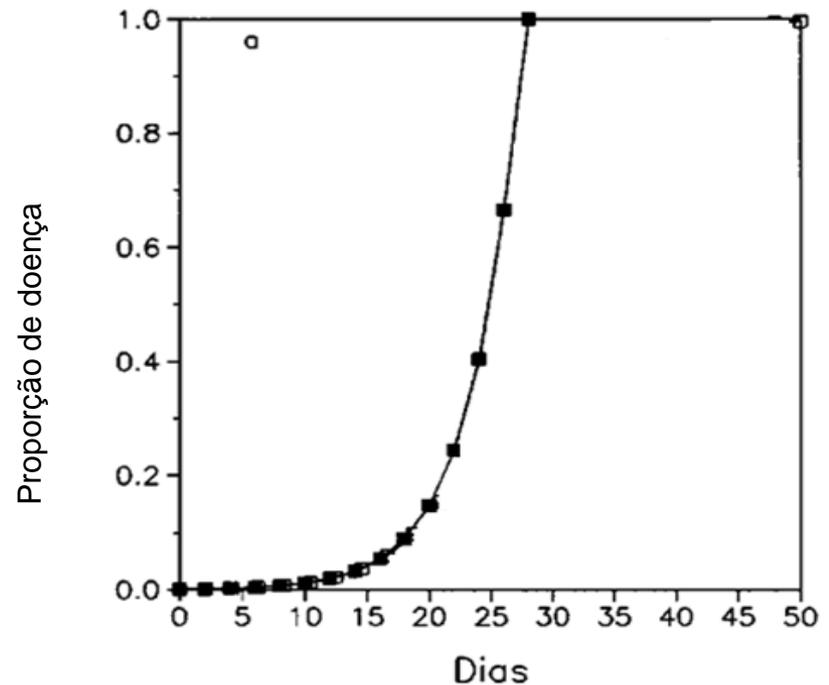
# CURVAS DE PROGRESSO DE DOENÇAS

## Doenças de juros compostos

$$dy/dt = ry$$
$$y = y_0 \exp(rt)$$



2

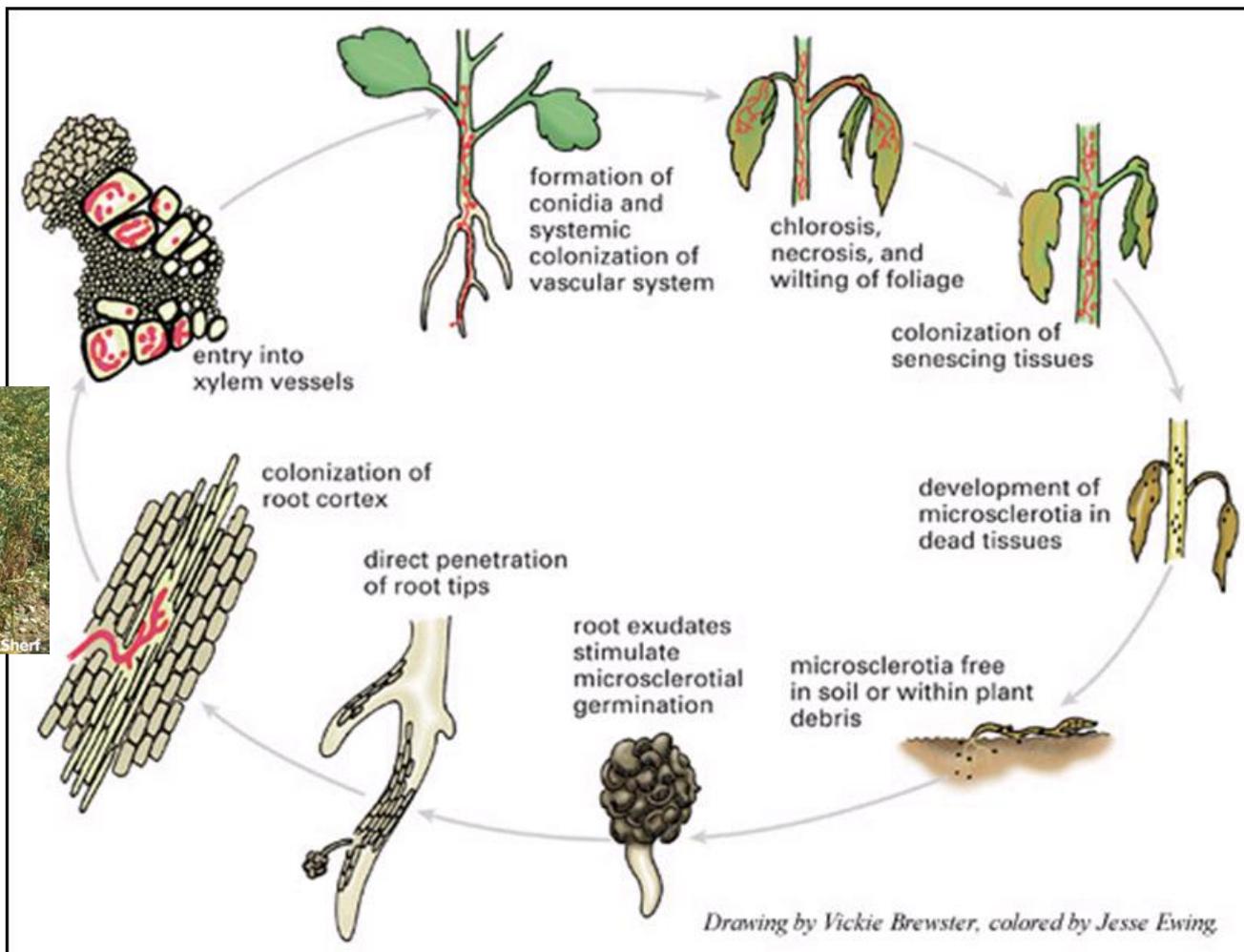


# Doença Monocíclica – Modelos de crescimento

## Juros simples



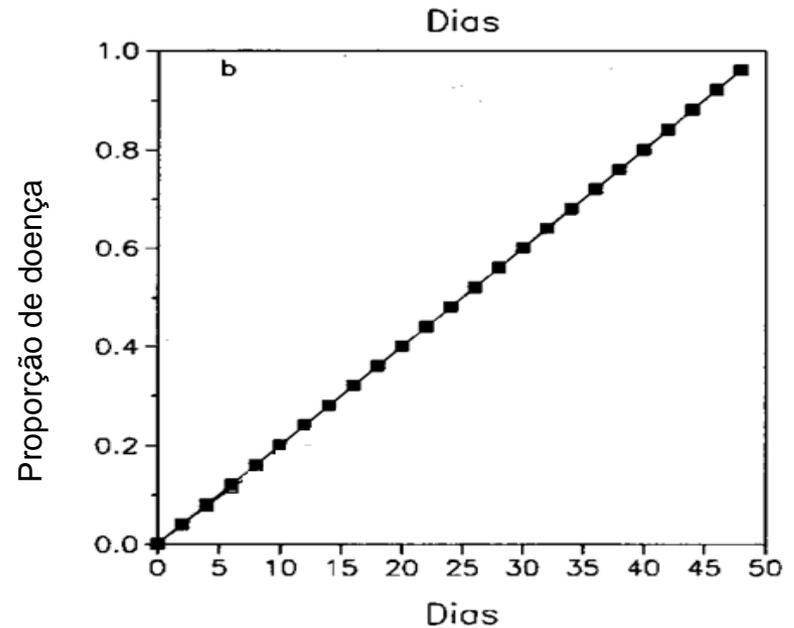
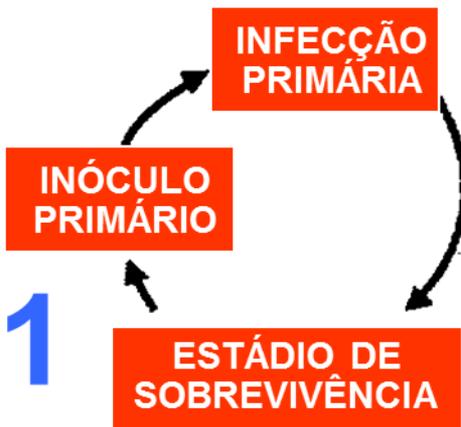
## Murcha vascular da batata



# CURVAS DE PROGRESSO DE DOENÇAS

Doenças de juros simples

$$dy/dt = QR$$
$$y = y_0 + QRt$$



# CURVAS DE PROGRESSO DE DOENÇAS

Doenças de juros compostos

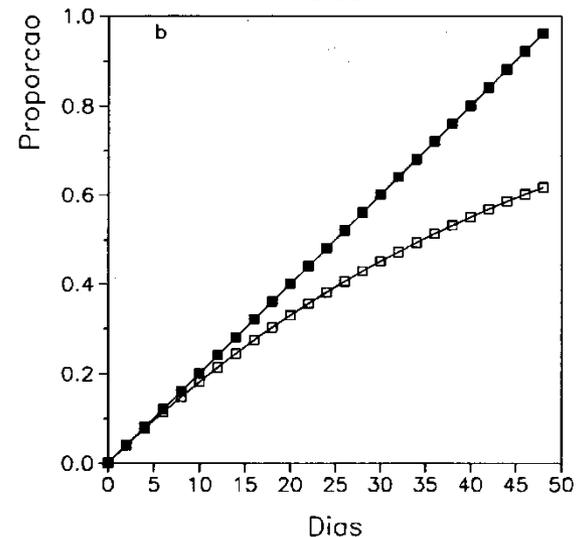
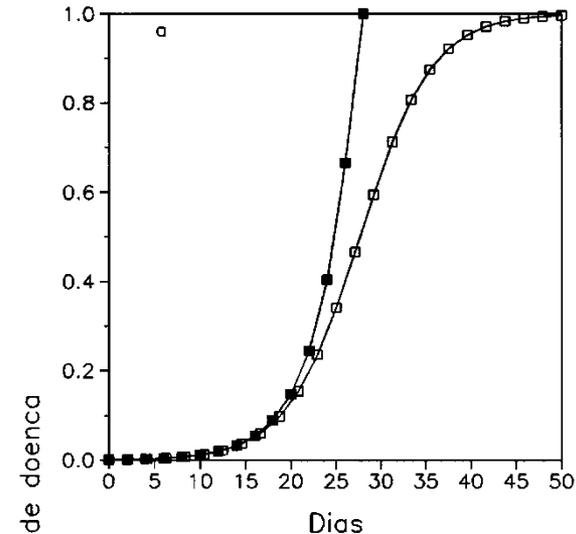
$$dy/dt = ry$$

$$y = y_0 \exp(rt) \text{ Correto?}$$

Doenças de juros simples

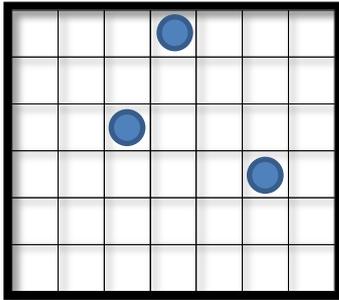
$$dy/dt = QR$$

$$y = y_0 + QRt \text{ Correto?}$$

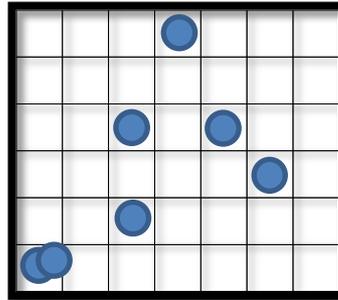


# CURVAS DE PROGRESSO DE DOENÇAS

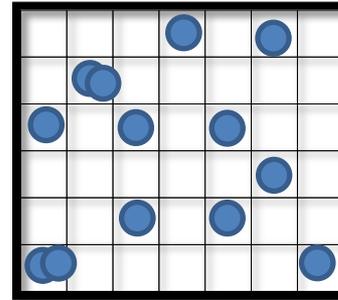
$y=7\%$



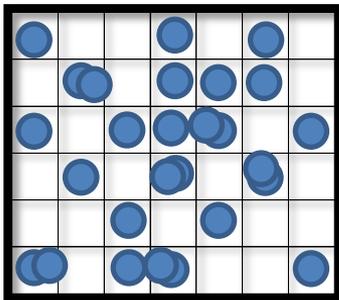
$y=15\%$



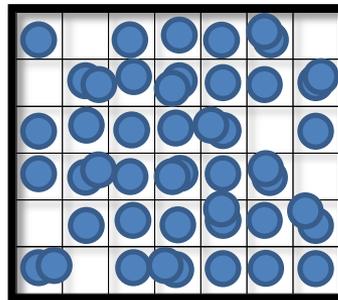
$y=26\%$



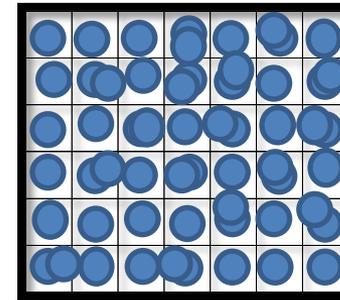
$y=50\%$



$y=83\%$



$y=100\%$



# CURVAS DE PROGRESSO DE DOENÇAS

Doenças de juros compostos

$$dy/dt = ry(1-y)$$

$$y = 1 / (1 + ((1/y_0) - 1) \exp(-rt))$$

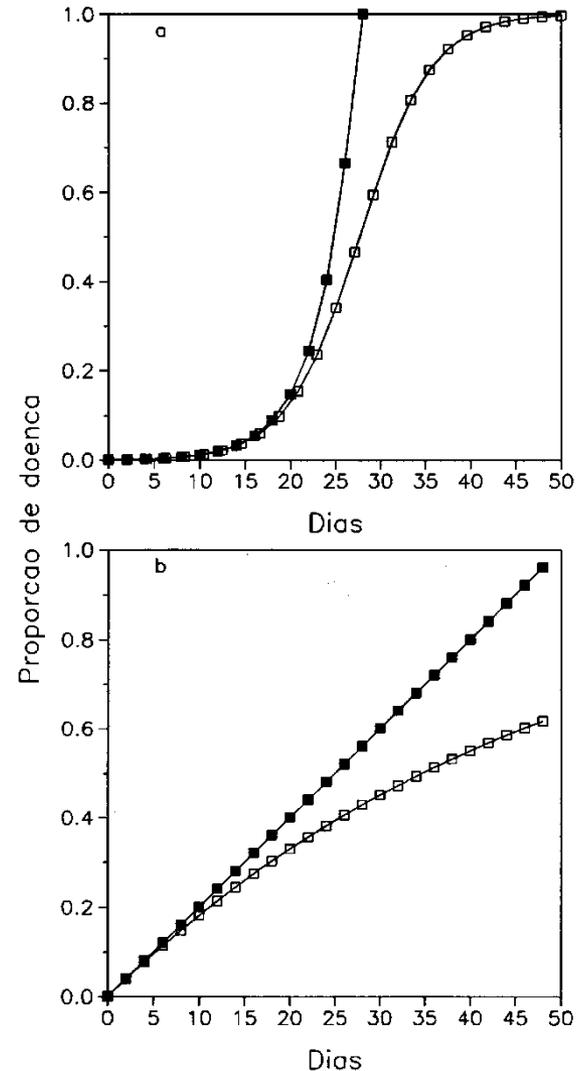
**Modelo logístico**

Doenças de juros simples

$$dy/dt = QR(1-y)$$

$$y = 1 - (1 - y_0) \exp(-rt)$$

**Modelo monomolecular**



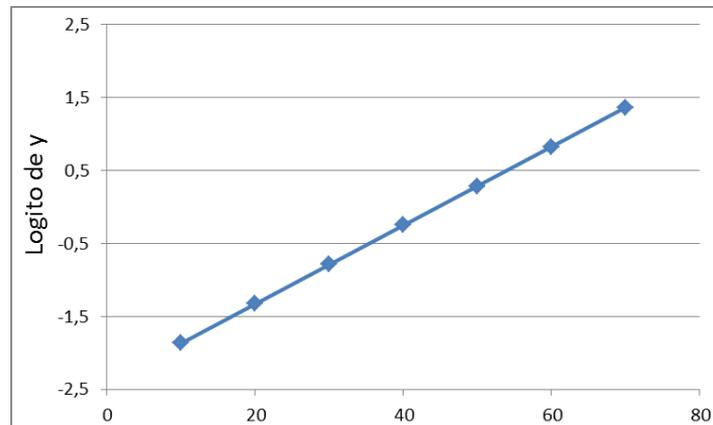
# CURVAS DE PROGRESSO DE DOENÇAS

## Doenças de juros compostos

$$\ln(y/(1-y)) = \ln(y_0/(1-y_0)) + rt$$

Logito de  $y$

$$\begin{aligned} \text{logito de } y &= \text{logito de } y_0 + rt \\ y &= a + bx \end{aligned}$$

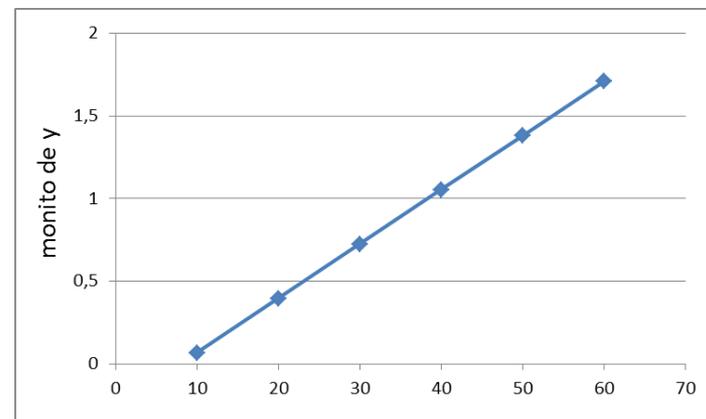


## Doenças de juros simples

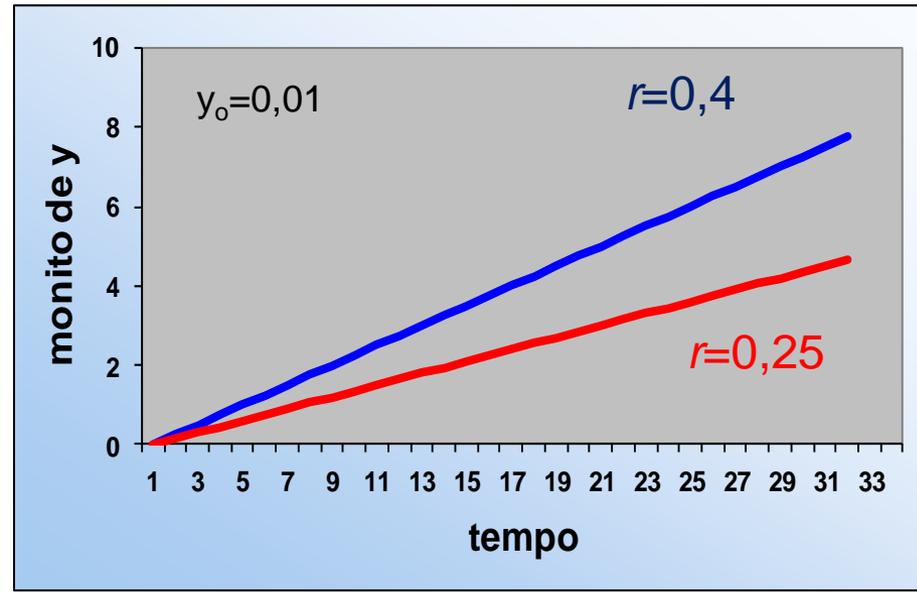
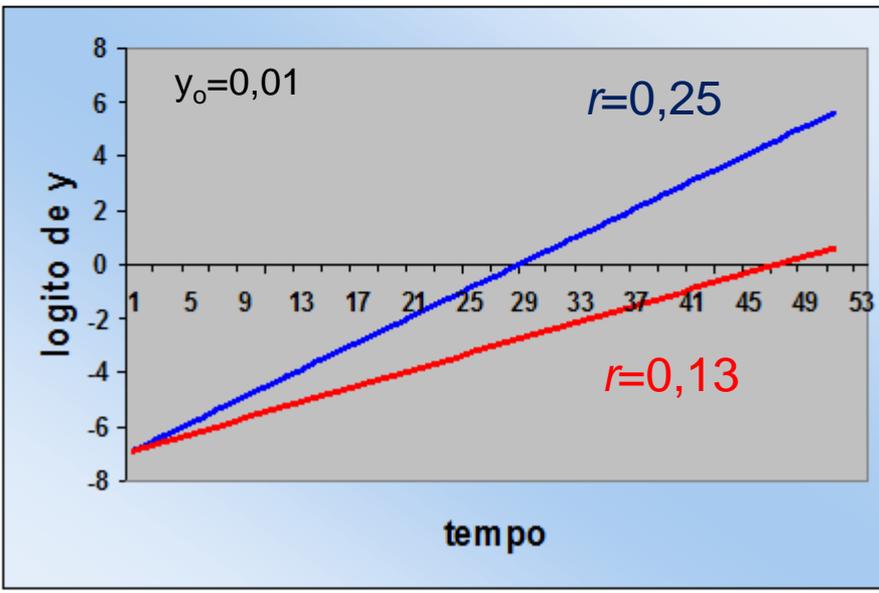
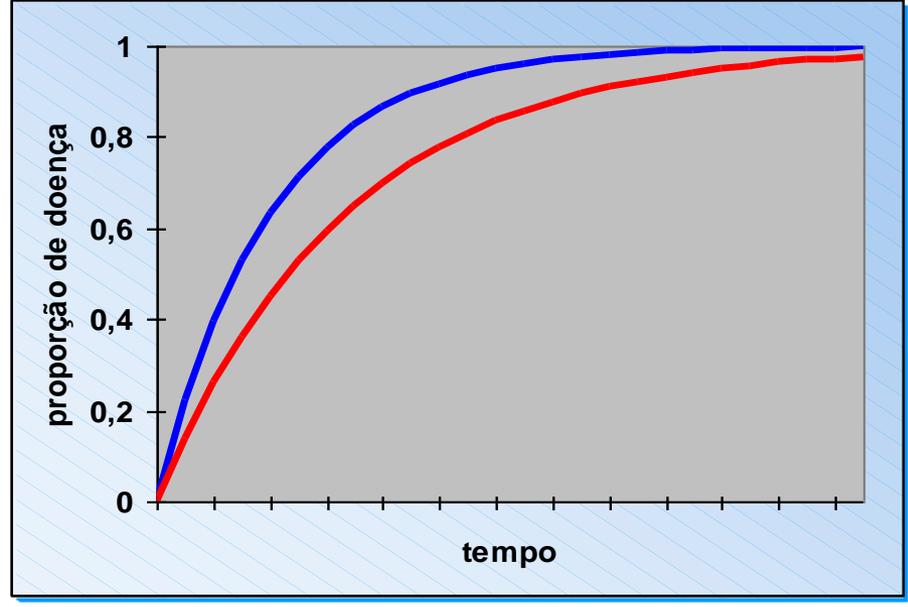
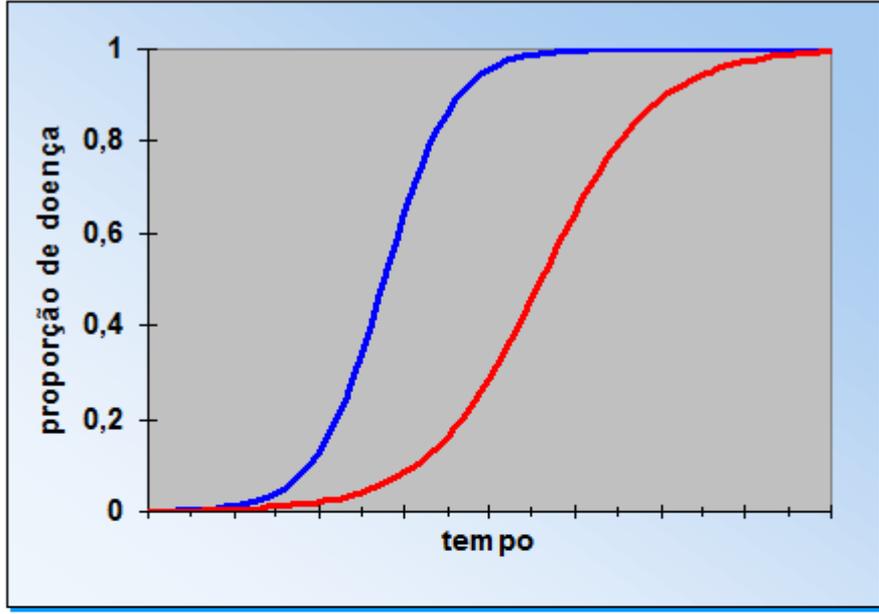
$$\ln(1/(1-y)) = \ln(1/(1-y_0)) + QRt$$

Monito de  $y$

$$\begin{aligned} \text{monito de } y &= \text{monito de } y_0 + rt \\ y &= a + bx \end{aligned}$$



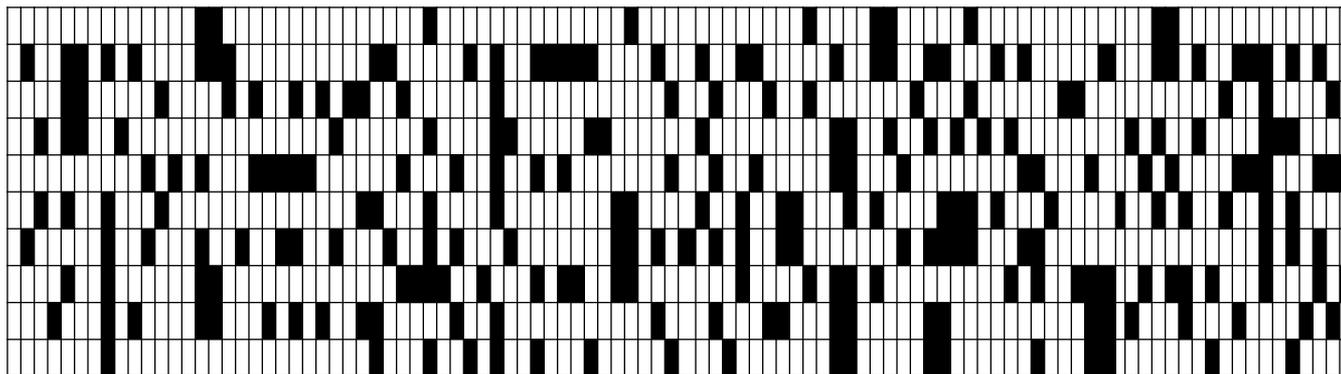
# CURVAS DE PROGRESSO DE DOENÇAS



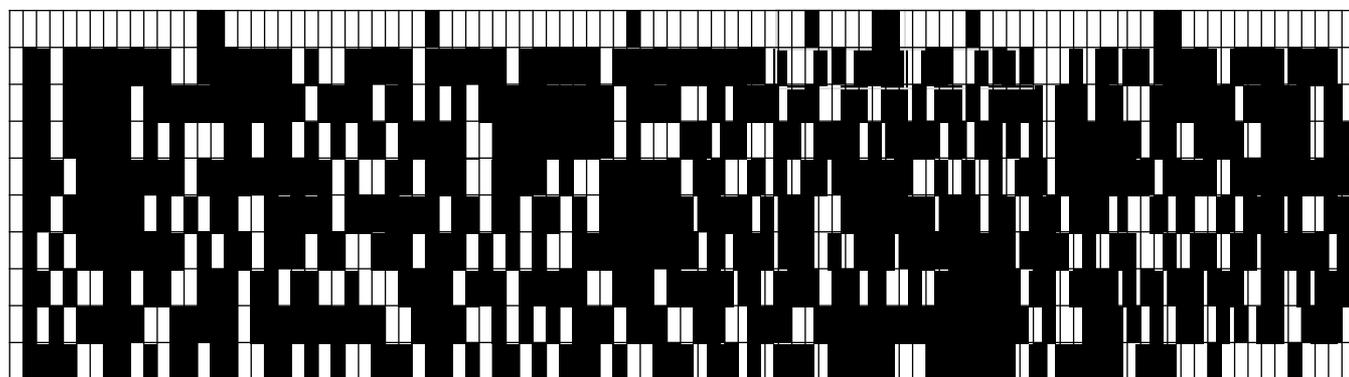




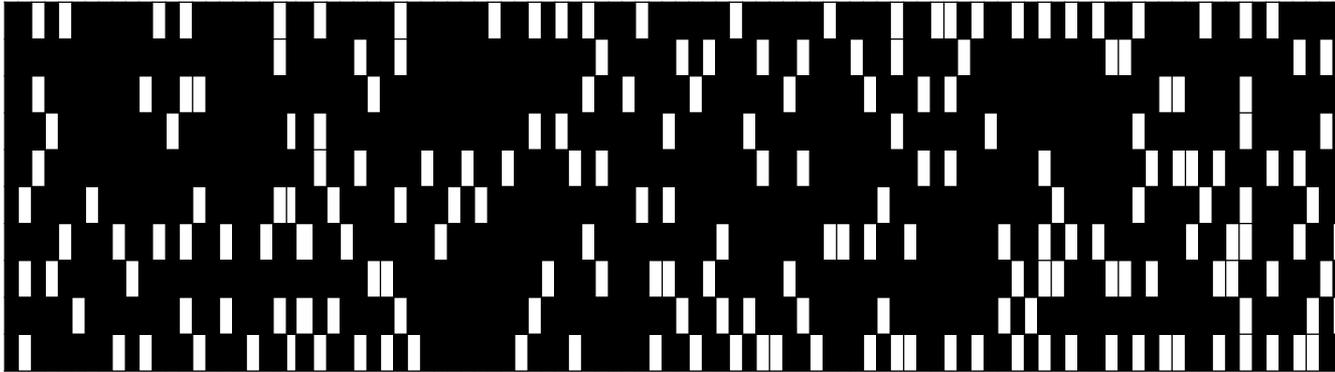
5ª avaliação 12/04/2022 – 220 plantas doentes



6ª avaliação 22/04/2022 – 590 plantas doentes

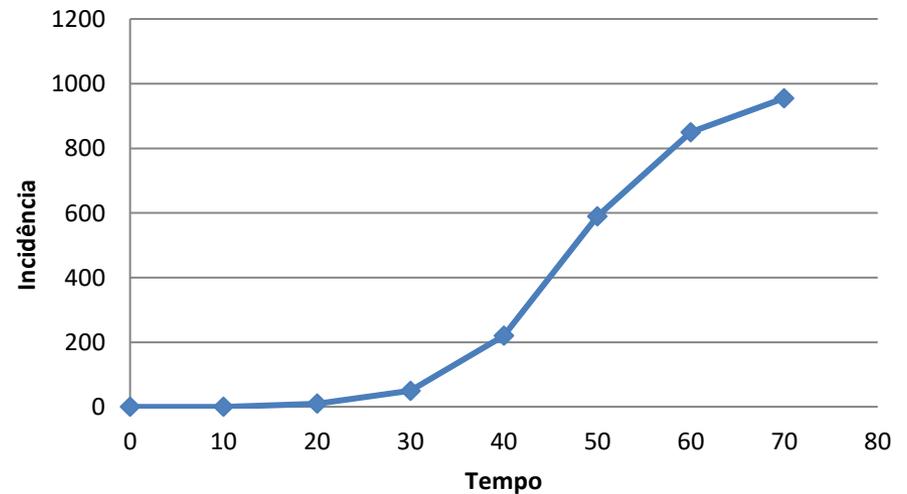


7ª avaliação 01/05/2022 – 850 plantas doentes



8ª avaliação 11/05/2022 – 955 plantas doentes

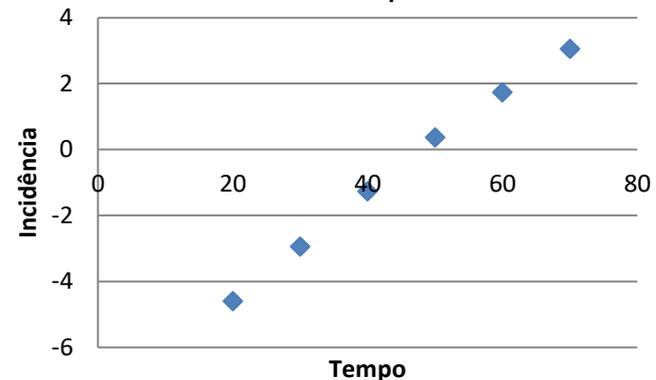
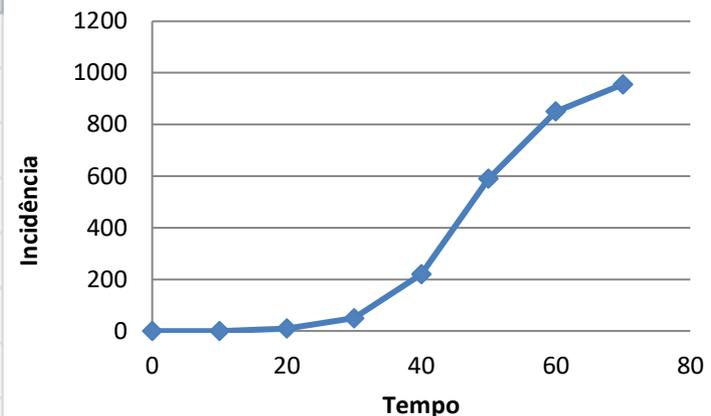
Tempo (dias)	Incidência da doença
0	0
10	0
20	10
30	50
40	220
50	590
60	850
70	955



# CURVAS DE PROGRESSO DE DOENÇAS

Não existe  $\text{Log}(0)$ !  
Nunca considerar 0 na regressão!

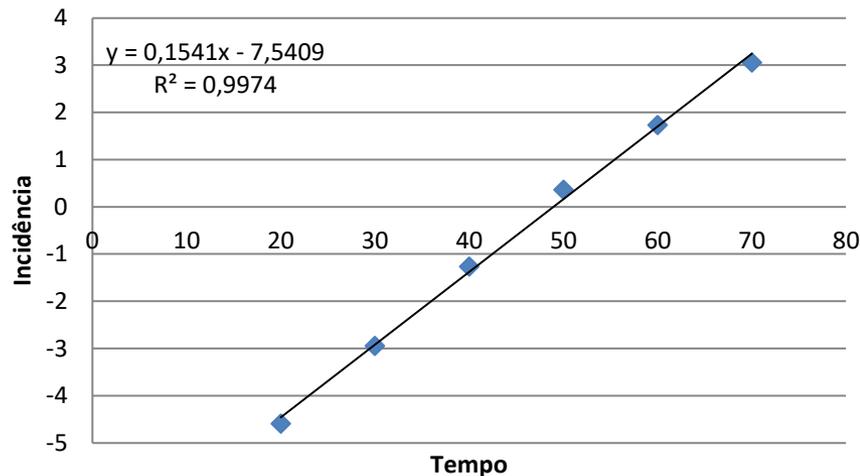
	A	B	C	D	E
1	Tempo	Incidência	proporção	logito	
2	0	0	0	#NÚM!	
3	10	0	0	#NÚM!	
4	20	10	0,01	-4,59512	
5	30	50	0,05	-2,94444	
6	40	220	0,22	-1,26567	
7	50	590	0,59	0,363965	
8	60	850	0,85	1,734601	
9	70	955	0,955	3,055049	
10					



Regressão linear entre tempo e incidência (em logito!)

# CURVAS DE PROGRESSO DE DOENÇAS

RESUMO DOS RESULTADOS	
<i>estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,998691
R-Quadrado	0,997384
R-quadrado	0,99673
Erro padrão	0,165013
Observações	6



ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>significação</i>
Regressão	1	41,5301	41,5301	1525,206	2,57E-06
Resíduo	4	0,108917	0,027229		
Total	5	41,63902			

	<i>Coefficiente</i>	<i>erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>% inferior</i>	<i>% superior</i>	<i>inferior 95,0</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	-7,54086	0,189858	-39,7183	2,4E-06	-8,068	-7,01373	-8,068	-7,013732284
Variável X	0,15405	0,003945	39,05389	2,57E-06	0,143098	0,165002	0,143098	0,165002118

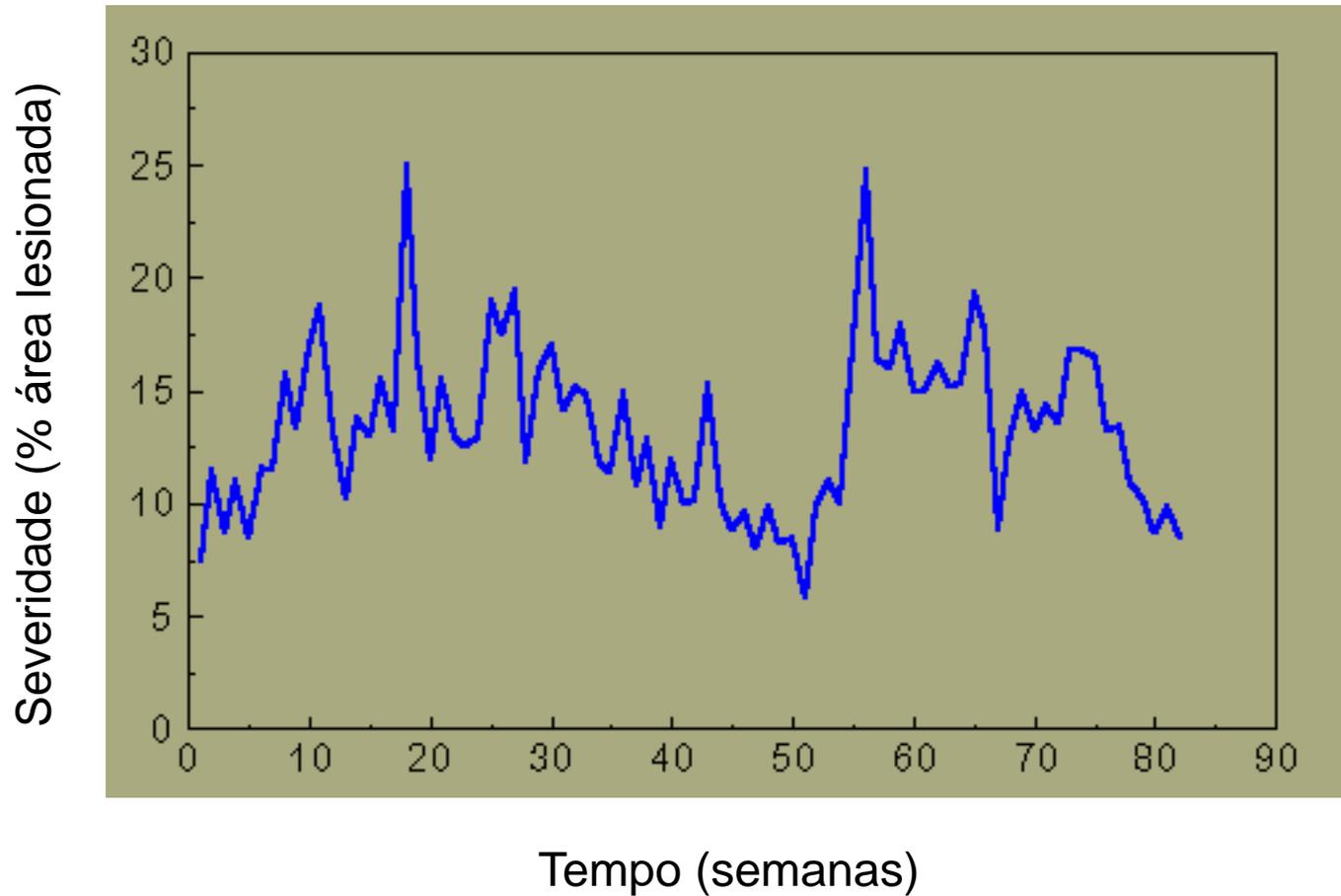
**SIGATOKA NEGRA**  
***Mycosphaerela fijiensis***



21 6 2005

# **SIGATOKA NEGRA**

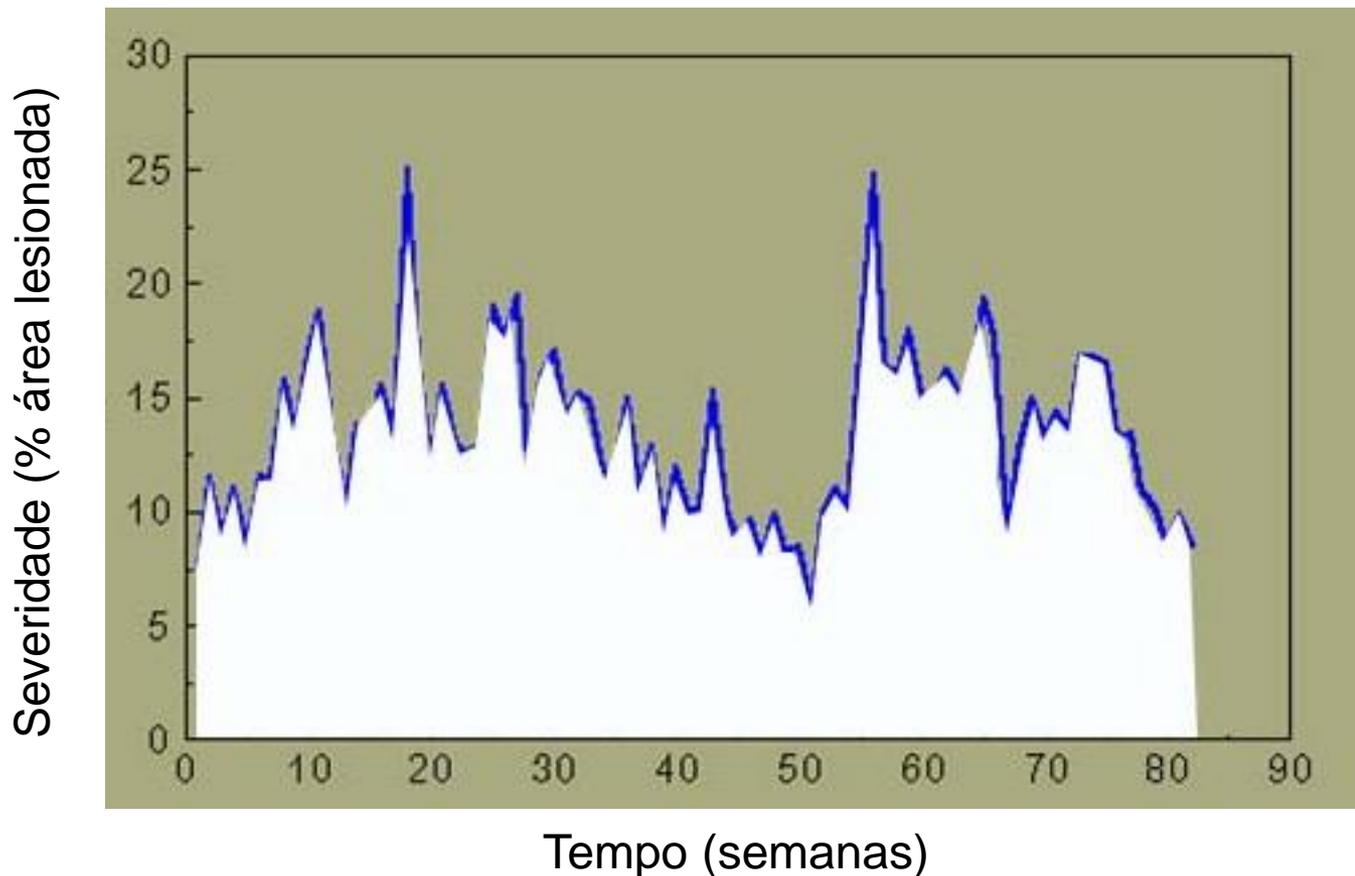
## ***Mycosphaerela fijiensis***



(Ramirez, 1988)

# **SIGATOKA NEGRA**

## ***Mycosphaerella fijiensis***



Area under disease progress curve (AUDPC)  
Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD)

$$\text{Somatória dos trapézios} = (y_1 + y_2) / 2 * (t_2 - t_1)$$

## Bibliografia:

Bergamin Filho, A.; Amorim, L.; Willocquet, L.; Savary, S. Epidemiologia de doenças de plantas. In: Manual de Fitopatologia. V.1. Princípios e Conceitos. São Paulo, Ceres, 2018. p.71-84.

Amorim, L.; Bergamin Filho, A. Fenologia, patometria e quantificação de danos. In: : Manual de Fitopatologia. V.1. Princípios e Conceitos. São Paulo, Ceres, 2018. p.499-518.

Bergamin Filho, A. Análise temporal de epidemias. In: Manual de Fitopatologia. V.1. Princípios e Conceitos. São Paulo, Ceres, 2018. p.519-530.