Predação

Papel ecológico fundamental

1. *As espécies estão inseridas em teias tróficas*
2. *(Predação + competição) => Estrutura das comunidades biológicas*
3. *Regulação populacional por predação*
4. *Controle biológico de pragas*

Definições

1. Ocorre predação quando um organismo mata outro com o objectivo de se alimentar dele

2. Ocorre predação quando indivíduos de uma espécie comem matéria viva de outra espécie

3. Predação é um processo pelo qual uma população beneficia às custas de outra

4. Predação é qualquer processo ecológico em que energia e matéria fluem de uma espécie para outra.

Reprodutores contínuos

X = densidade populacional da presa

$$\frac{dX}{dt} = f(X)$$

Crescimento da presa sem predador

Y = densidade populacional do predador

Quantidade de presa consumida por 1 predador:

$$F(X,Y)$$

F(X) *Resposta funcional do predador*

Equação geral da presa

$$\frac{dX}{dt} = f(X) - \overbrace{F(X)\,Y}^{\text{Impacto global do predador}}$$

Impacto de 1 predador

Equação geral do predador

Crescimento do predador ← Quantidade de presa

Crescimento do predador ← Abundância do predador

$$\frac{dY}{dt} = \overbrace{\underbrace{G(X,Y)}_{\text{Crescimento de 1 predador}}\, Y}^{\text{Crescimento da pop. predadora}}$$

Resposta numérica do predador

Sistema presa-predador geral

$$\frac{dX}{dt} = f(X) - F(X)Y$$

$$\frac{dY}{dt} = G(X,Y)Y$$

Resposta funcional

Abundância (número, peso...) de presas que, em média, é consumida por 1 predador por unidade de tempo.

Quando presa é pouco abundante:

F(X)

X

Aumento linear de F(X)

Condicionantes da resposta funcional

Requisitos metabólicos por unidade tempo → <u>saciamento</u>

Tempo para capturar / matar / comer / digerir / repousar ... etc

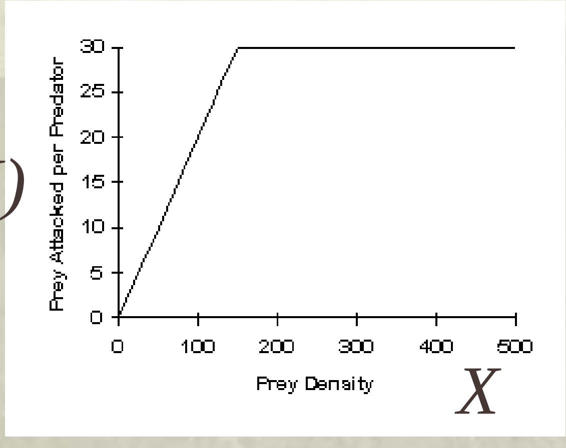
Como evolui F(X) com o aumento de X ?

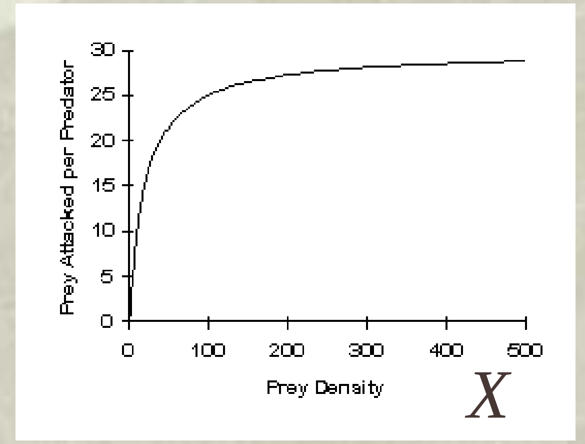
Holling, C.S. 1959. The components of predation as revealed by a study of small mammal predation of the European pine sawfly. *Canad. Entomol.* **91**: 293-320.
Holling, C.S. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Canad. Entomol.* **91**: 385-398.

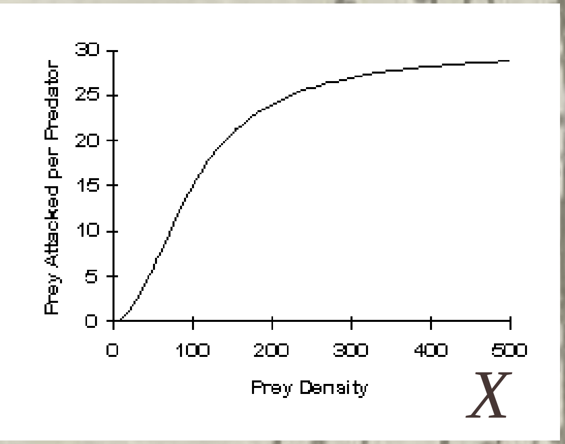
CS Holling

Tipos de resposta funcional, Holling 1959

F(X)



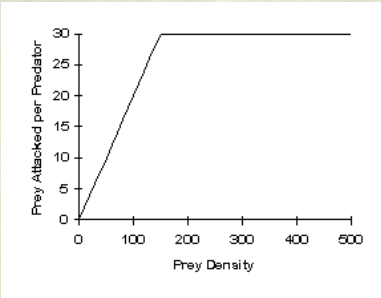




Tipo I
Linear

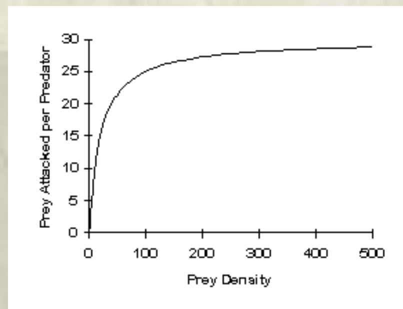
Tipo II
"disk equation"

Tipo III
"S-shaped"



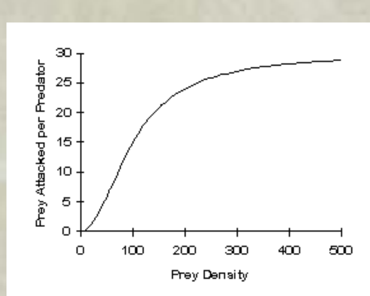
Comum em predadores passivos

$$\frac{F(X)}{X} = Constante\ (\text{até ao patamar})$$



Comum em muitos *taxa*

$$\frac{F(X)}{X} \quad Diminui\ com\ X$$



Predadores que mudam
Predadores que "aprendem"

$$\frac{F(X)}{X} \quad Inicialmente\ aumenta$$

Maior capacidade p/ regular a presa

Resposta numérica

Crescimento da população de predadores, por predador, por unidade de tempo.

$$G(X,Y) = -d + hF(X)$$

Na ausência de presa, o predador morre c/ taxa constante

Taxa de conversão de presa consumida em crescimento de predador

Eq. do predador:

$$\frac{dY}{dt} = \left[-d + hF(X)\right]Y$$

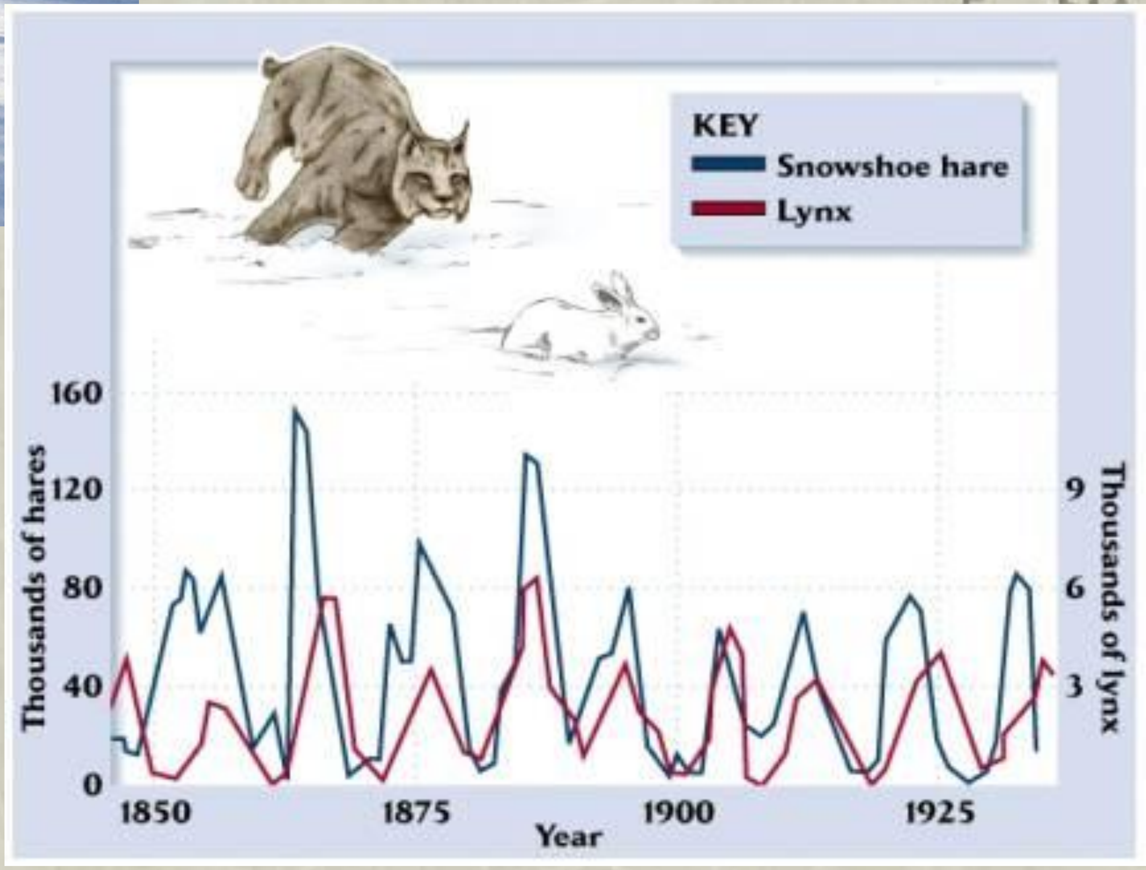
Resposta numérica 'logística'

$$G(X,Y) = r_Y\left(1 - \frac{Y}{mF(X)}\right)$$

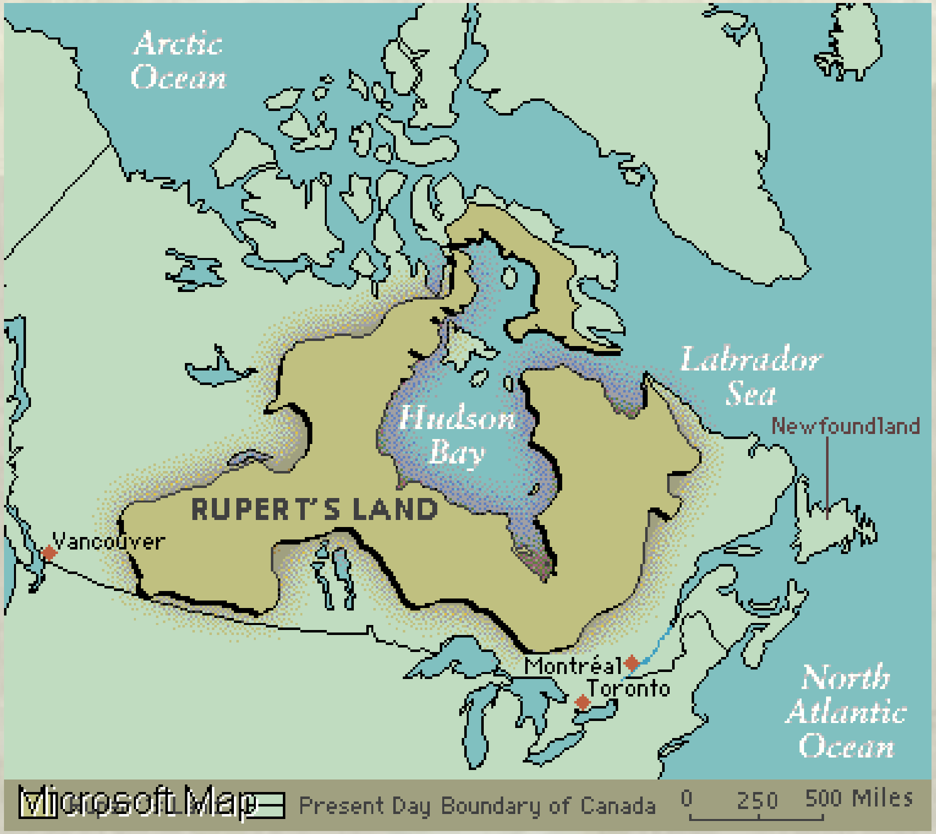
Taxa de 'conversão' de presa consumida em K de predador

Eq. do predador: $$\frac{dY}{dt} = rY\left(1 - \frac{Y}{mF(X)}\right)$$

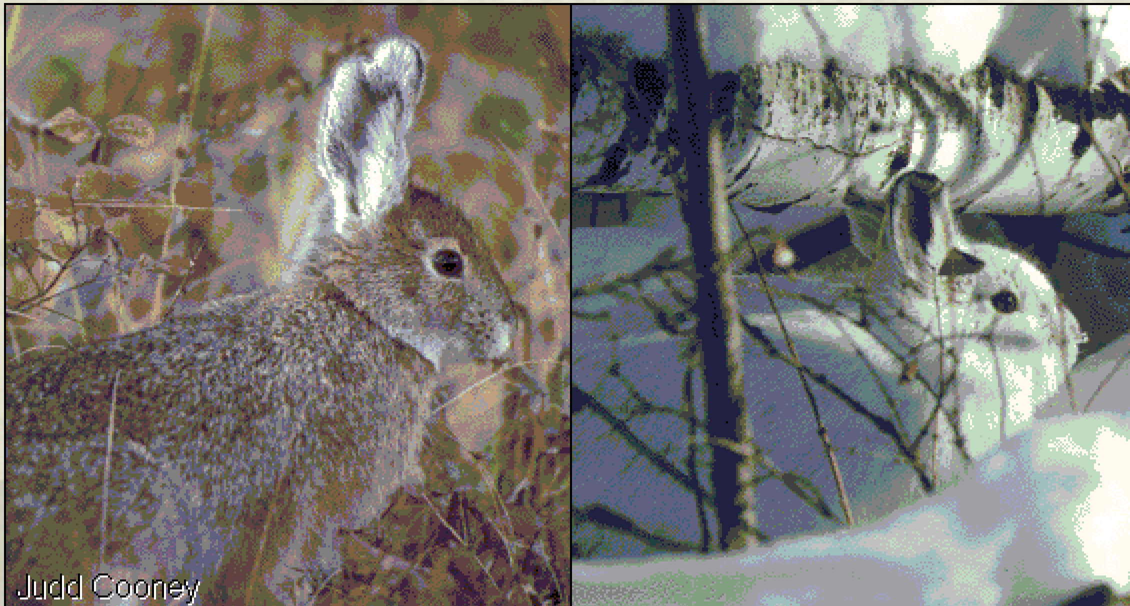
Ciclos presa-predador



Território atribuído à Hudson Bay Cª,
1670, por Carlos II de Inglaterra



Distribuição geográfica do lince



Os nossos modelos conseguem reconstituir estes ciclos ?

Um sistema presa-predador simples

$$\frac{dX}{dt} = f(X) - F(X)Y$$

$$\frac{dY}{dt} = G(X,Y)Y$$

$$f(X) = rX$$ *Crescimento exponencial da presa*

$$F(X) = \mu X$$ *Resposta funcional Tipo I*

$$G(X) = -d + h\mu X$$

Sistema presa-predador de Lotka-Volterra

$$\frac{dX}{dt} = rX - \mu XY$$

$$\frac{dY}{dt} = -dY + h\mu XY$$

Alfred Lotka, 1880-1949

Lotka, A. J. 1925. *Elements of physical biology.* Baltimore: Williams & Wilkins Co.
Volterra, V. 1926. Variazioni e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi. *Mem. R. Accad. Naz. dei Lincei. Ser. VI, vol. 2.*

Vito Volterra, 1860-1940

Dedução das nulclinas (= isoclinas)

$$\frac{dX}{dt} = rX - \mu XY$$

$$\frac{dY}{dt} = -dY + h\mu XY$$

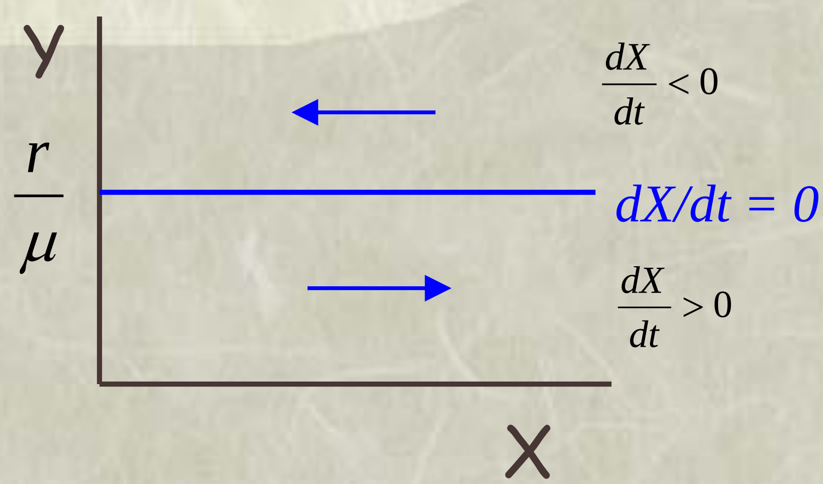
$$\frac{dX}{dt} = 0 \quad \text{se} \quad rX - \mu XY = 0 \Rightarrow \boxed{Y^* = \frac{r}{\mu}}$$

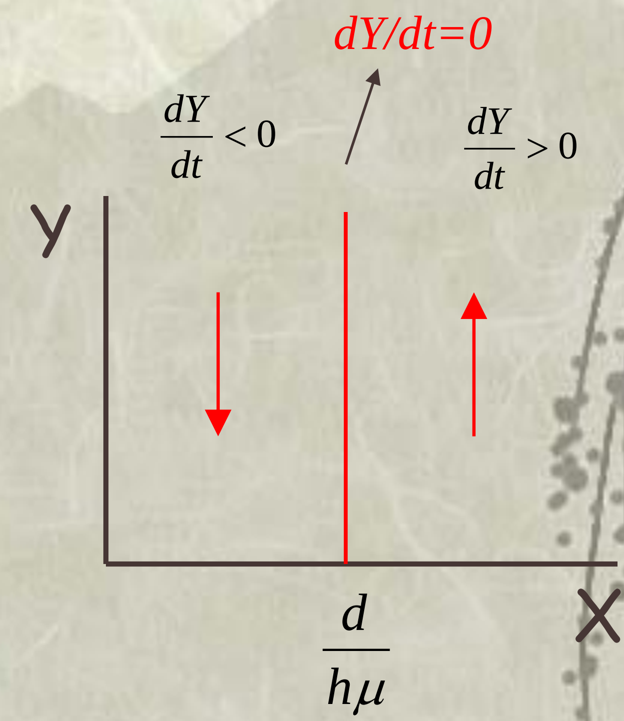
Nulclina de X

$$\frac{dY}{dt} = 0 \quad \text{se} \quad -dY + h\mu XY = 0 \Rightarrow \boxed{X^* = \frac{d}{h\mu}}$$

Nulclina de Y

Nulclinas em espaço de fase

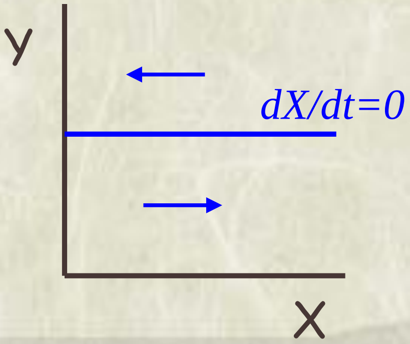


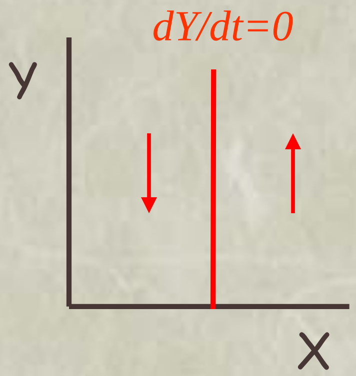


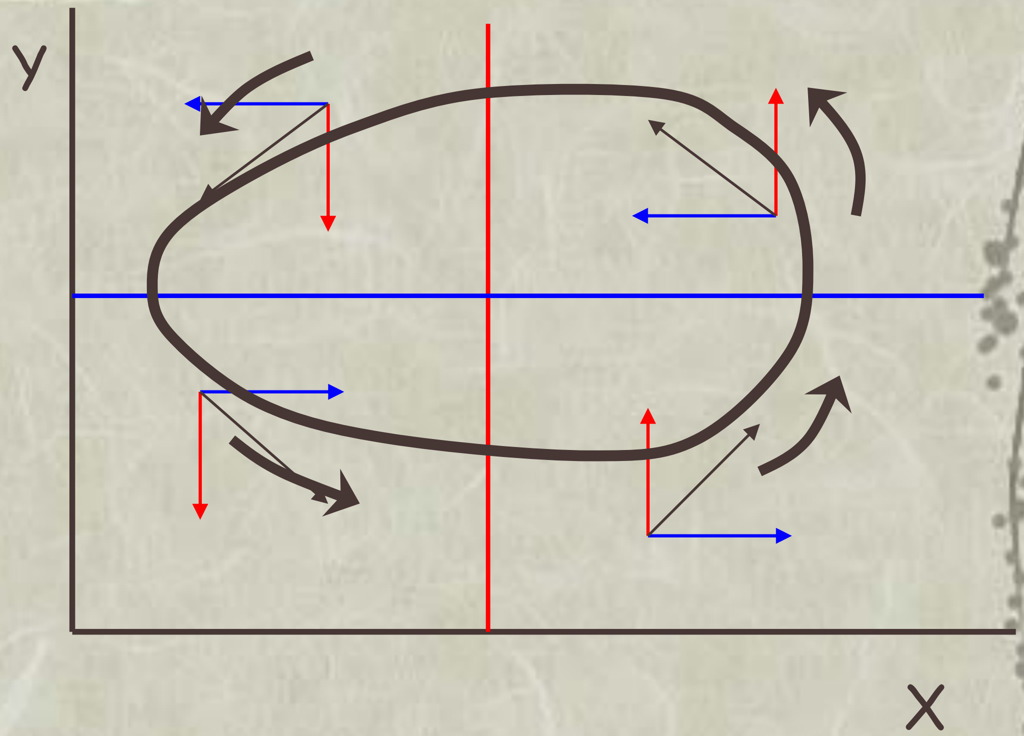
nulclina da presa

nulclina do predador

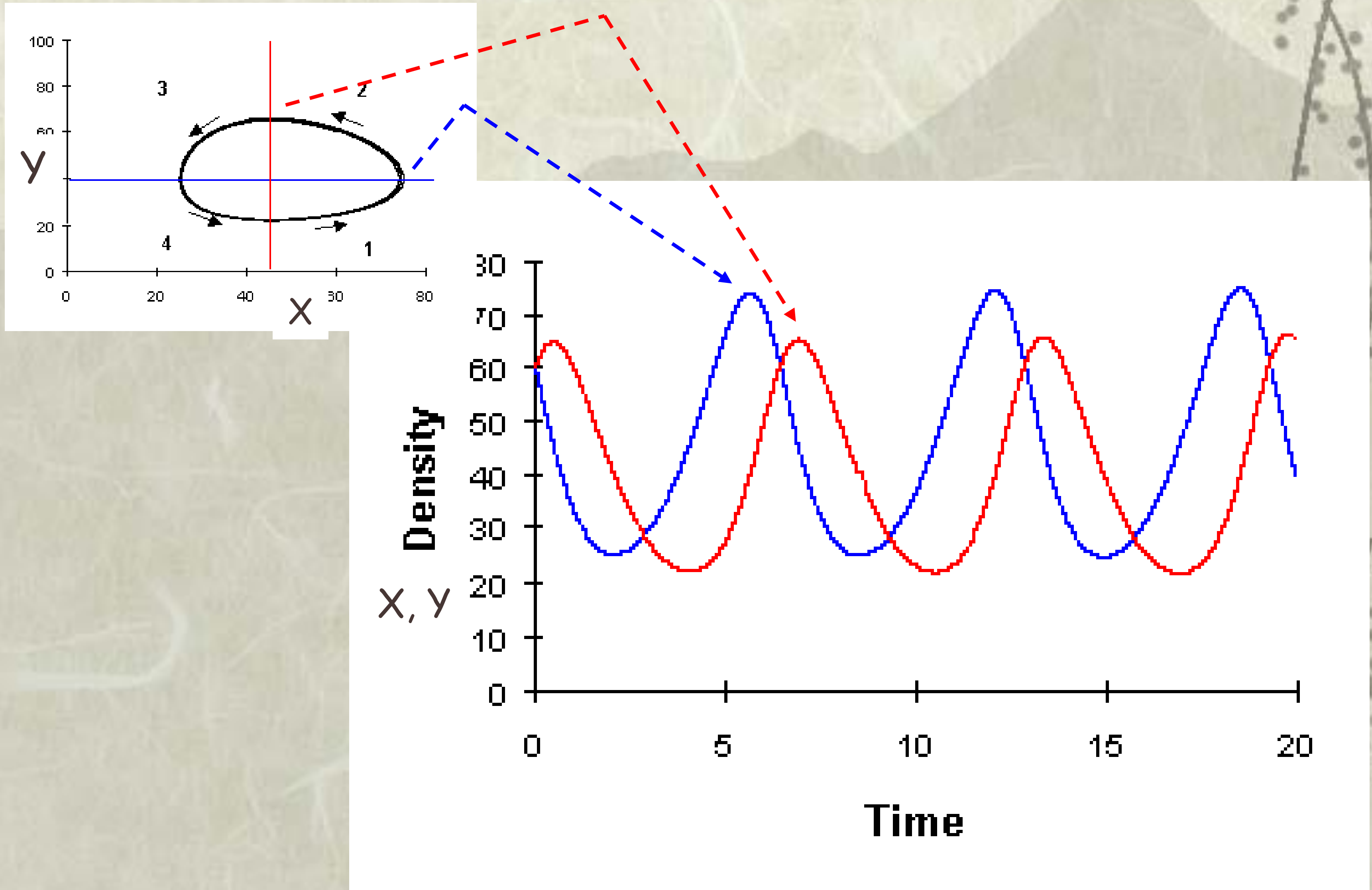
Análise gráfica



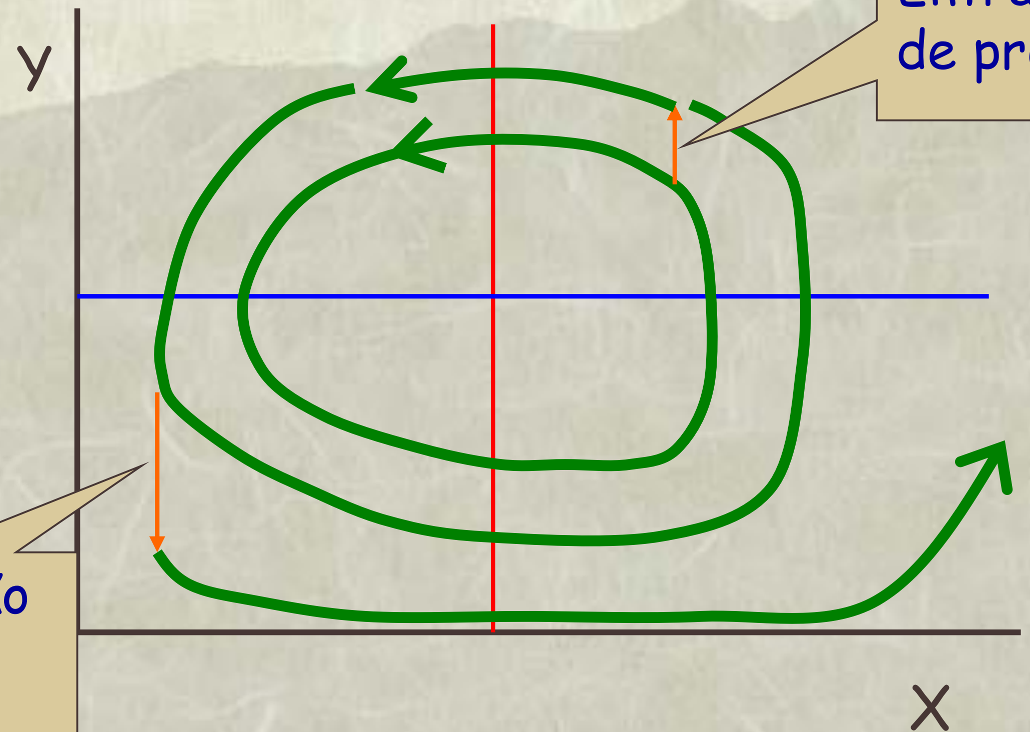




Oscilações na série temporal



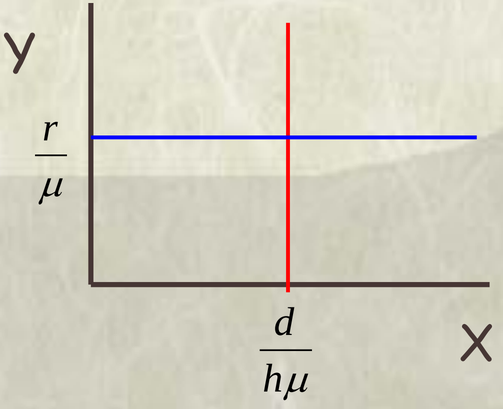
Ciclo neutralmente estável



Perturbação nº 1: Entrada dum grupo de predadores

Perturbação nº 2: saida dum grupo de predadores

Efeito de Volterra



Densidade média da presa, $X_m = \dfrac{d}{h\mu}$

Densidade média predador, $Y_m = \dfrac{r}{\mu}$

Efeito dum insecticida generalista: $d \uparrow$ $r \downarrow$

A prazo: X aumenta, Y diminui !

A presa autoregula-se

$$\frac{dX}{dt} = f(X) - F(X)Y$$

$$\frac{dY}{dt} = G(X,Y)Y$$

$$f(X) = rX\left(1 - \frac{X}{K}\right)$$ *Eq. logistica da presa*

$$F(X) = \mu X$$ *Resposta funcional Tipo I*

$$G(X) = -d + h\mu X$$

Lotka-Volterra com regulação da presa

$$\frac{dX}{dt} = rX\left(1 - \frac{X}{K}\right) - \mu\, XY$$

$$\frac{dY}{dt} = -dY + h\mu\, X$$

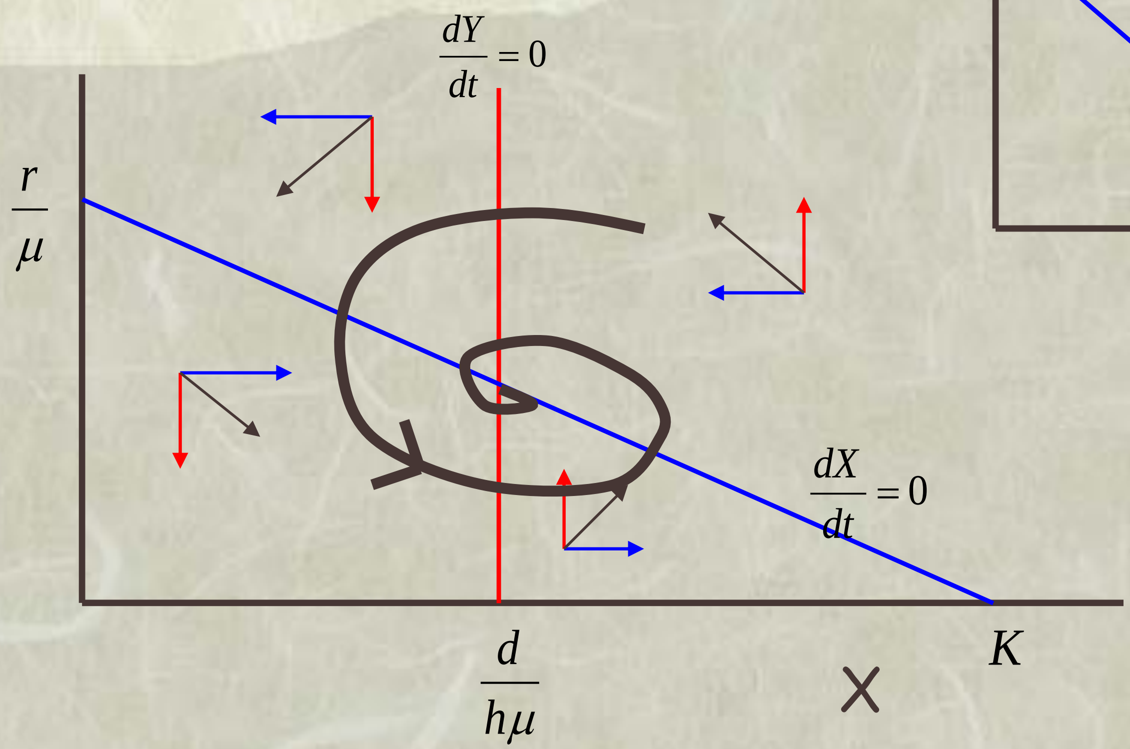
$$r\, X\left(1 - \frac{X}{K}\right) = \mu\, XY \quad \therefore \quad Y^{*} = \frac{r}{\mu} - \frac{r}{\mu\, K}\, X$$

Nulclina de X

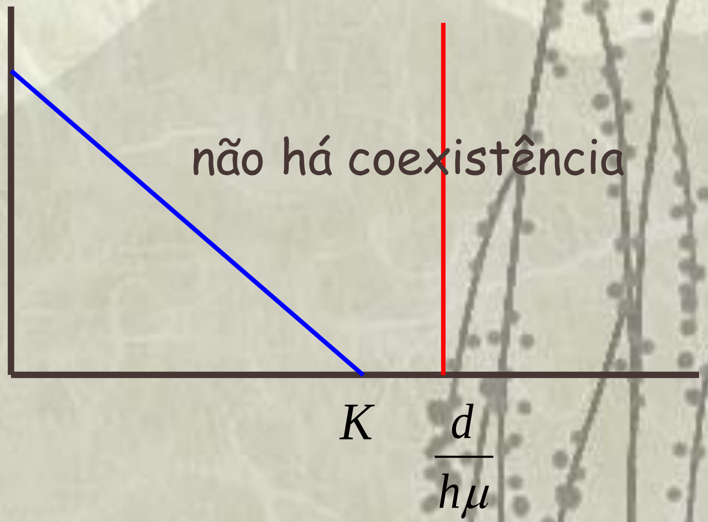
$$\frac{dY}{dt} = 0 \quad se \qquad X^{*} = \frac{d}{h\mu}$$

Nulclina de Y

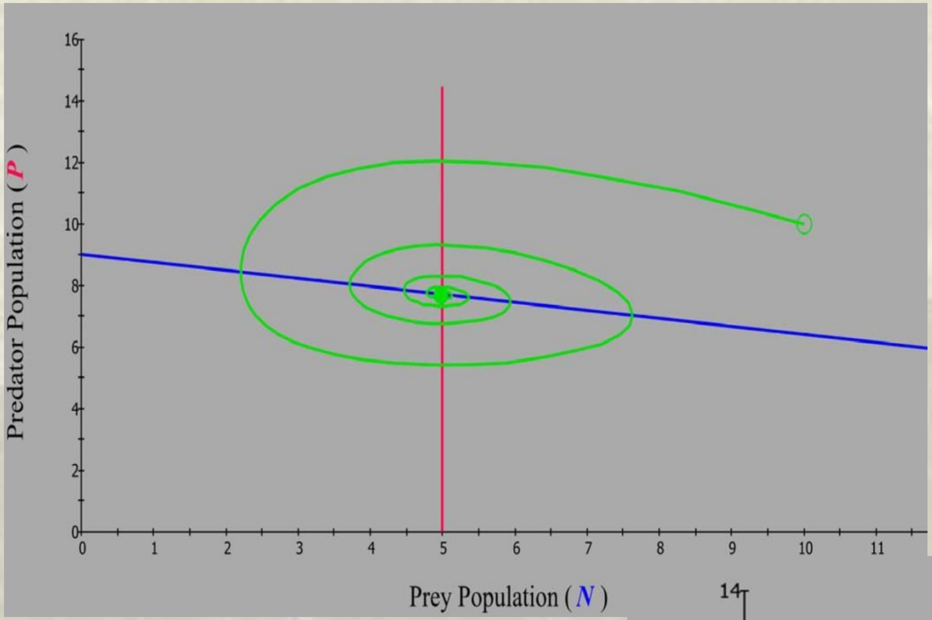
Análise gráfica

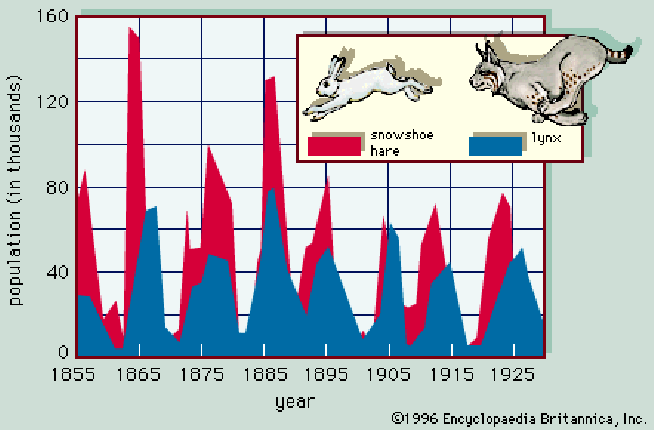


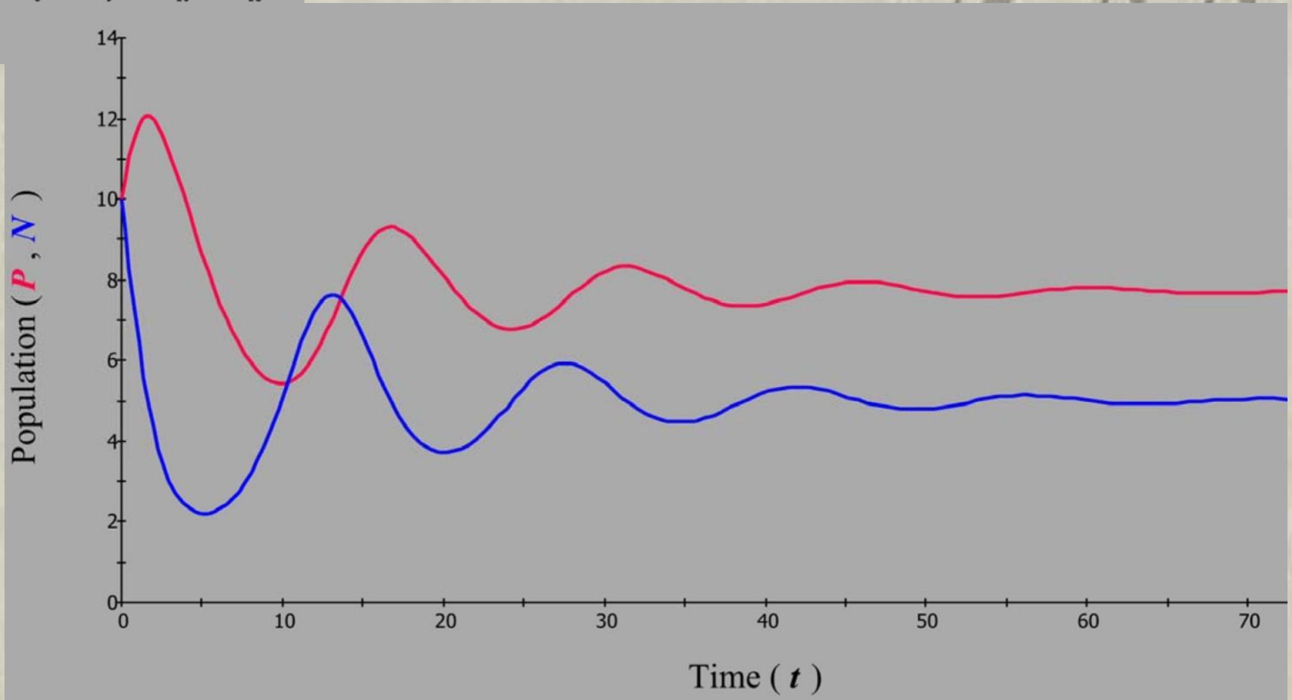
Se K < $\frac{d}{h\mu}$



Dinâmica

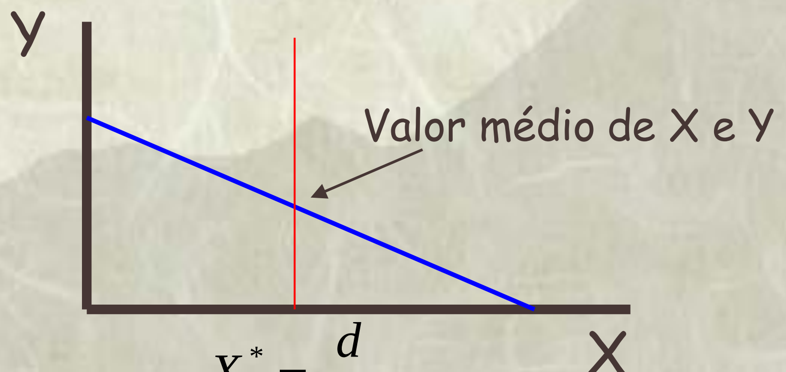

Predator Population (P)
Prey Population (N)


population (in thousands)
snowshoe hare
lynx
year
©1996 Encyclopaedia Britannica, Inc.


Population (P , N)
Time (t)

O efeito Volterra aplica-se ?

$$Y^* = \frac{r}{\mu} - \frac{r}{\mu K} X$$



$$X^* = \frac{d}{h\mu}$$

$$Y^* = \frac{r}{\mu}\left(1 - \frac{d}{Kh\mu}\right)$$

$$X^* = \frac{d}{h\mu}$$

Insecticida causa:

$r \downarrow$ $d \uparrow$

Efeito de Volterra
Y^* desce a prazo
X^* sobe a prazo

Conclusões e aperfeiçoamentos

- Estreita ligação entre dinâmica de presa e predador
  => grande propensão para oscilações sincronizadas

- X^* e Y^* dependem de parâmetros da outra população
  => consequências contraintuitivas (e.g. Efeito de Volterra, "paradoxo do enriquecimento")

Estabilização da interação com:

Introdução de resposta funcional mais realista
Interferência entre predadores, i.e., F(X, Y) em vez de F(X)
Heterogeneidade espacial (modelos complexos)

Resposta funcional mais realista

$$\frac{dX}{dt} = f(X) - F(X)\,Y$$

$$\frac{dY}{dt} = G(X,Y)\,Y$$

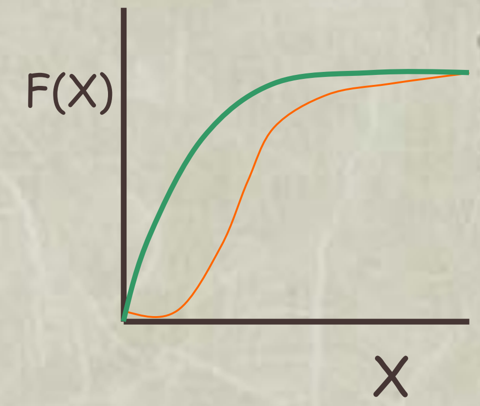
$$f(X) = r\,X\left(1-\frac{X}{K}\right)$$

Eq. logistica da presa

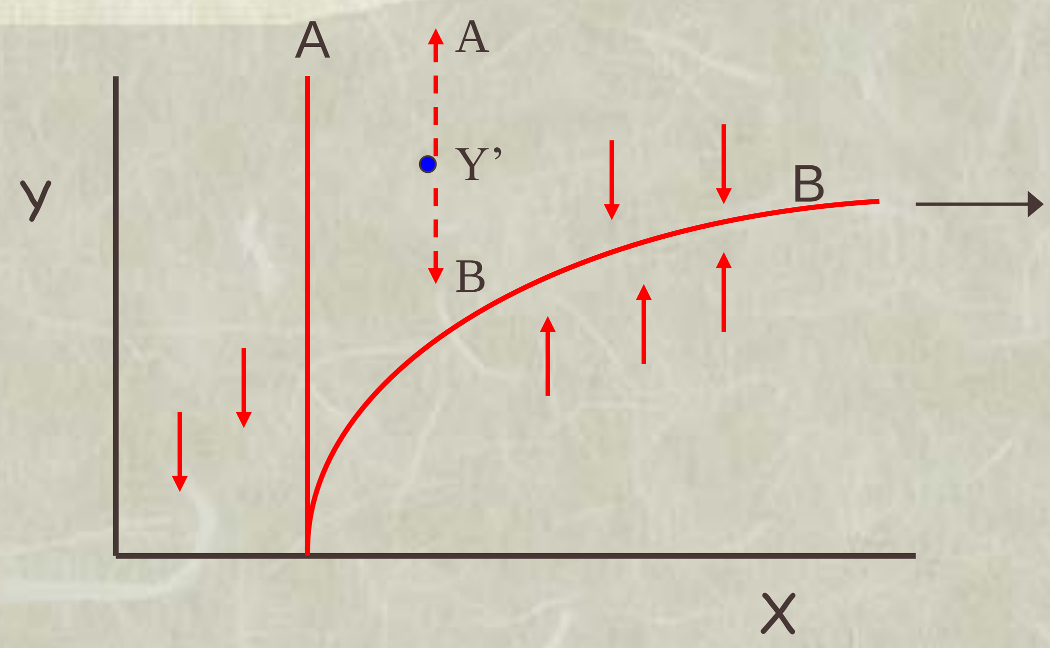
$$\cancel{F(X) = \mu X}$$

Resposta funcional mais realista

$$G(X) = -d + h\mu\,X$$

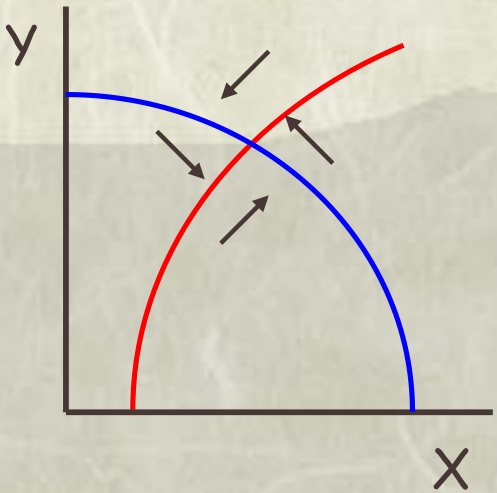


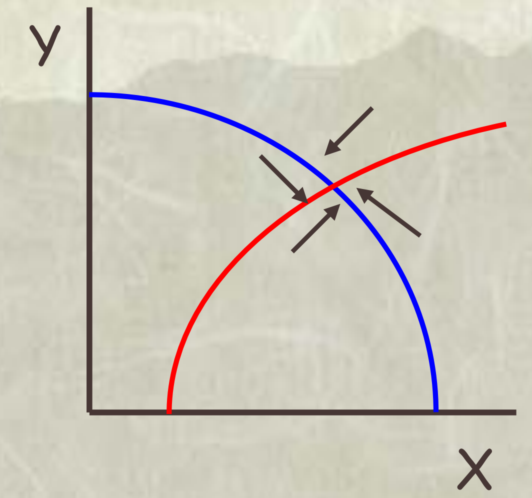
Maior realismo na isoclina do predador

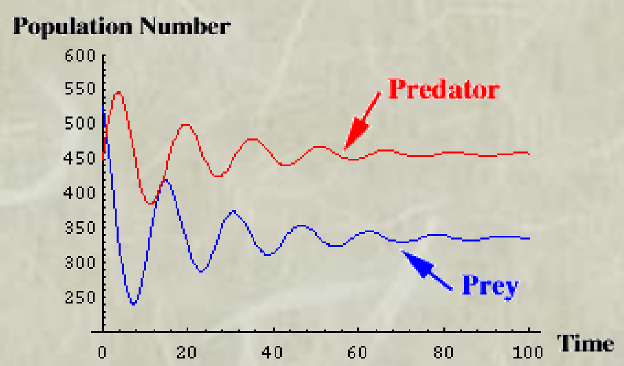


Isoclina que considera competição interespecífica no predador

A autoregulação do predador determina as oscilações do sistema



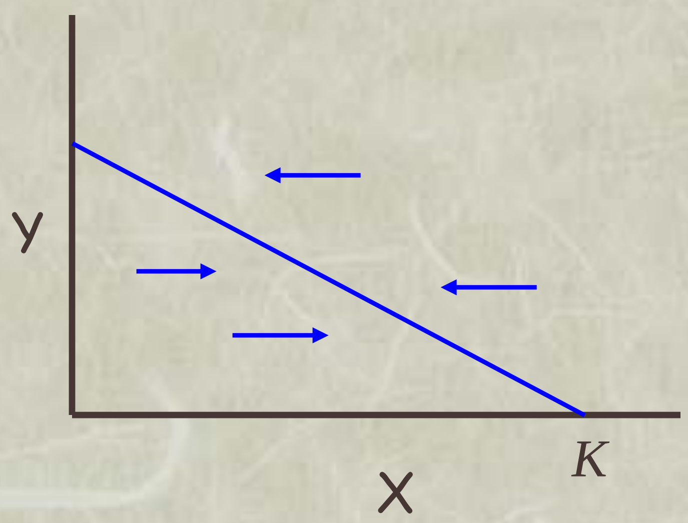




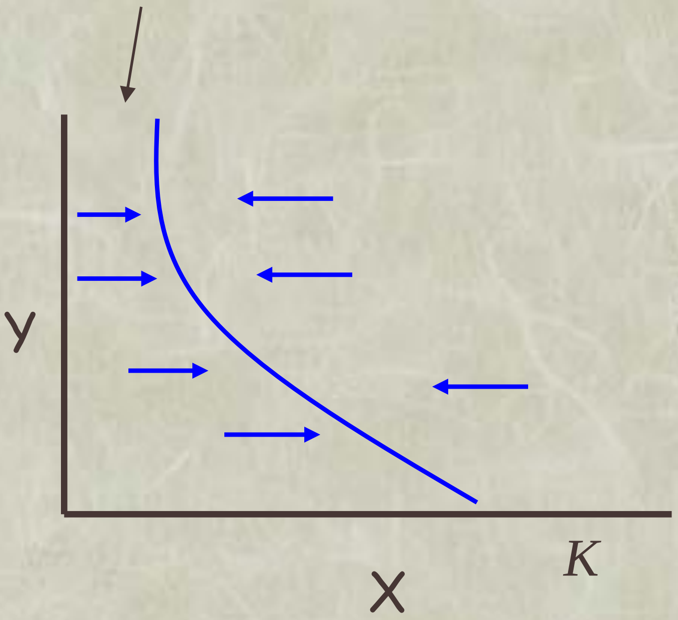
tempo

Refúgios !

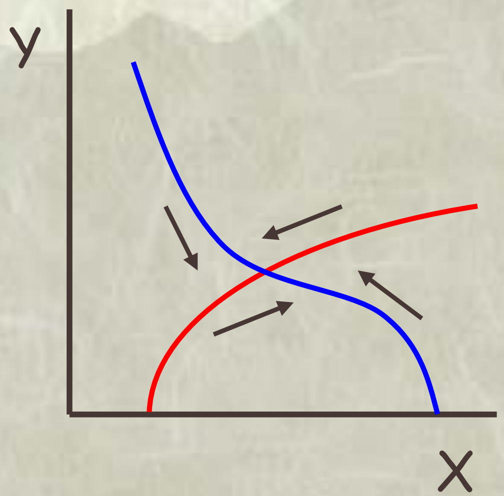
Lotka-Volterra c/
autoregulação da presa

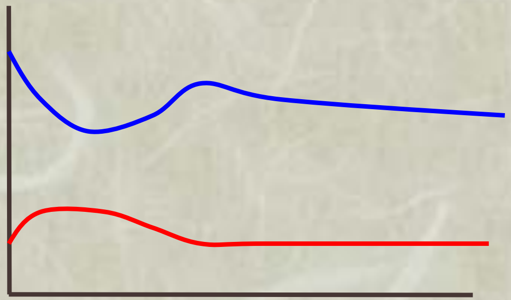


Refúgios



Autoregulação do predador e refúgios da presa





tempo