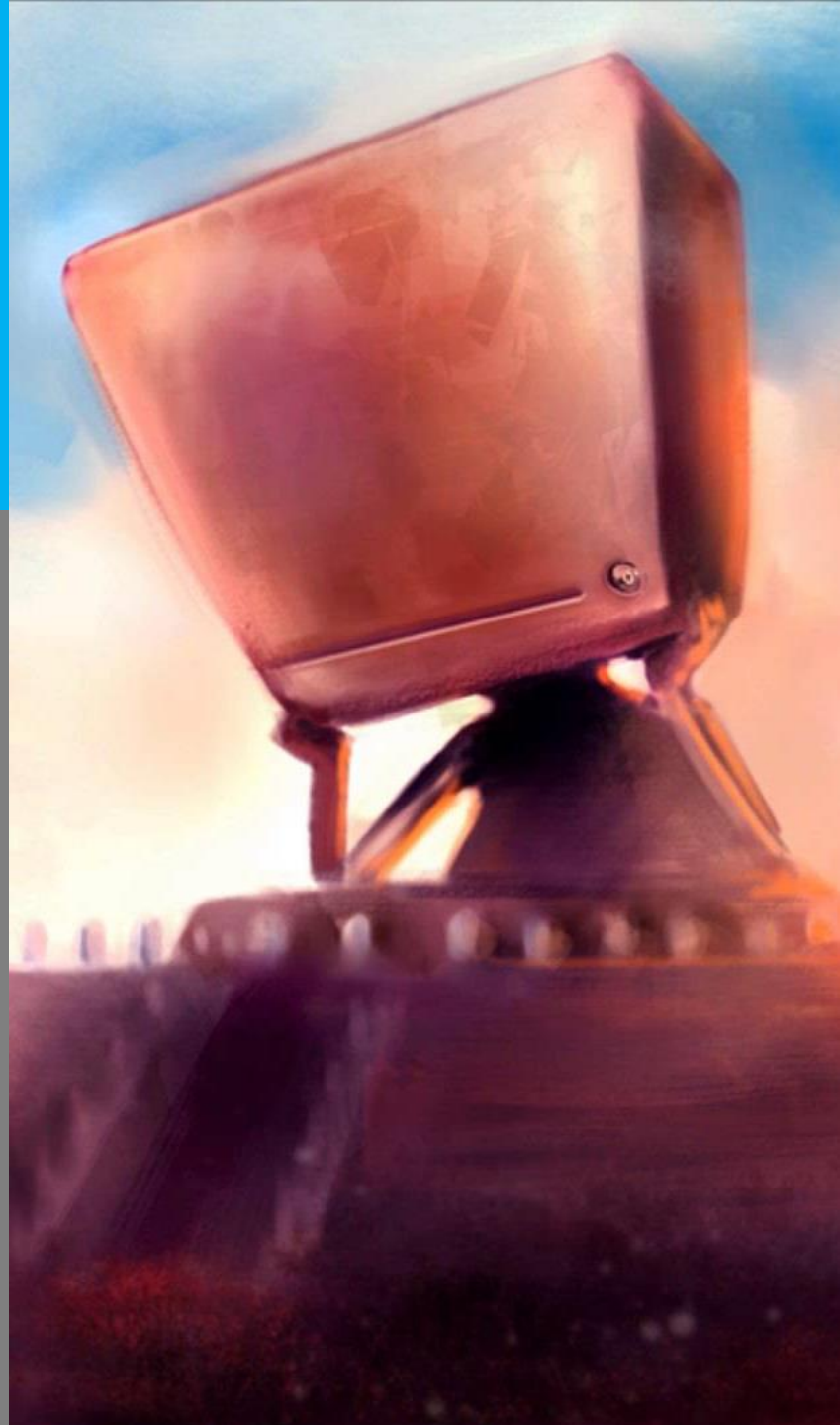


Aula 1 – Introdução

Curso de simulações
em linguagem R

Danilo G Muniz



Uma pequena prática para aquecer os miolos...









???????

O que é um modelo?

O que é um modelo?

Reprodução simplificada e/ou em menor escala de um objeto real



Diferentes tipos de modelos na biologia...

Modelo verbal:

Conjunto de proposições sobre as características de um sistema biológico

Modelo matemático:

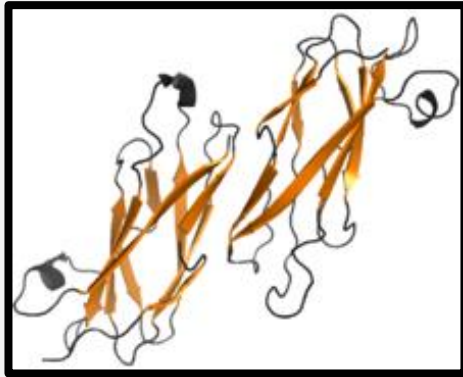
Conjunto de expressões matemáticas que reproduz características de um sistema biológico

Modelo computacional:

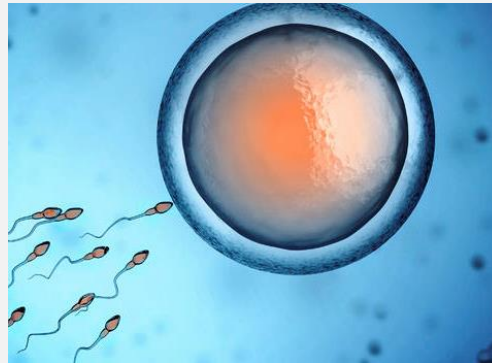
Programa de computador que reproduz características de um sistema biológico

Sistema biológico?

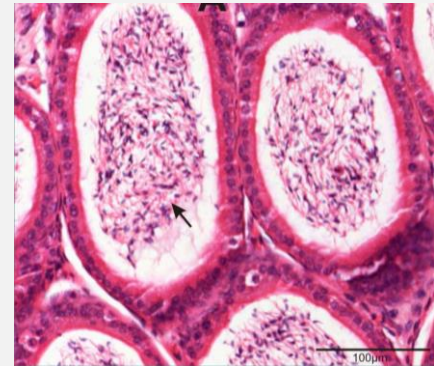
Molécula



Célula



Tecidos e órgãos



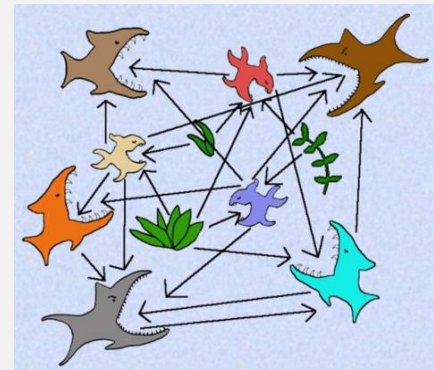
Indivíduo



População



Comunidade



Pra que serve um modelo?

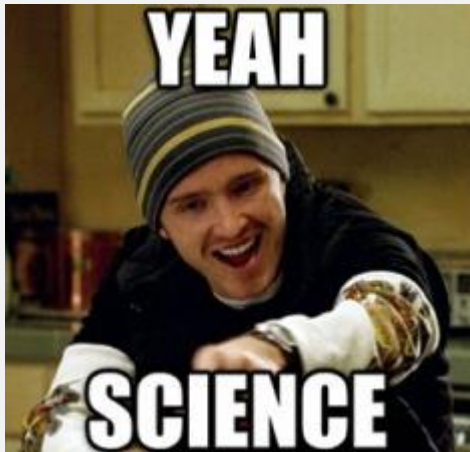


Pra que serve um modelo?

Previsões

Previsões científicas

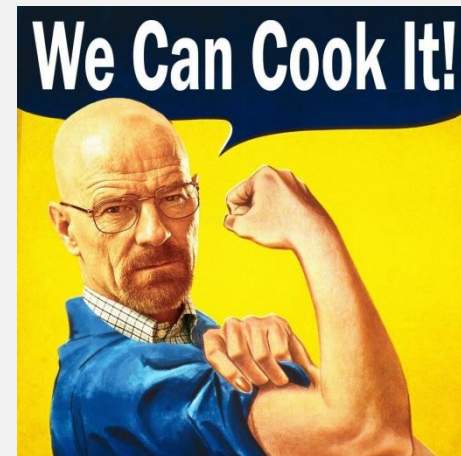
Previsões (testáveis)
associadas a uma teoria
científica



Previsões

Previsões práticas

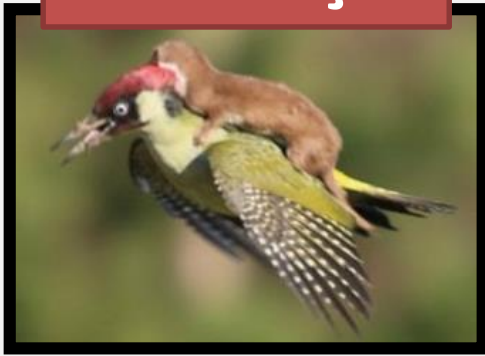
Informação para tomada de
decisão



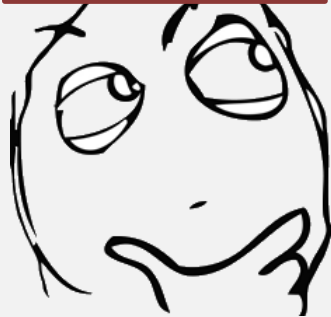
Previsões?

Método hipotético-dedutivo

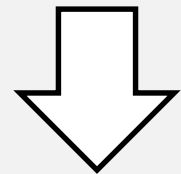
Observação



Pergunta



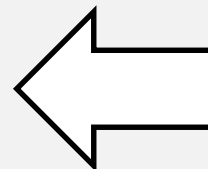
Hipótese



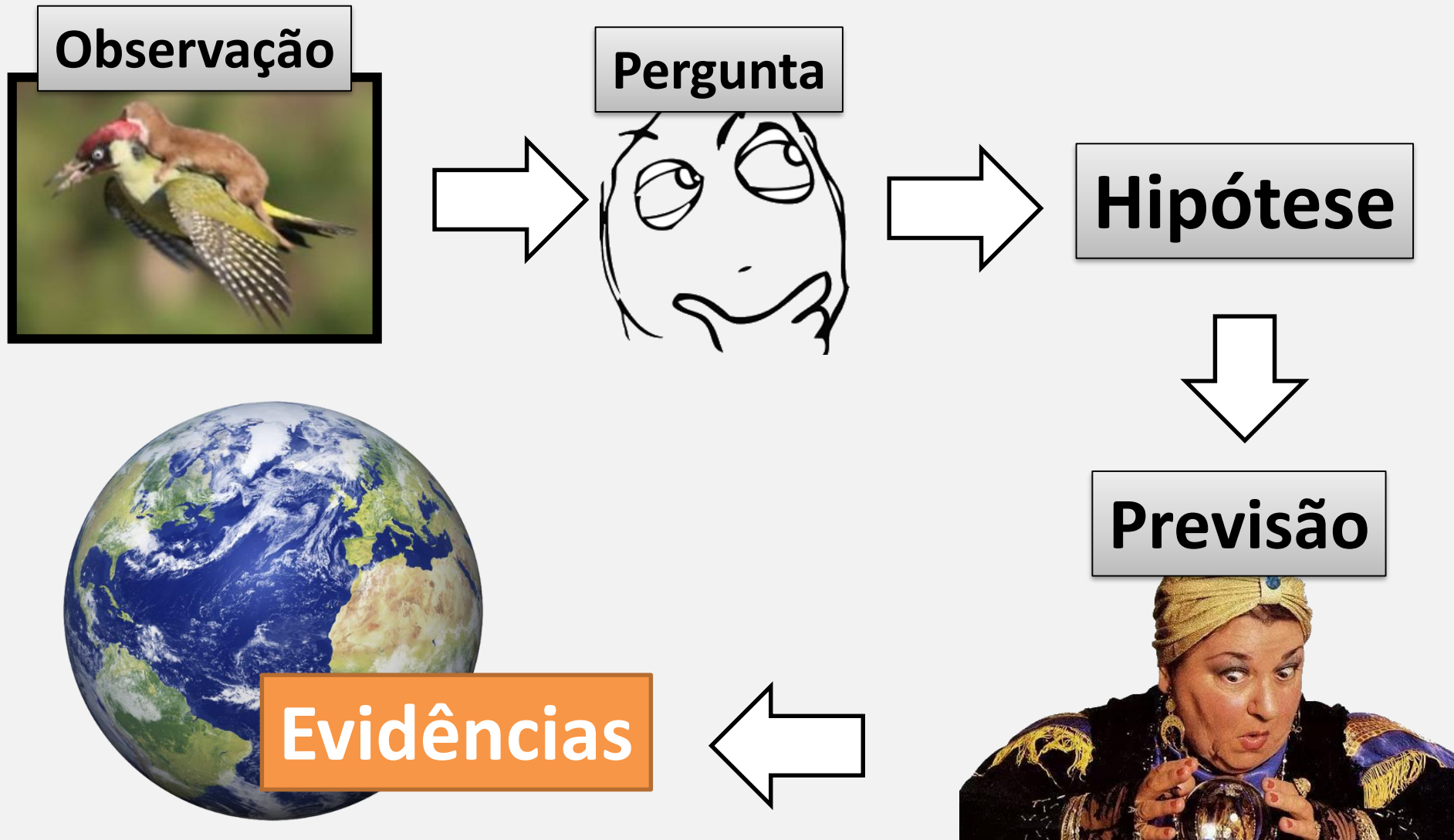
Previsão



Evidências



Trabalho científico empírico

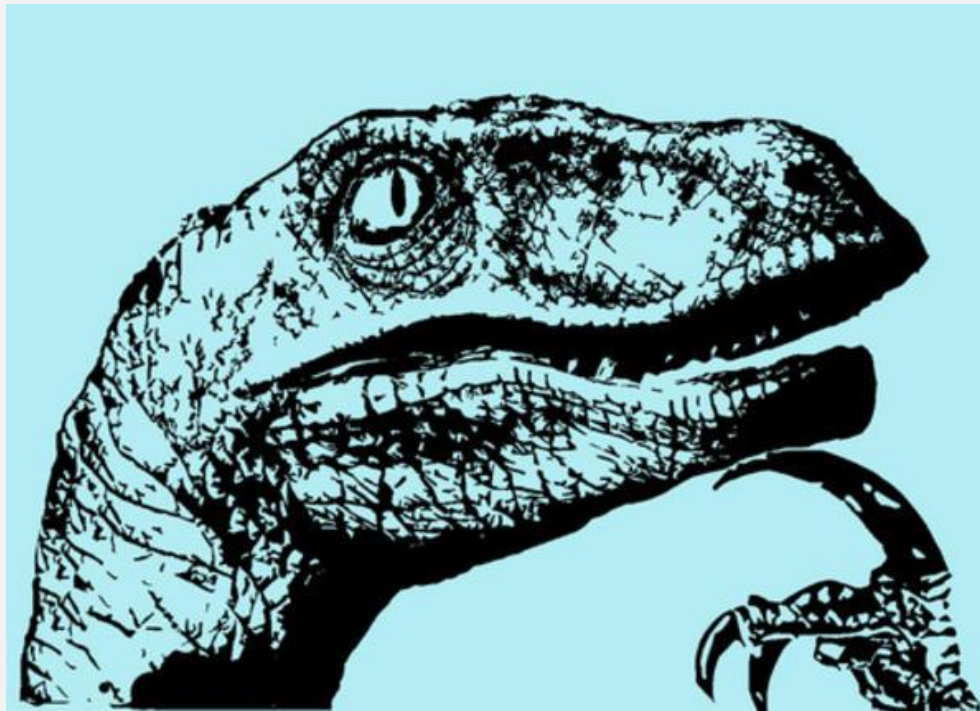


Trabalho científico de modelagem



Quais tipos de perguntas que podemos responder?

- Perguntas do tipo “E se?”
- Perguntas do tipo “Será mesmo?”



Um exemplo de um grande “E se?”

Modelo “predador presa” de Lotka-Volterra

Alfred J. Lotka

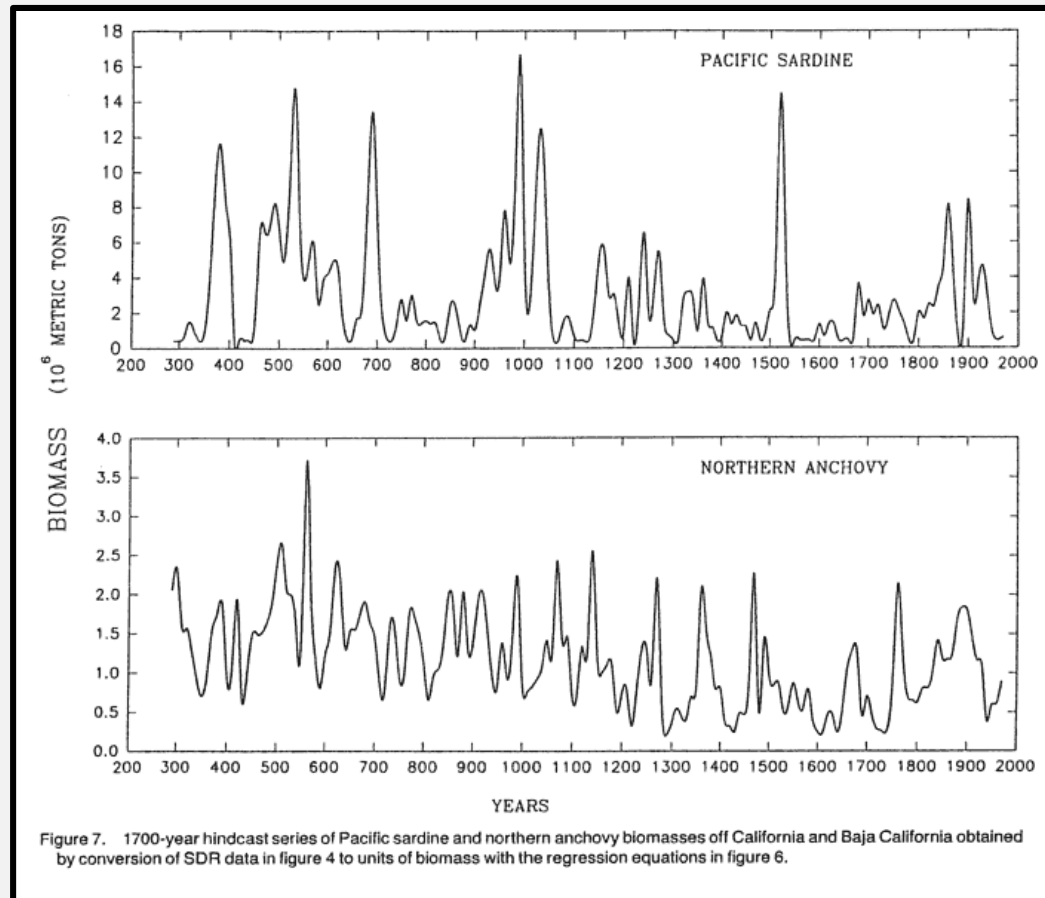


Vito Volterra



A observação original

Populações variam “sem razão aparente”



E se tivermos predadores e presas?

- Premissas básicas
 - Predadores e presas se reproduzem
 - Predadores morrem (de morte morrida)
 - Predas são mortas pelo predador



Modelo predador-presa

$$\frac{dV}{dt} = r V - \alpha V P$$

r – taxa de crescimento intrínseco da presa (vítima)

α – eficiência de captura

$$\frac{dP}{dt} = \beta \alpha V P - \mu P$$

β – predadores produzidos por presa capturada

μ – mortalidade intrínseca do predador

Vamos ver “o que acontece”

$$\frac{dV}{dt} = r V - \alpha V P$$

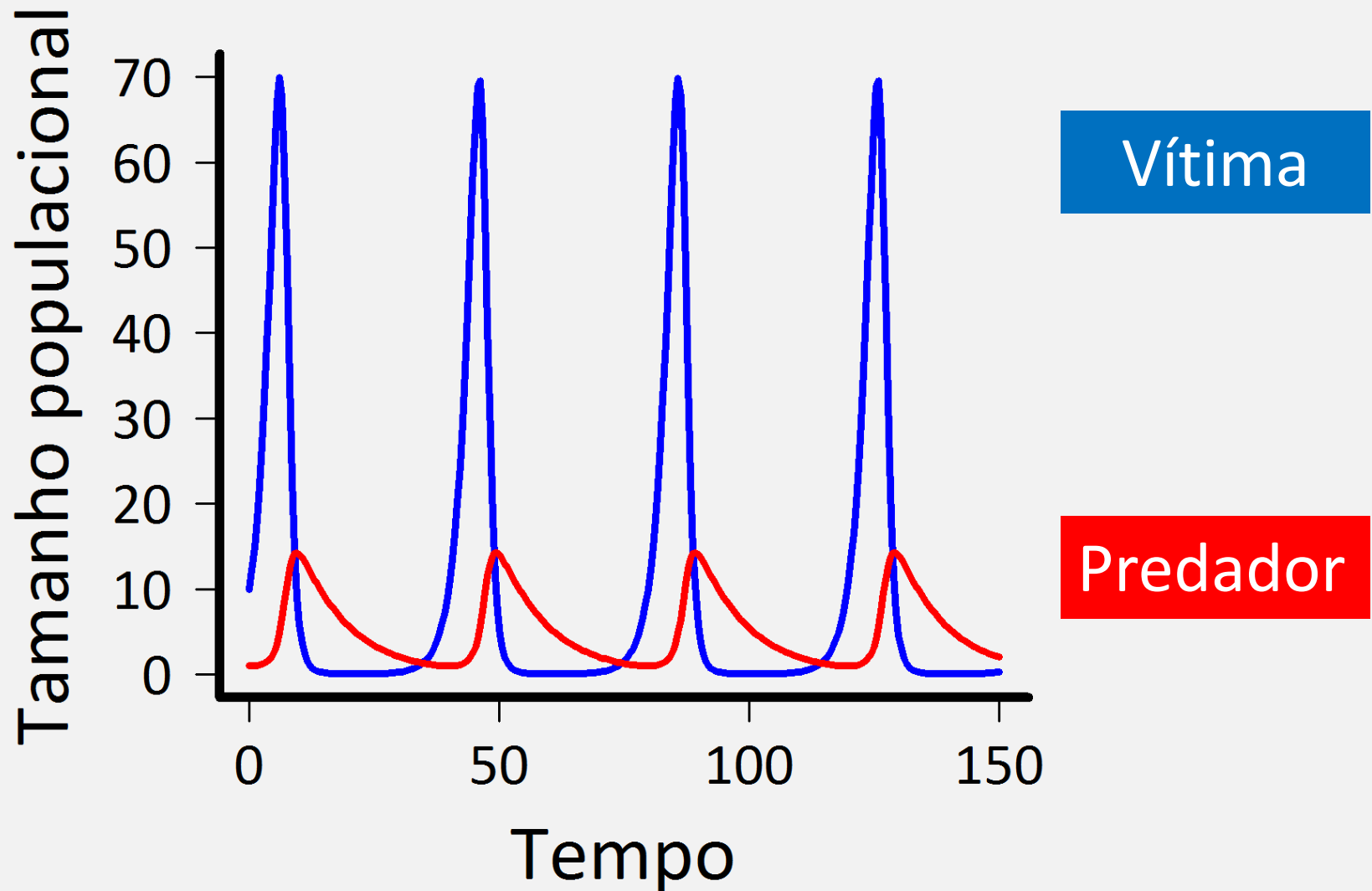
$$\frac{dP}{dt} = \beta \alpha V P - \mu P$$



Valores de
parâmetros

Condições
iniciais

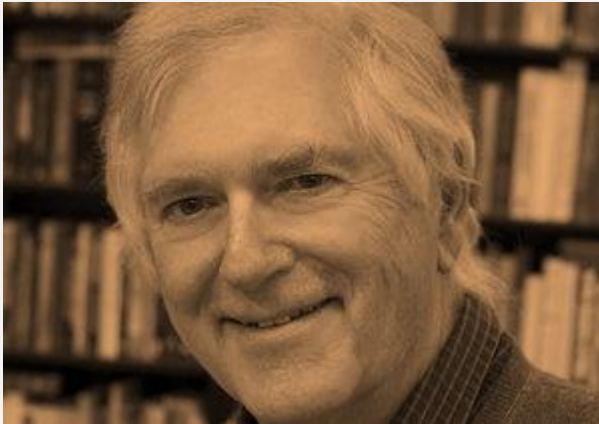
Predador presa – solução numérica



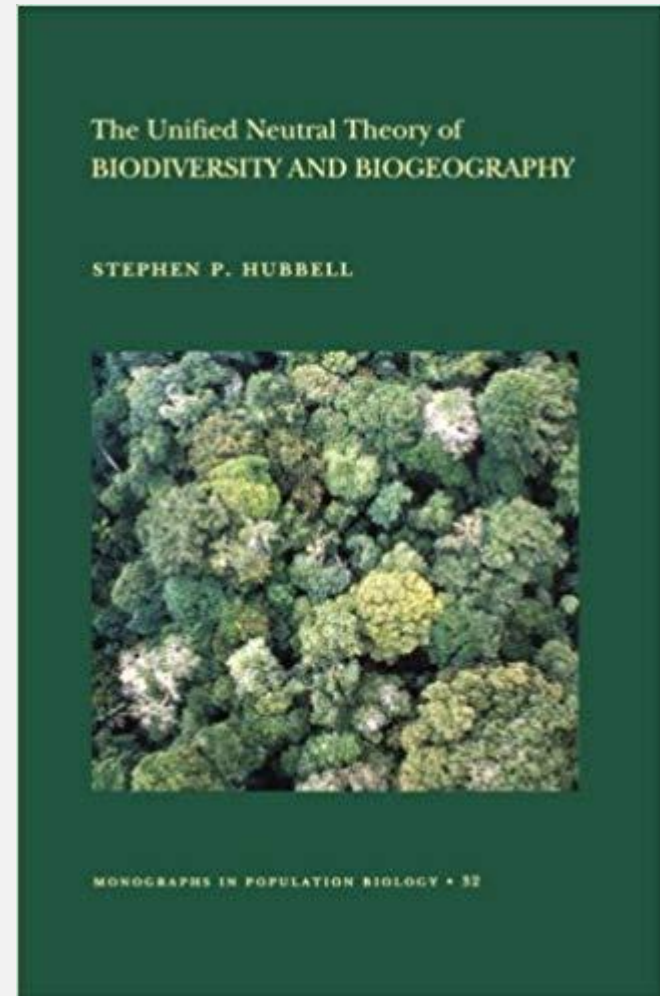


Um exemplo de “Será mesmo?”

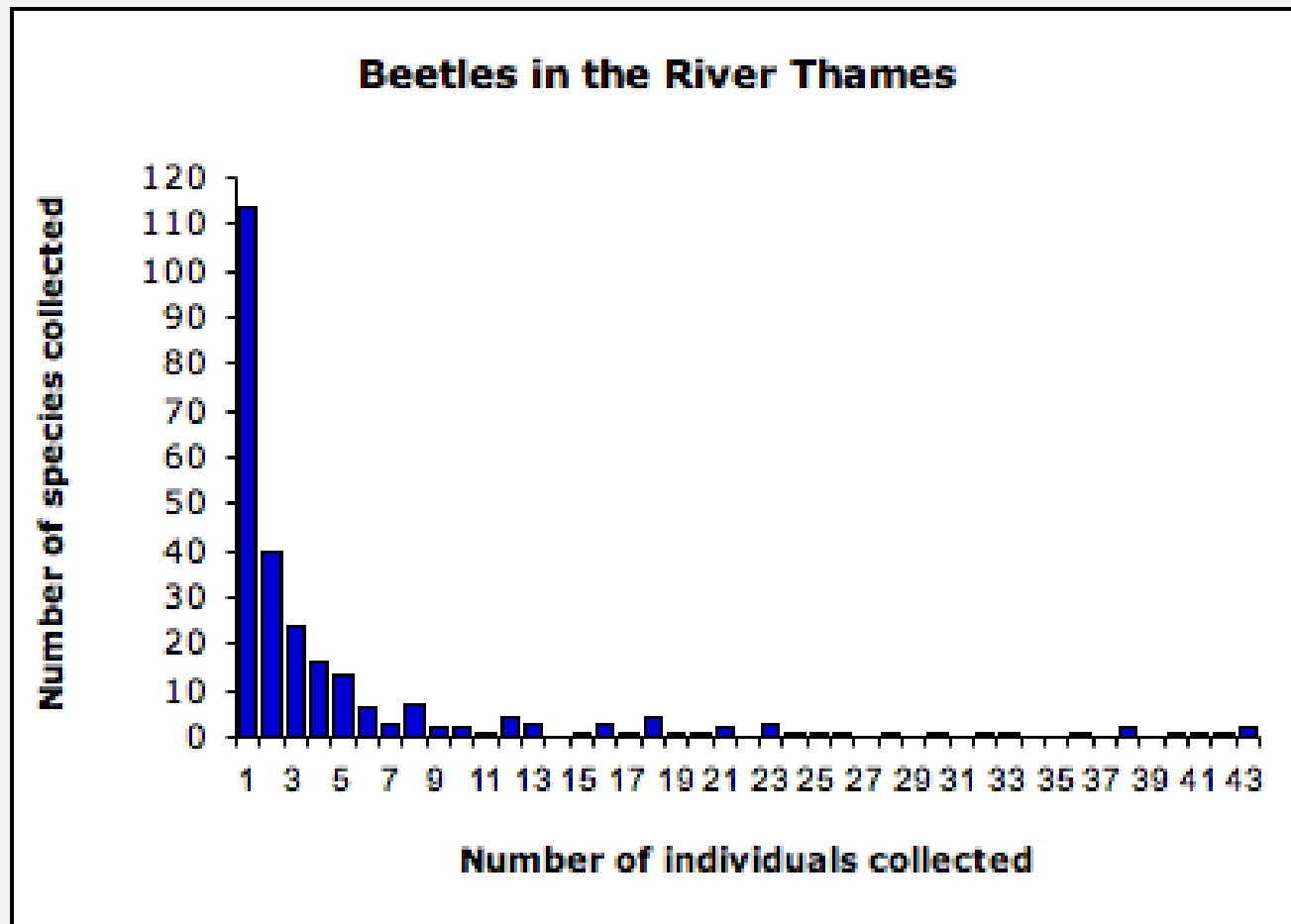
Teoria neutra da biodiversidade



Stephen Hubbell

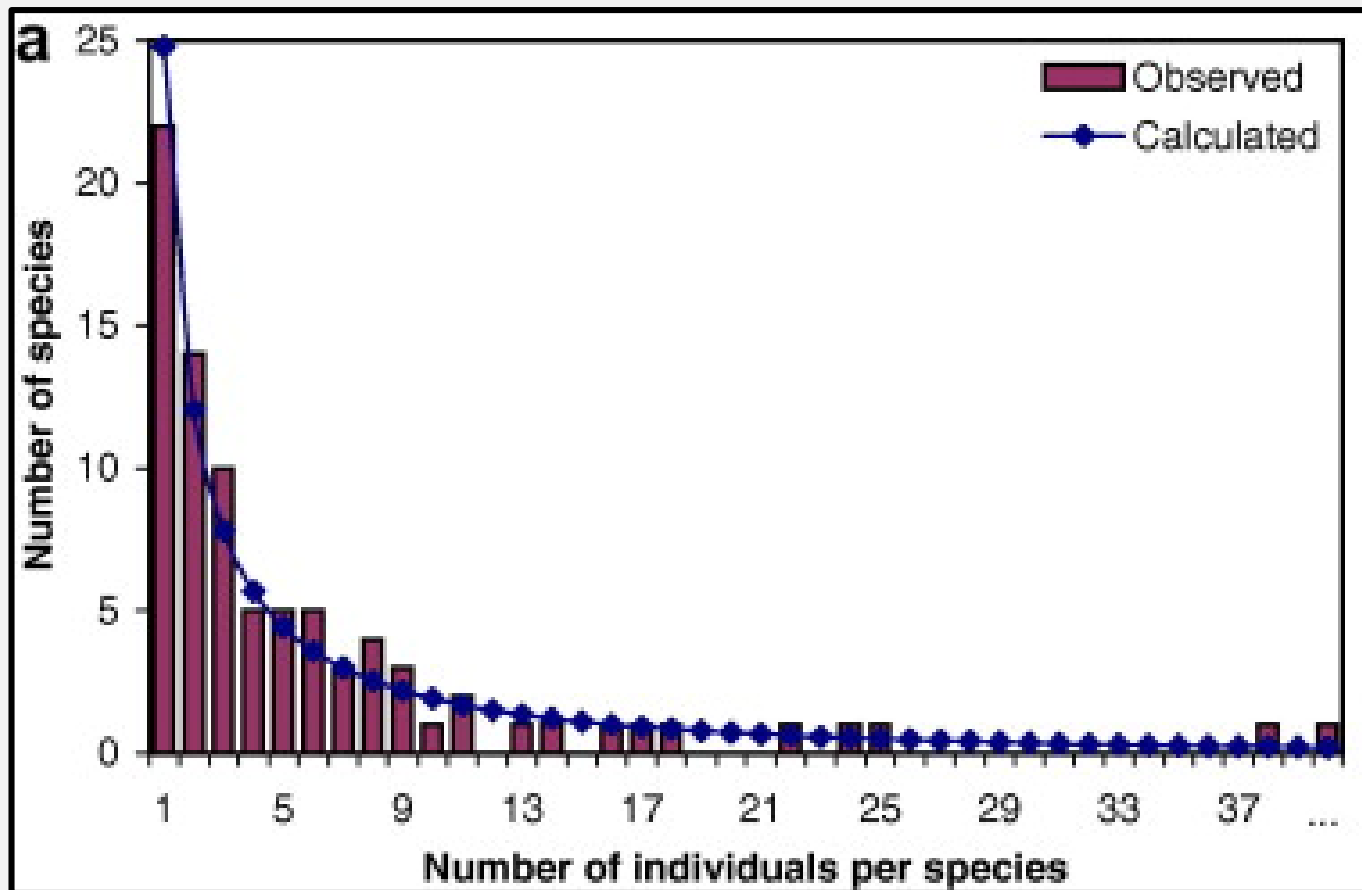


Distribuições de abundância de espécies



Distribuições de abundância de espécies

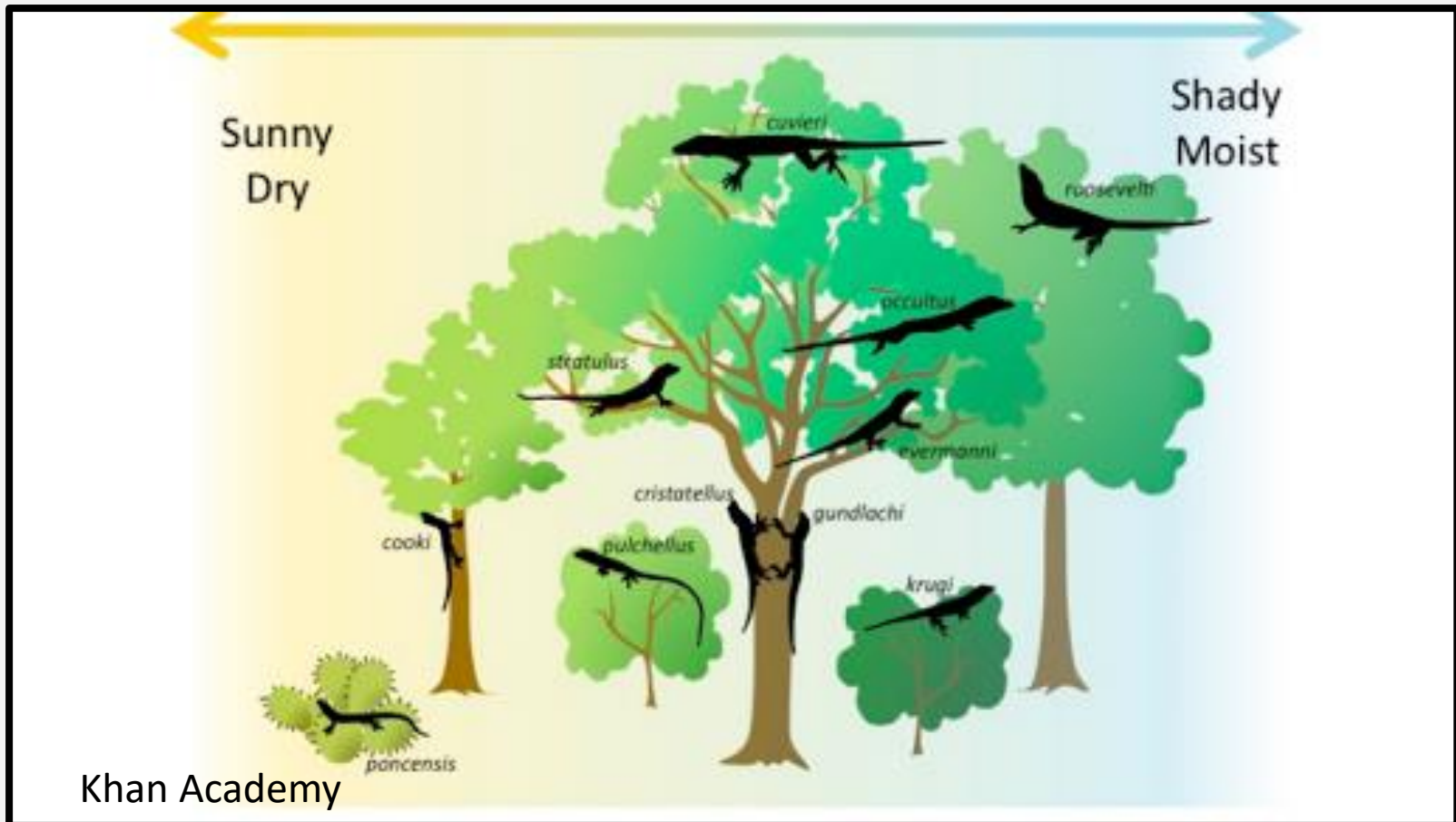
Borboletas frugívoras do equador



Devaurs, D., & Gras, R. (2010). Species abundance patterns in an ecosystem simulation studied through Fisher's logseries. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 18(1), 100-123.

Por que sempre essa forma?

“Repartição de nicho”



Eis que chega Hubbel

Será mesmo?



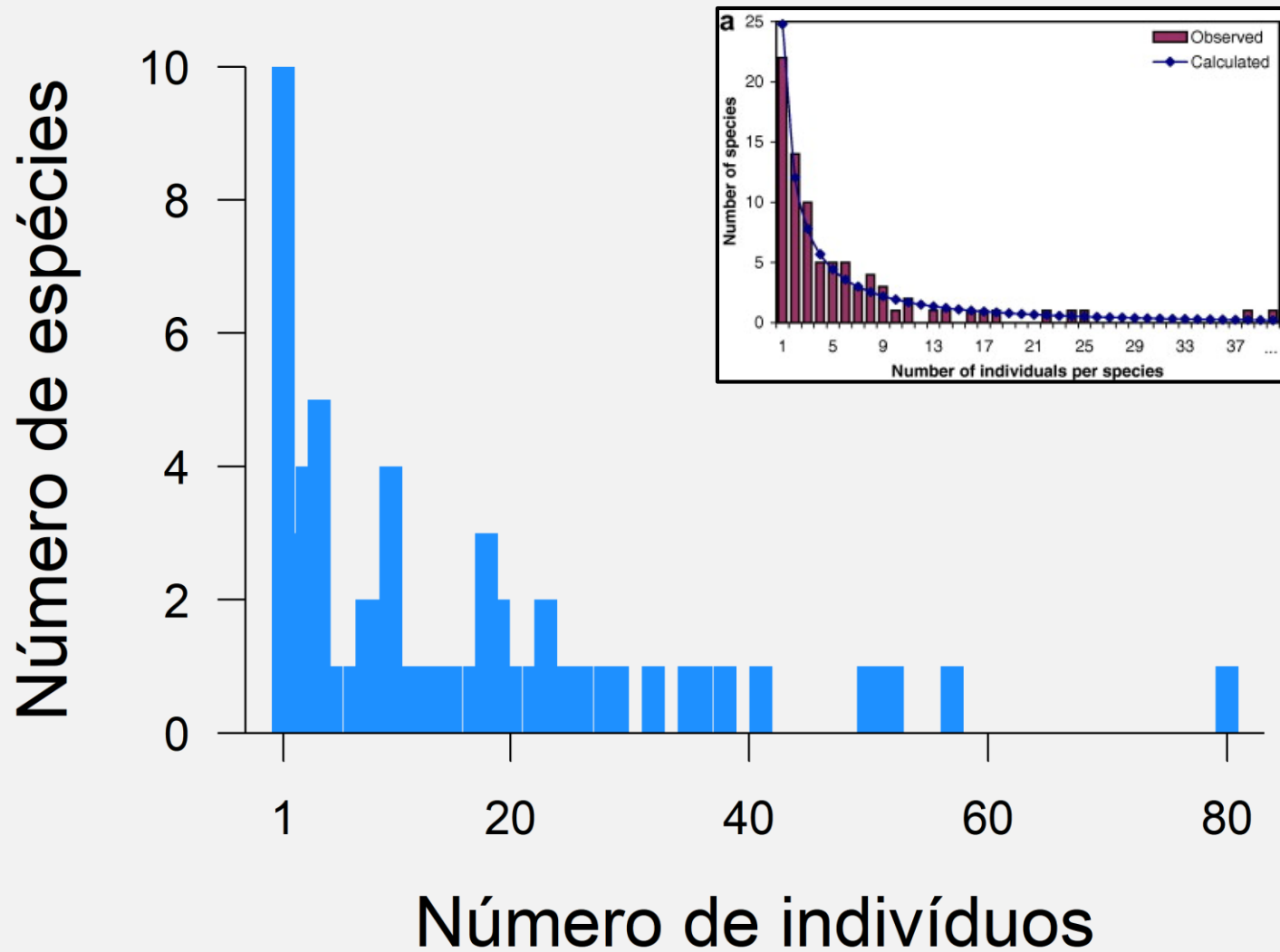
E se todas as
espécies forem
funcionalmente
iguais?

O modelo do Hubbel

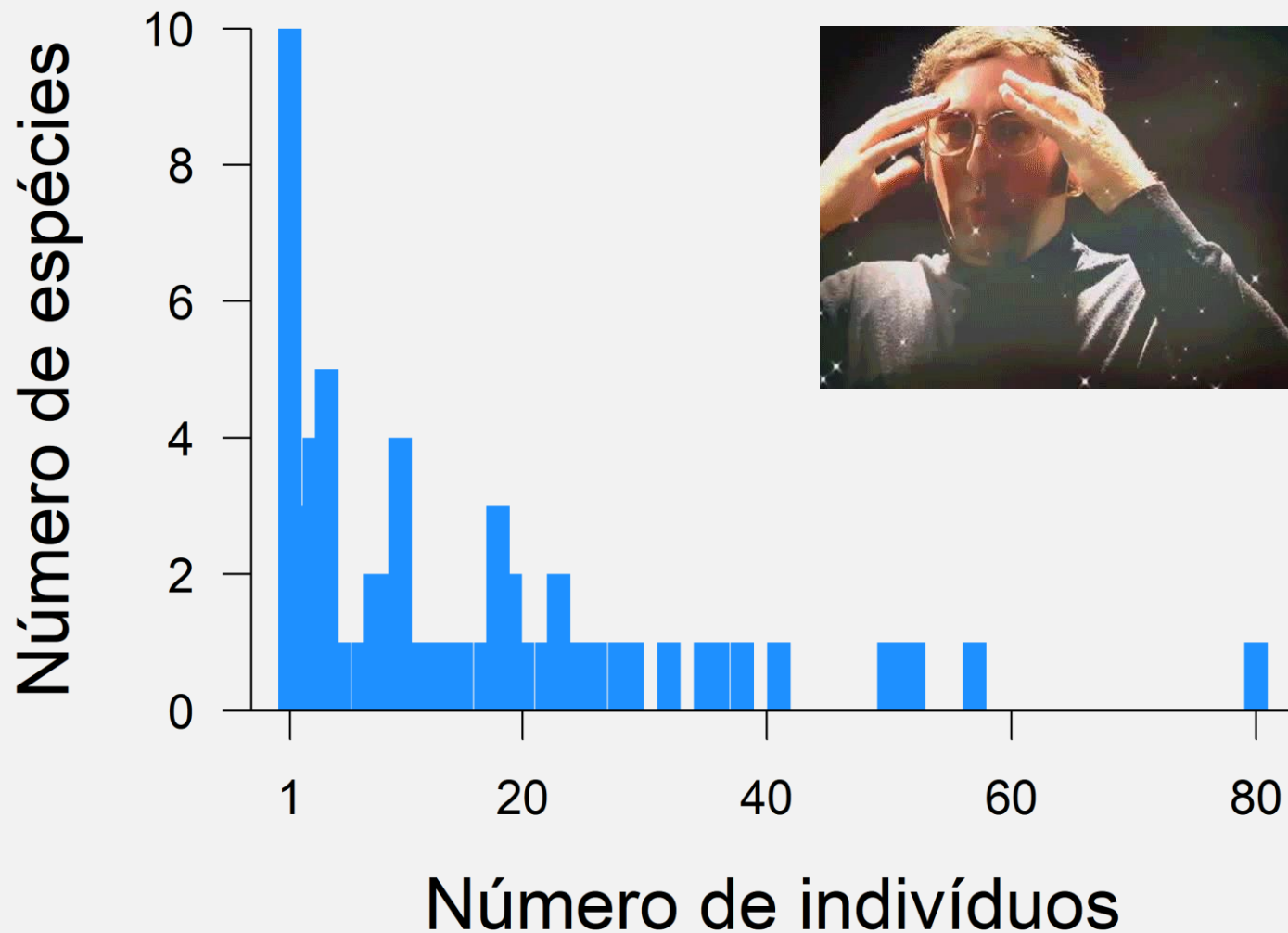
(ou pelo menos uma versão dele...)

- Suponha um ambiente onde “cabem” J indivíduos
- A cada passo de tempo um indivíduo morre aleatoriamente
- A “vaga” é preenchida pela prole de um indivíduo qualquer (escolhido aleatoriamente)
- A cada nascimento existe uma chance v de chegar um migrante vindo de um lugar externo

Resultado!



Resultado!



Agora que já sabemos que modelos
são demais!

Modelo baseado em indivíduos

Modelo computacional em que indivíduos são modelados explicitamente

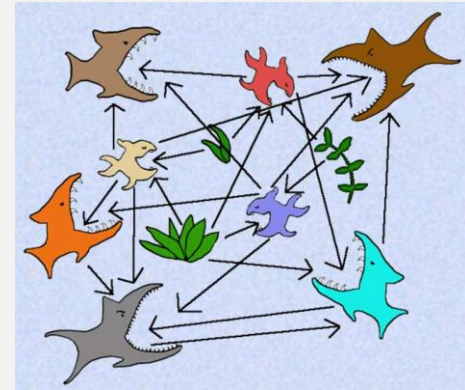
Indivíduo



População



Comunidade



Modelo baseado em indivíduos

Propriedades da população e/ou comunidade **emergem** do comportamento dos indivíduos

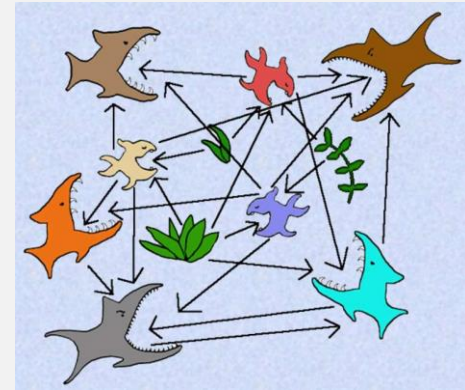
Indivíduo



População



Comunidade



Modelos computacionais

Videogame sem o jogador



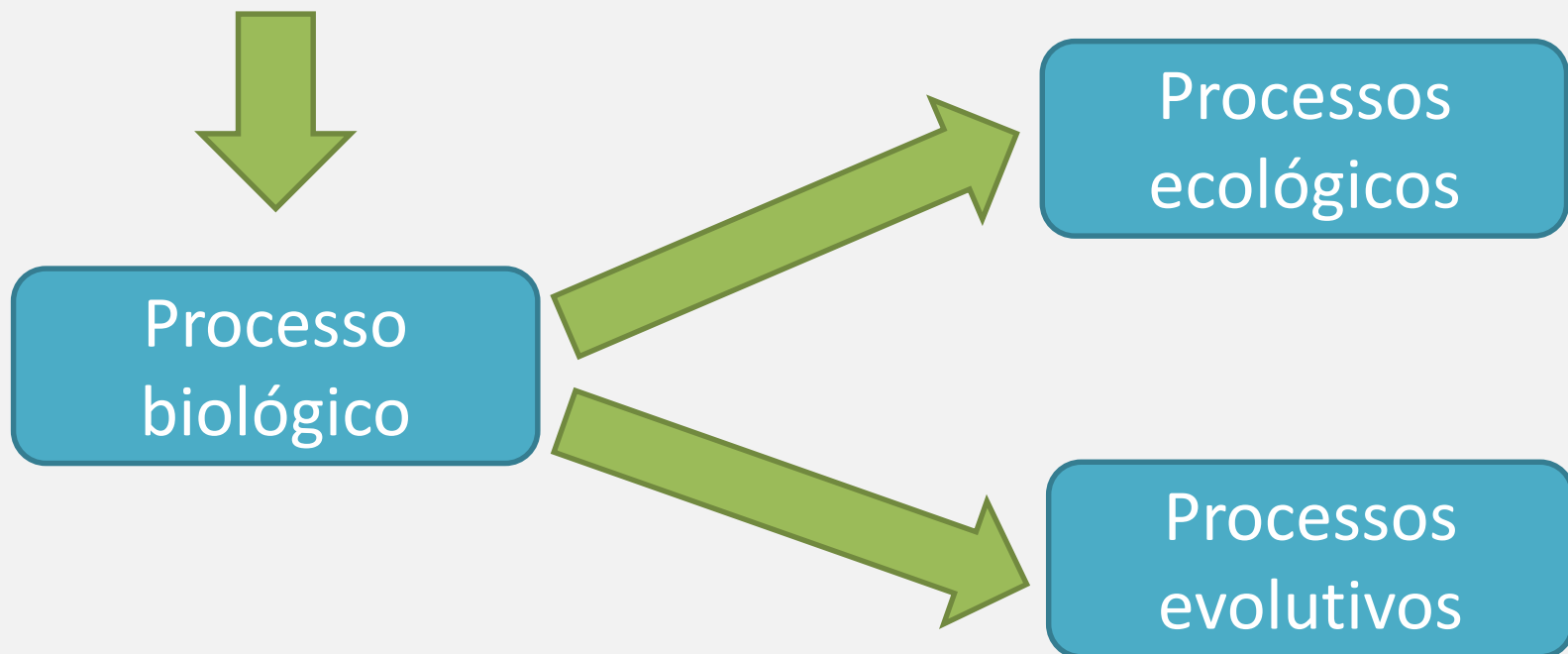
Vantagens dos MBIs/IBMs

- Permitem incluir facilmente:
 - Variação entre indivíduos
 - Estrutura espacial e movimento
 - Aleatoriedade
 - Comportamentos complexos

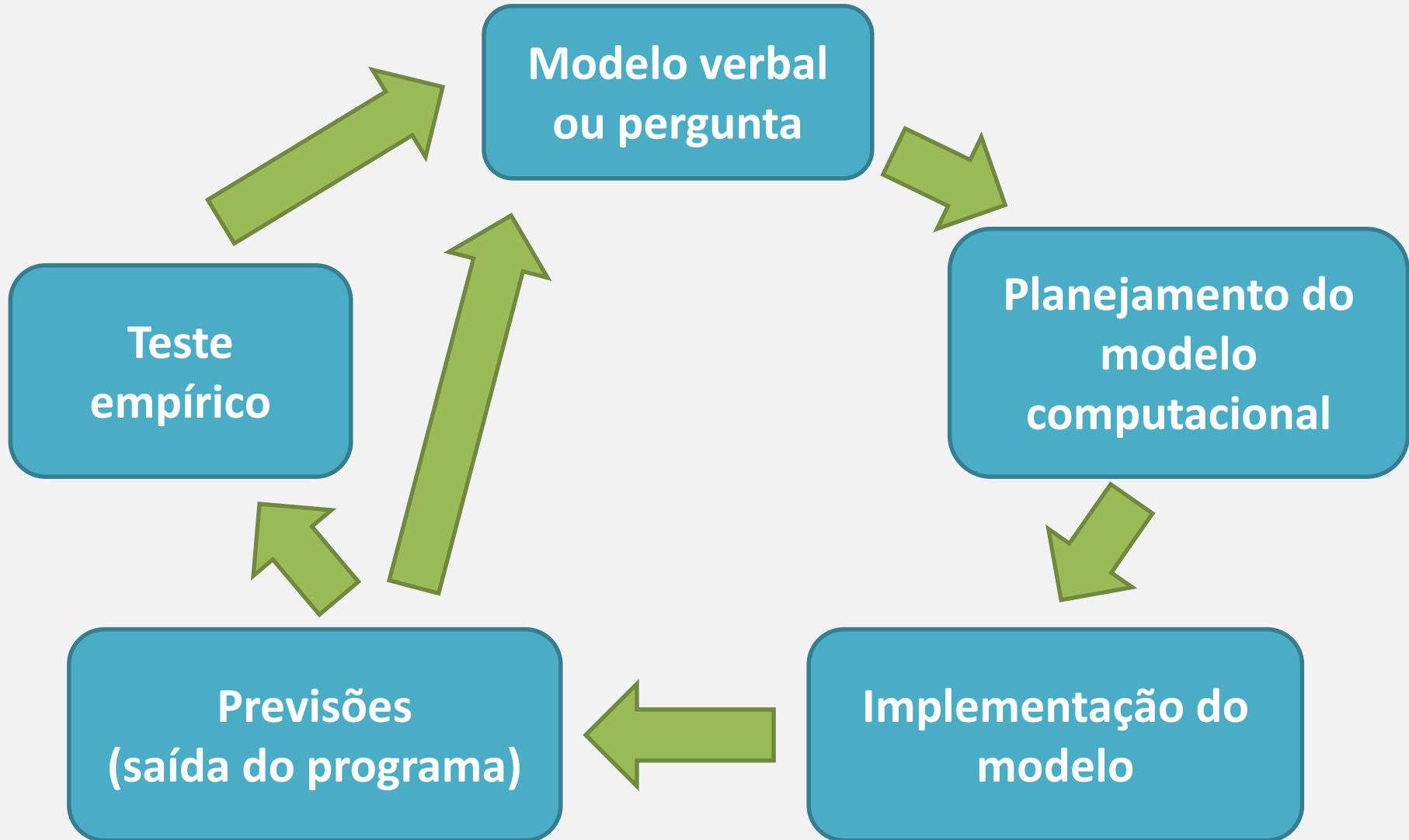
Modelos computacionais

Modelo computacional:

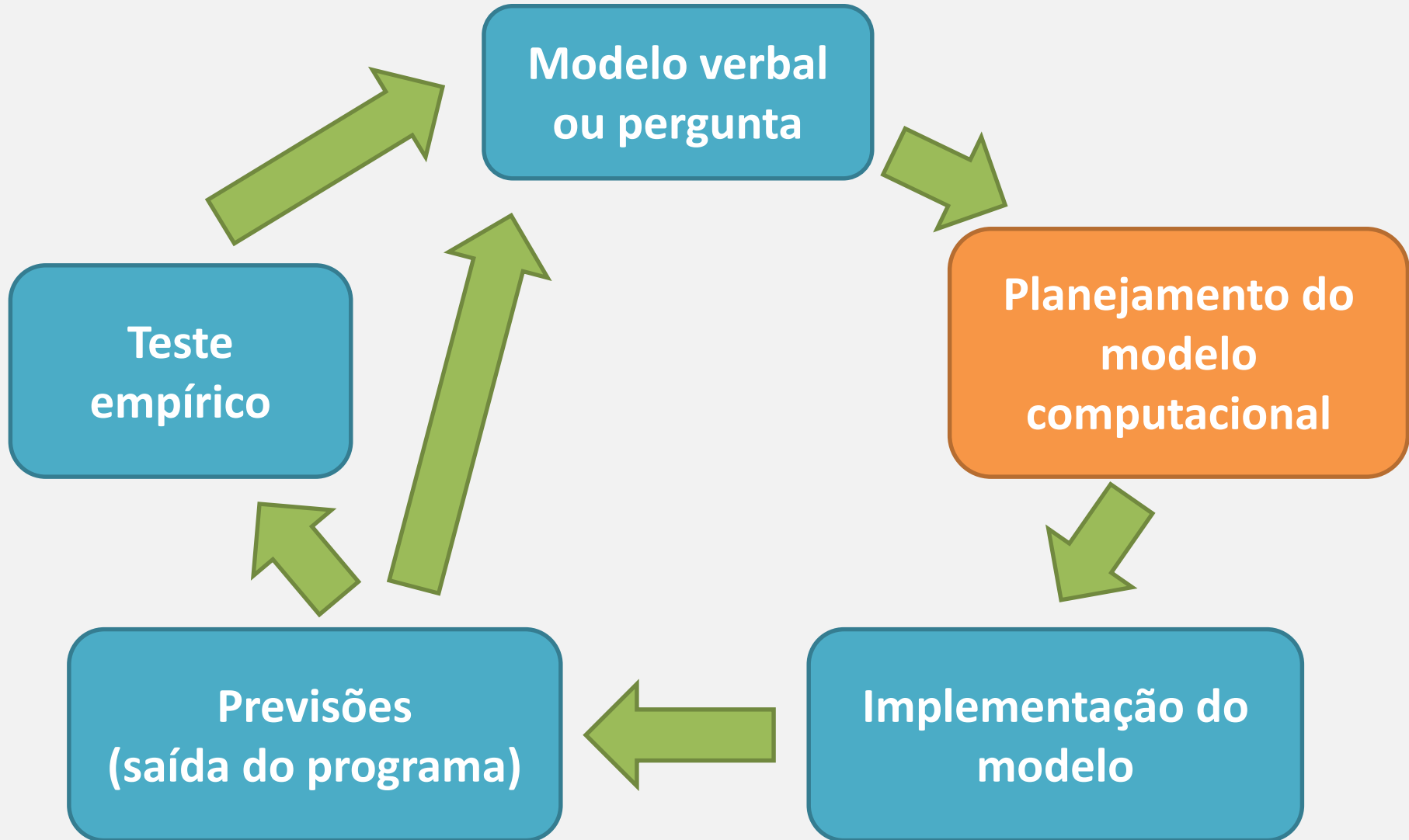
Programa de computador que reproduz **características** de um sistema biológico



Fluxograma modelo-previsão



Fluxograma modelo-previsão

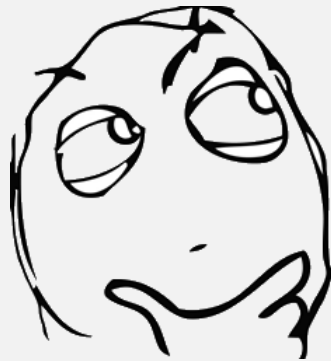


Planejamento!



Checklist

- Qual a pergunta que você quer responder?



- Quais processos você precisa simular?



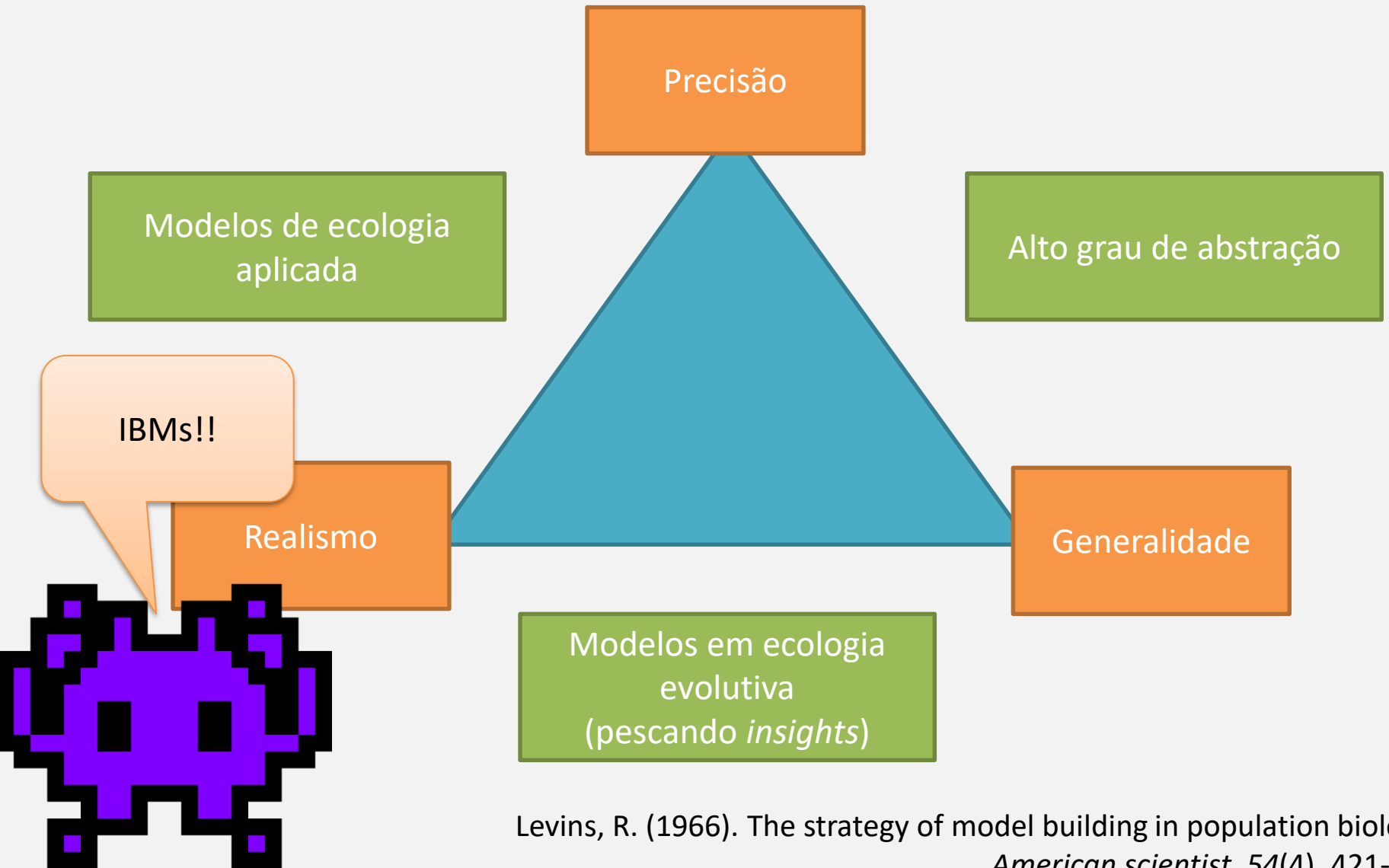
Checklist

- O quê precisa existir no seu modelo?
 - Indivíduos? Mundo? Recursos?
- Quais são as características das coisas que existem no seu modelo?
 - Traços fenotípicos? Material genético?

Checklist completa

- Qual a pergunta que você quer responder?
- Quais processos você **precisa** simular?
- O quê **precisa** existir no seu modelo?
- Quais são as características das coisas que existem no seu modelo?

Como decidir o que é preciso?



Levins, R. (1966). The strategy of model building in population biology. *American scientist*, 54(4), 421-431.



**KEEP
IT
SIMPLE**



**KEEP
CALM
AND
KEEP IT
SIMPLE**

SIMPLICITY
IS THE ULTIMATE FORM OF
SOPHISTICATION

LEONARDO DA VINCI



Uma nota sobre processos e mecanismos...



Modelagem fenomenológica x mecanística

- Fenomenológica
 - Simular um efeito ou padrão diretamente (ao invés de um mecanismo)
- Mecanística
 - Simular um mecanismo



Tem um exemplo?

“Dependência de densidade”

Padrão – quanto mais (ou menos) indivíduos, menor a taxa reprodutiva ou a sobrevivência

Possíveis mecanismos:

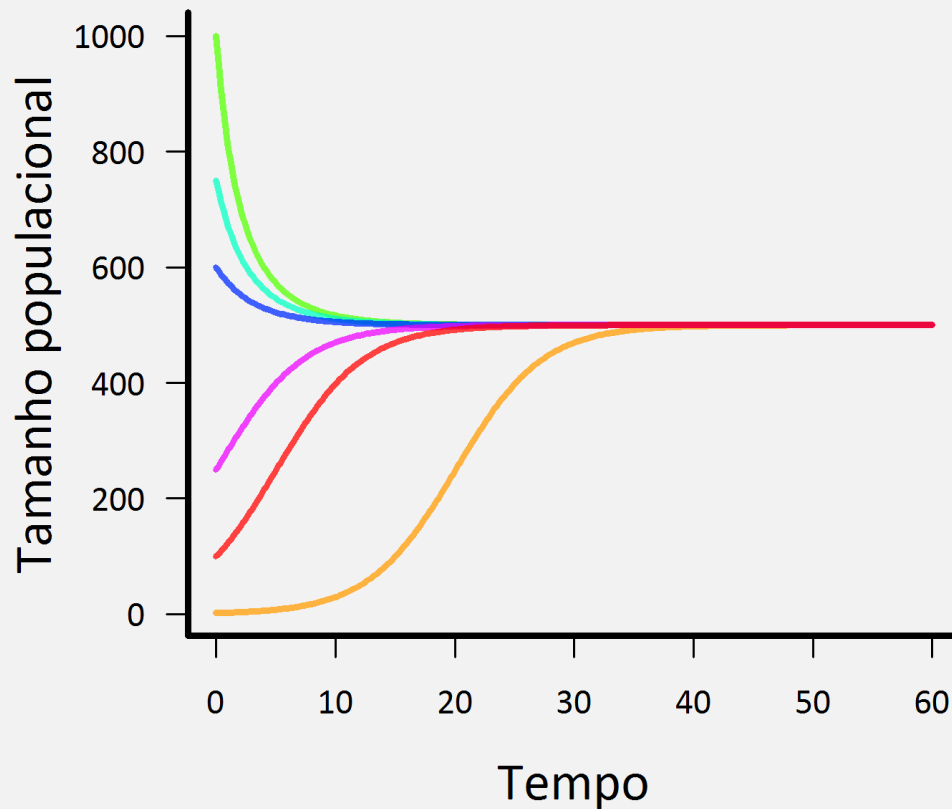
(1) Competição por recursos

(2) Dificuldade em encontrar parceiros sexuais

Modelo clássico de crescimento logístico

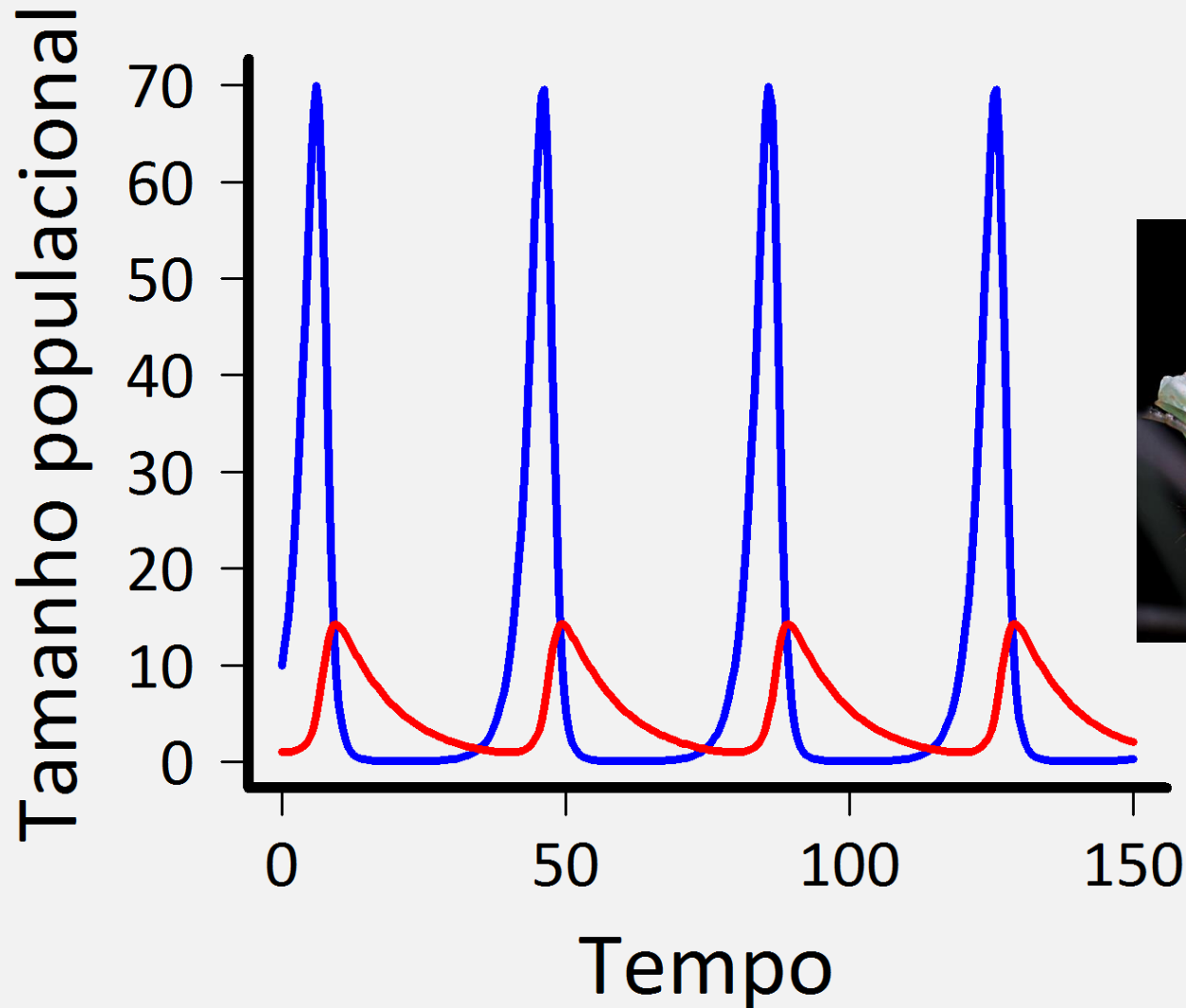
$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K} \right)$$

$$r = 0,275 ; K = 500$$



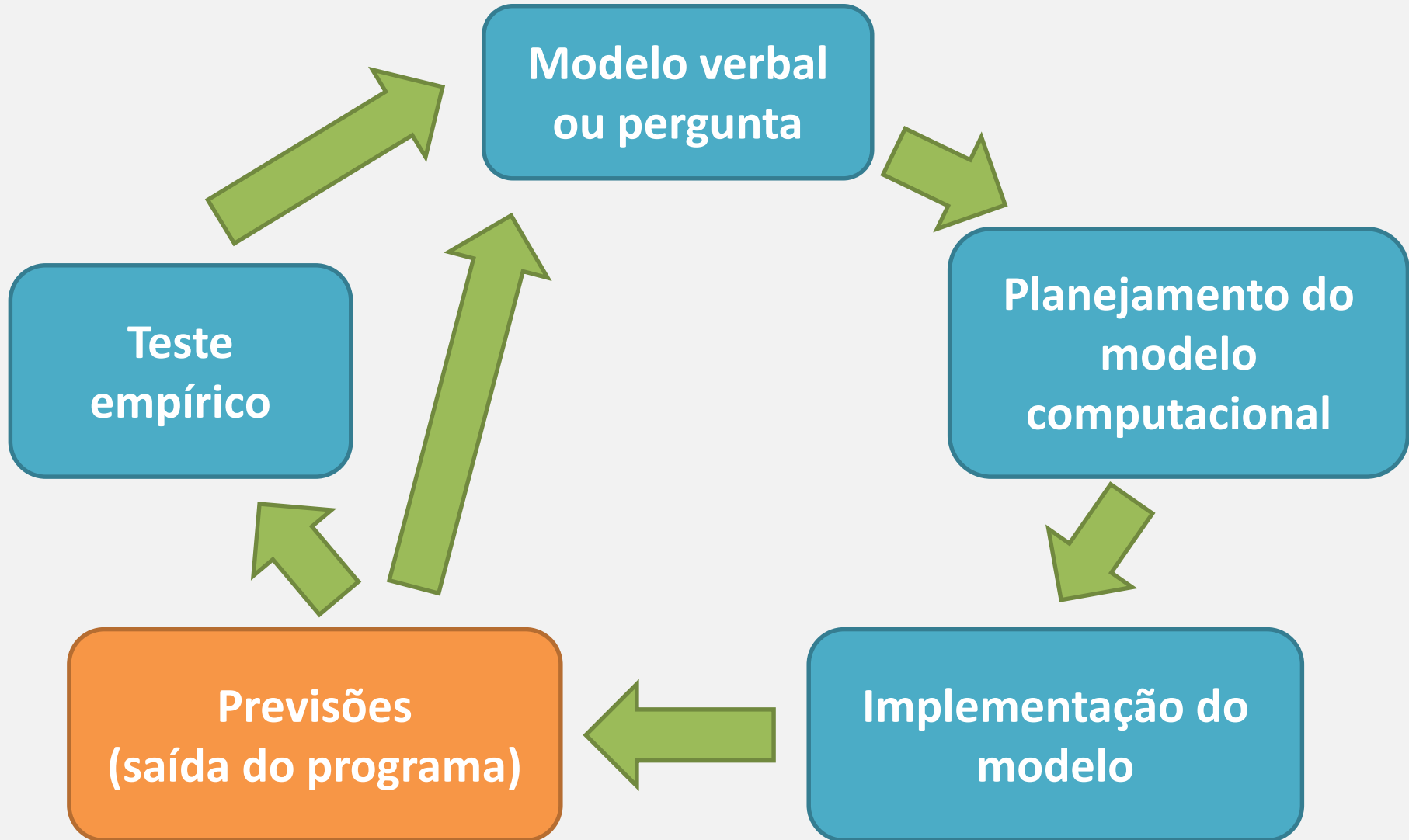
Um exemplo de dependência de densidade mais mecânica

(nosso amigo modelo predador-presa)



Mais uma coisa

Fluxograma modelo-previsão



Como obter respostas do modelo?

Explorando o espaço paramétrico!



Os parâmetros do modelo

- Parâmetros são valores que descrevem como o mundo/cenário do modelo funciona
- Variar parâmetros é análogo a estabelecer tratamentos em um experimento.

Voltando ao modelo predador-presa

$$\frac{dV}{dt} = r V - \alpha V P$$

r – taxa de crescimento intrínseco da presa (vítima)

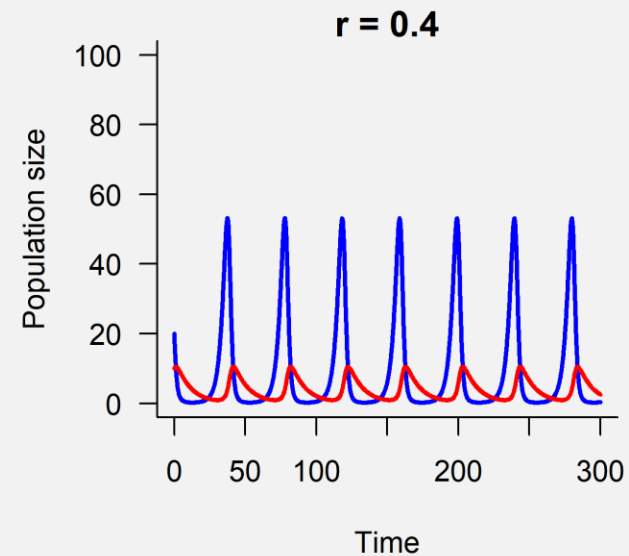
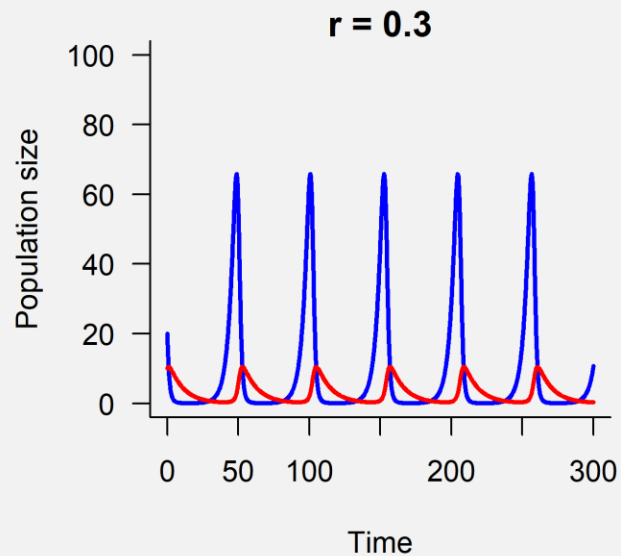
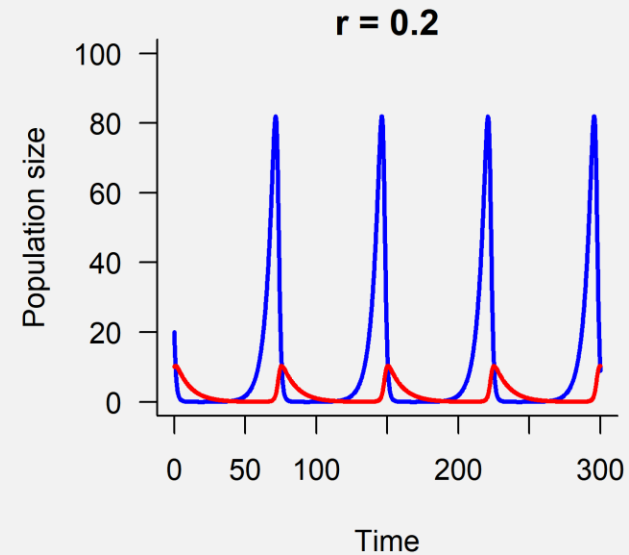
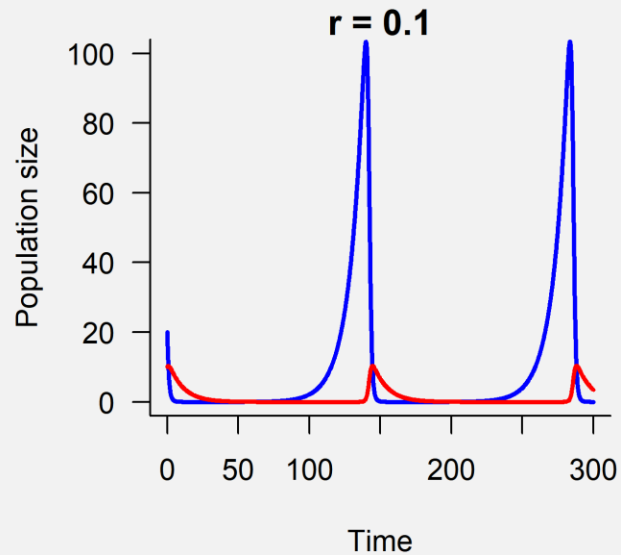
α – eficiência de captura

$$\frac{dP}{dt} = \beta \alpha V P - \mu P$$

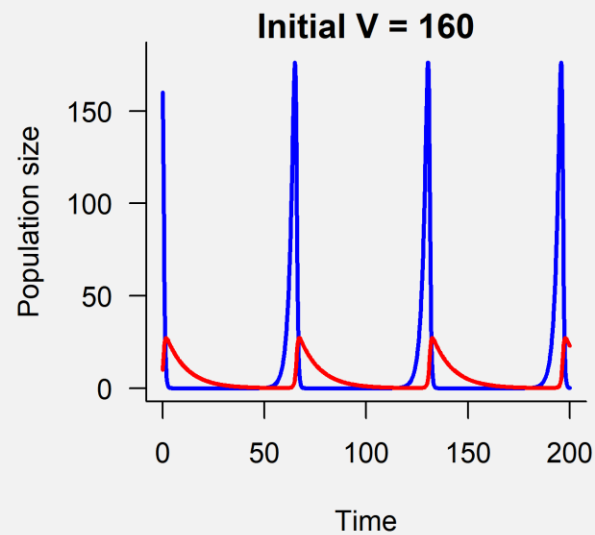
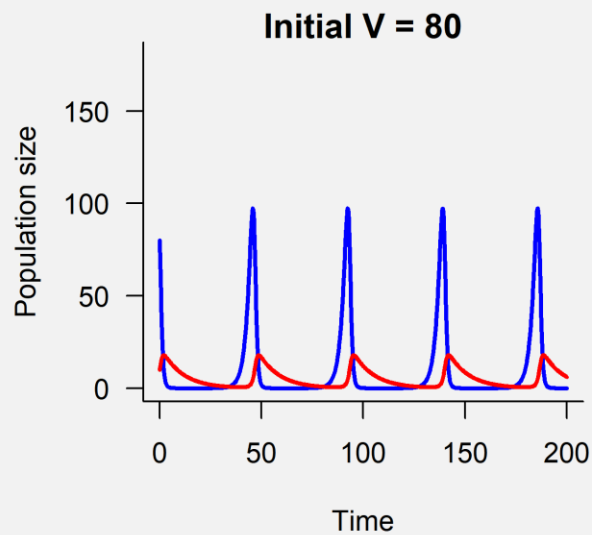
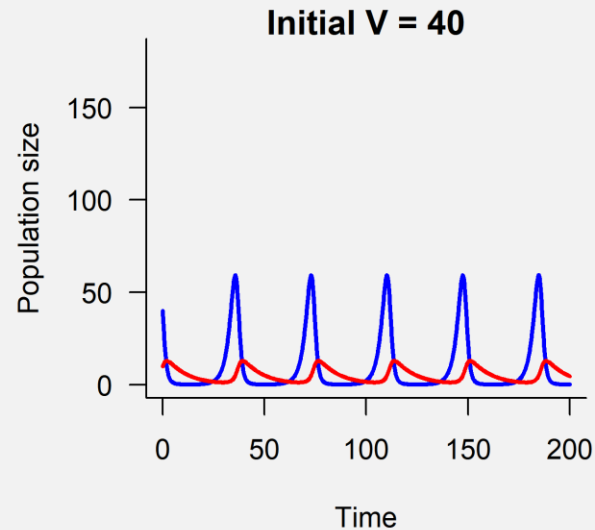
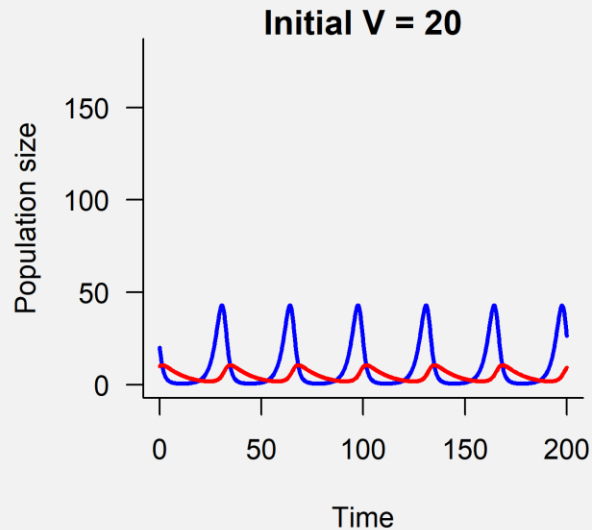
β – predadores produzidos por presa capturada

μ – mortalidade intrínseca do predador

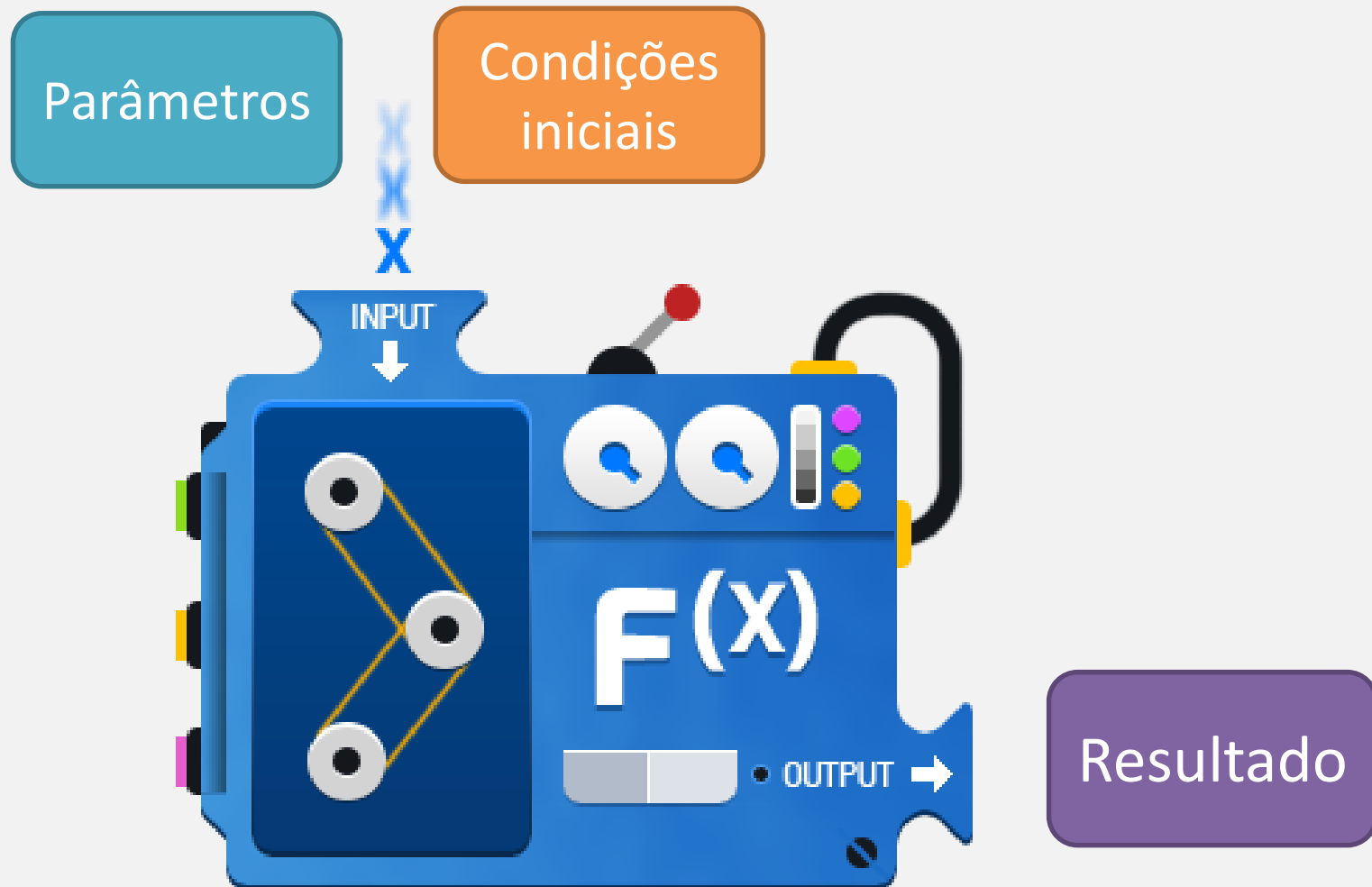
Explorando o parâmetro r



Variação das condições iniciais



Parâmetros + Condições iniciais



Mensagens finais

- Modelos são ferramentas para gerar previsões
- Ao planejar um modelo, pense em primeiro lugar nos processos
- Lembre-se do triângulo precisão-realismo-generalidade

Hora do exercício!



Preencher a checklist

- Qual a pergunta que você quer responder?
(modelo ou hipótese clássica da literatura)
- Quais processos você **precisa** simular?
- O quê **precisa** existir no seu modelo?
- Quais são as características das coisas que existem no seu modelo?