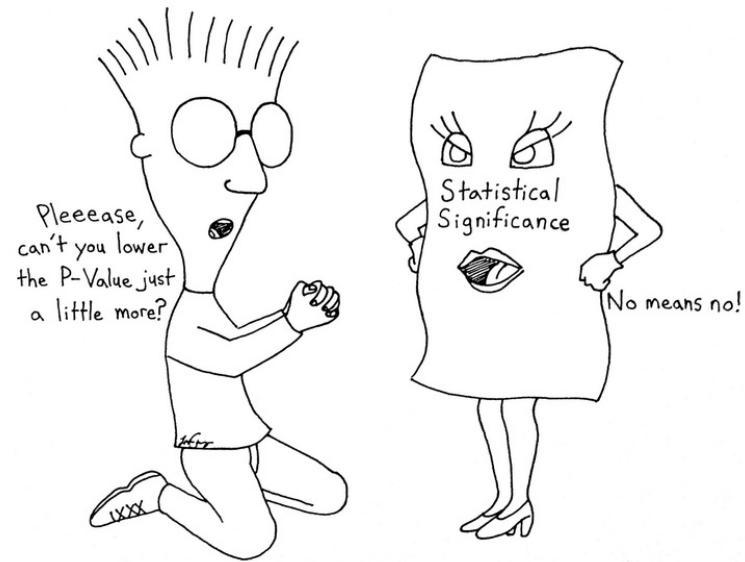


# Teste de hipóteses



Camila de Toledo Castanho

2019

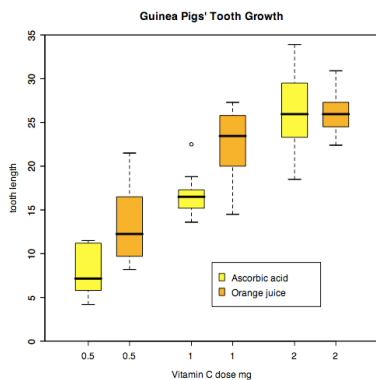
# Conteúdo da aula

1. Procedimento científico
  - 1.1. Pergunta, Hipótese Científica e Previsão
2. Teste de hipóteses
  - 2.1. Hipótese Científica x Hipótese Estatística
  - 2.2. Significância estatística e o valor de P
3. Tipo de testes de hipóteses (uni e bicaudais)
4. Erros em testes de hipóteses

*Estatística é ciência que tem por objetivo **orientar a coleta**, o resumo, a apresentação, a **análise** e a **interpretação** de dados.*



**Estatística descritiva:** resumo e apresentação de dados

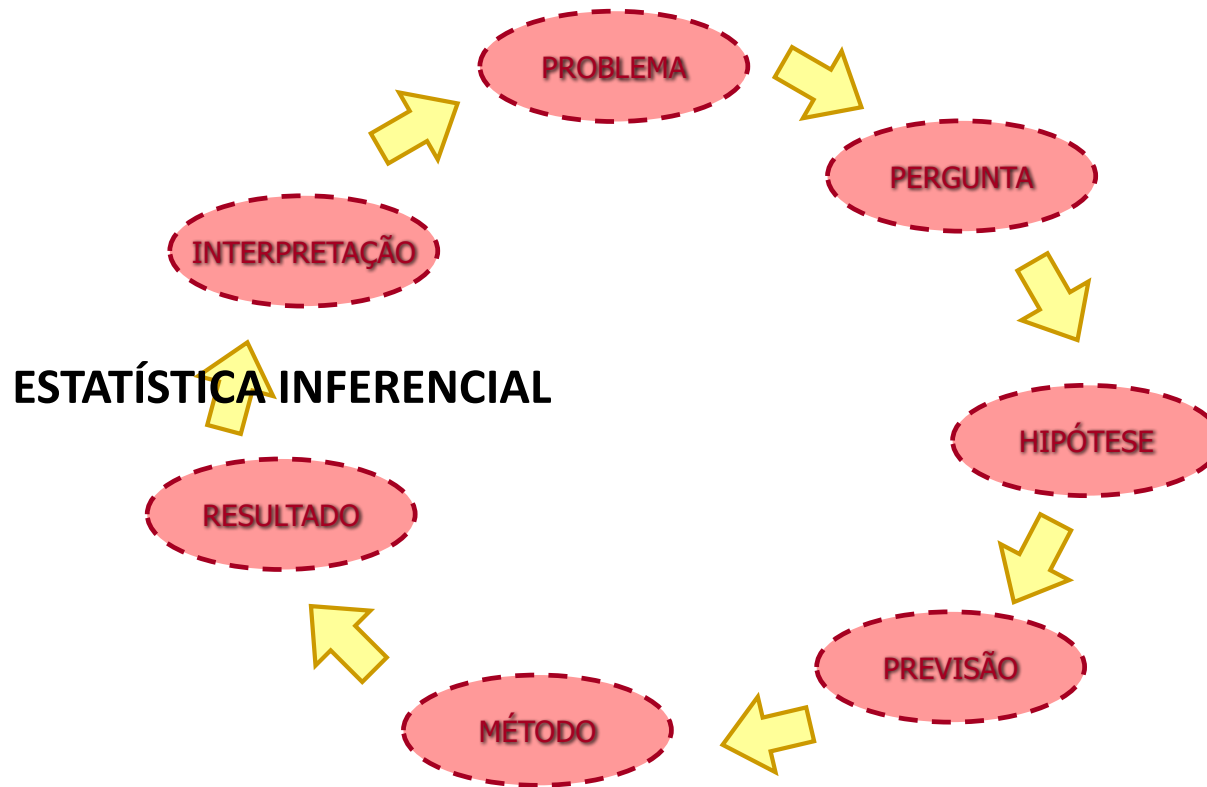


**Estatística inferencial:** tomada de decisão quando temos a disposição apenas uma parte dos dados

TESTE DE HIPÓTESES  
CIENTÍFICAS



# 1. Procedimento Científico



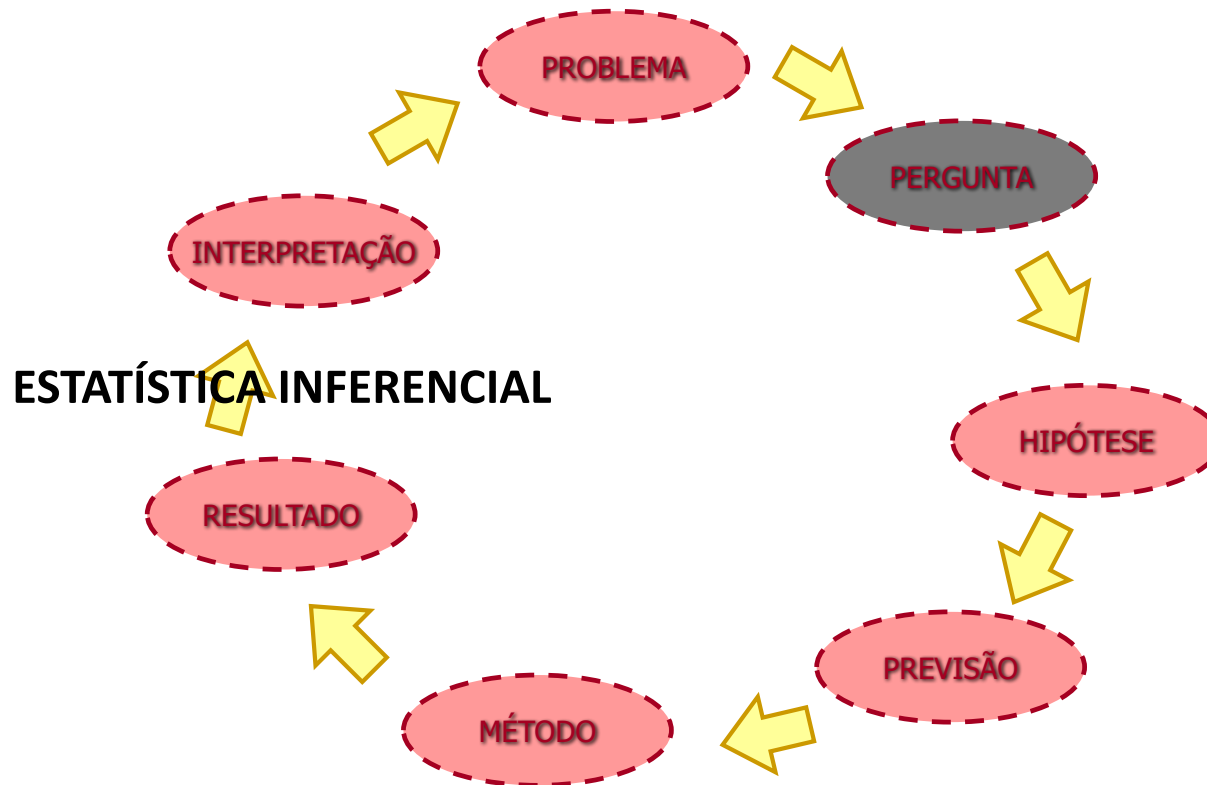
# 1. Procedimento Científico



# 1. Procedimento Científico



# 1. Procedimento Científico



# 1. Procedimento Científico

O que é uma **pergunta** científica?



PERGUNTA

- Uma frase que termina com ponto de interrogação
- SIMPLES
- OBJETIVA
- POSSÍVEL DE SER RESPONDIDA

**Todo trabalho científico DEVE ter uma pergunta**



# 1. Procedimento Científico

**Pergunta:** Brácteas afetam a atratividade da inflorescência aos polinizadores?

PERGUNTA



# 1. Procedimento Científico



# 1. Procedimento Científico

O que é uma **hipótese** científica?



- São explicações potenciais para representar observações do mundo externo
- É uma explicação provisória para um fenômeno
- DEVE ser **falseável**

# 1. Procedimento Científico



Livro: "O Mundo Assombrado por Demônios - a ciência vista como uma vela no escuro" - Carl Sagan

**"Um dragão que cospe fogo pelas ventas vive em minha garagem"**



**HIPÓTESE NÃO-FALSEÁVEL**

**Incapacidade de invalidar a hipótese**

**≠**

**Provar sua veracidade**

# 1. Procedimento Científico

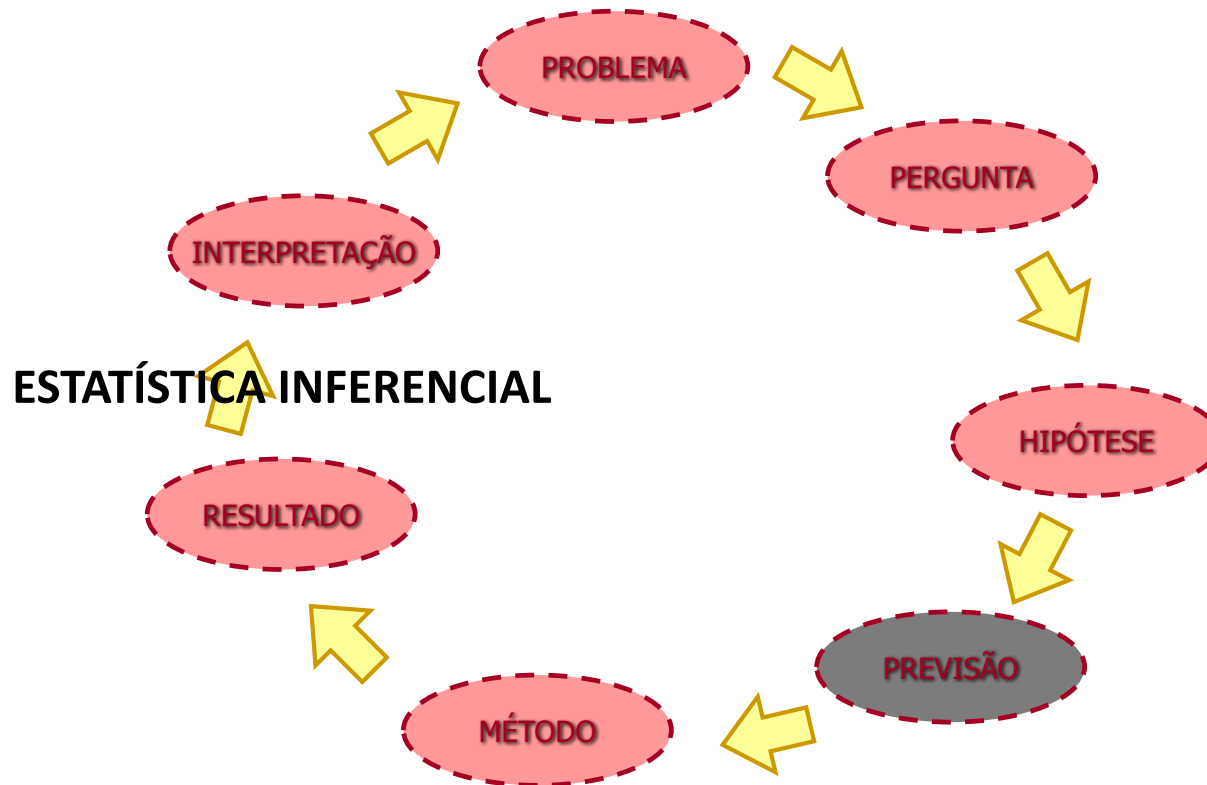
**Pergunta:** Brácteas afetam a atratividade da inflorescência aos polinizadores?

PERGUNTA

**Hipótese:** Brácteas coloridas afetam a atratividade de inflorescências ao polinizadores

HIPÓTESE

# 1. Procedimento Científico



# 1. Procedimento Científico

O que é a **previsão** de uma hipótese?



- Conseqüência lógica da hipótese
- Detalhamento da hipótese que pode ser testado diretamente
- Uma hipótese pode ter uma ou mais previsões

# 1. Procedimento Científico

Mas... qual a diferença de hipótese e previsão?

- **Hipótese** – estabelece relações entre as **variáveis teóricas** para representar um fenômeno
- **Previsão** – representação prática da hipótese utilizando **variáveis operacionais**

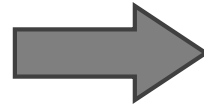


# 1. Procedimento Científico

**VARIÁVEIS  
TEÓRICAS**

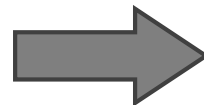
**VARIÁVEIS  
OPERACIONAIS**

CRESCIMENTO



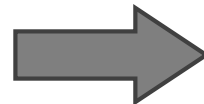
INCREMENTO DO DAP

SUCESSO  
REPRODUTIVO



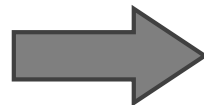
Nº DE FRUTOS

TAMANHO



ALTURA

ESTRESSE



NÍVEL DO HORMÔNIO GC

# 1. Procedimento Científico

**Pergunta:** Brácteas afetam a atratividade da inflorescência aos polinizadores?

PERGUNTA

**Hipótese:** Brácteas coloridas afetam a atratividade de inflorescências ao polinizadores

HIPÓTESE

**Predição 1:** Inflorescências de bico-de-papagaio terão número de visitas diferentes do que inflorescências de dente-de-leão

PREVISÃO



# 1. Procedimento Científico

**Pergunta:** Brácteas afetam a atratividade da inflorescência aos polinizadores?

PERGUNTA

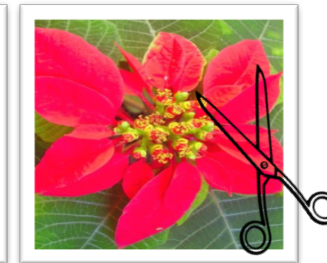
**Hipótese:** Brácteas coloridas afetam a atratividade de inflorescências ao polinizadores

HIPÓTESE

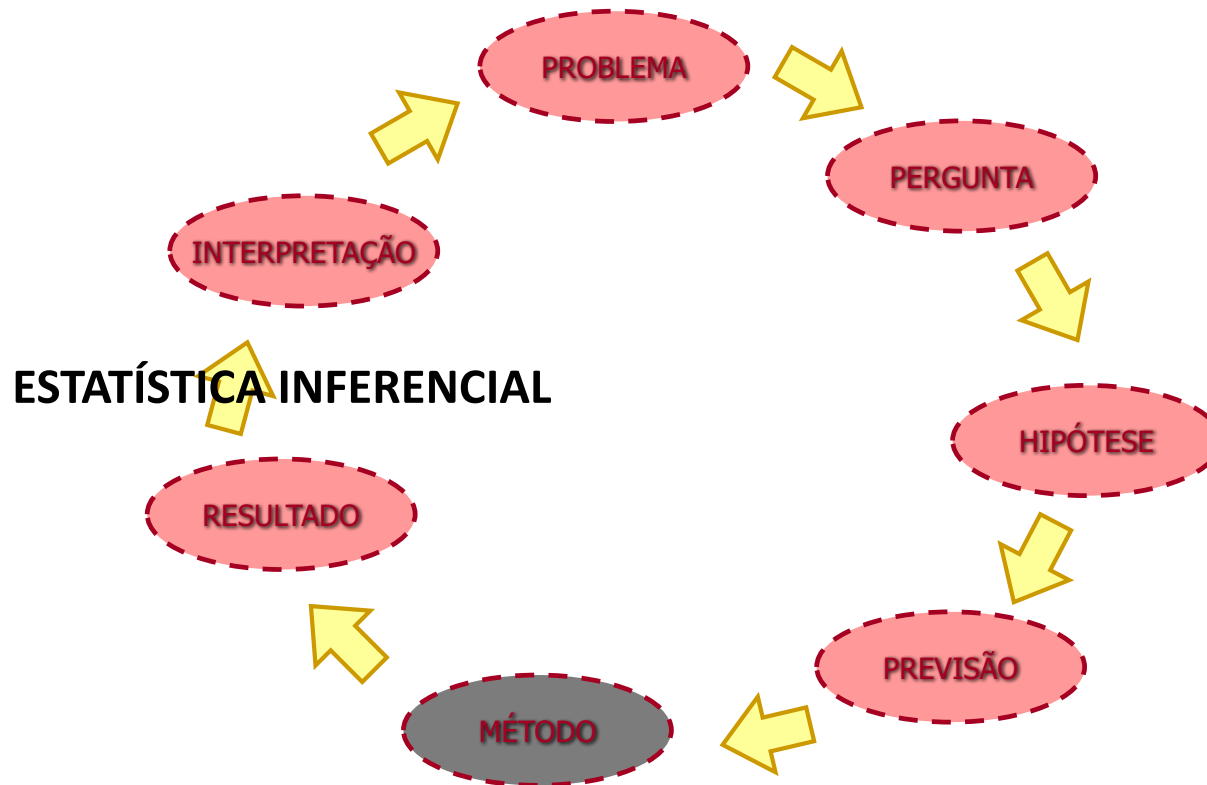
**Predição 1:** Inflorescências de bico-de-papagaio terão número de visitas diferentes do que inflorescências de dente-de-leão

PREVISÃO

**Predição 2:** Inflorescências de bico-de-papagaio com brácteas intactas terão diferentes número de visitas do que inflorescências com brácteas removidas experimentalmente



# 1. Procedimento Científico



# 1. Procedimento Científico

**Predição 2:** Inflorescências de bico-de-papagaio com brácteas intactas terão diferentes número de visitas do que inflorescências com brácteas removidas experimentalmente

- Selecionar aleatoriamente 20 indivíduos de bico de papagaio;
- Metade serão sorteadas e terão suas brácteas removidas;



MÉTODO

- Durante 12h será contabilizado o número de visitas por polinizadores que cada uma das 20 plantas receberá.

# 1. Procedimento Científico



# 1. Procedimento Científico

# Planta	Presença de brácteas	Número de visitas
1	brácteas removidas	2
2	brácteas removidas	7
3	brácteas removidas	3
4	brácteas removidas	4
5	brácteas removidas	5
6	brácteas removidas	4
7	brácteas removidas	3
8	brácteas removidas	1
9	brácteas removidas	8
10	brácteas removidas	4
11	controle	7
12	controle	5
13	controle	10
14	controle	7
15	controle	11
16	controle	9
17	controle	8
18	controle	8
19	controle	5
20	controle	4

Será que os resultados dão suporte para aceitar nossa hipótese científica e respectiva predição?

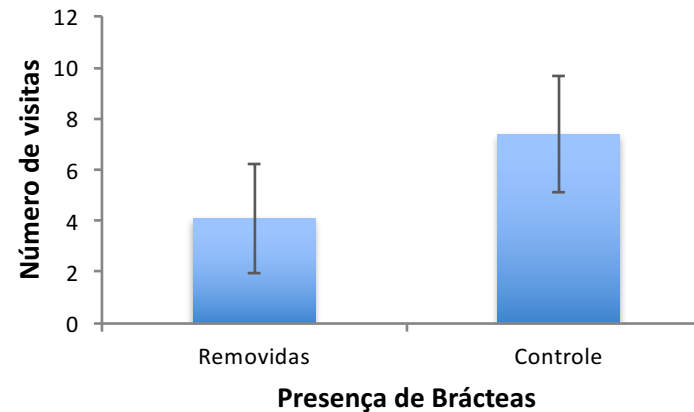


**Estatística Inferencial**

**Estatística Descritiva**

**RESULTADO**

Presença de Brácteas	Média	Desvio Padrão
Removidas	4,1	2,1
Controle	7,4	2,3

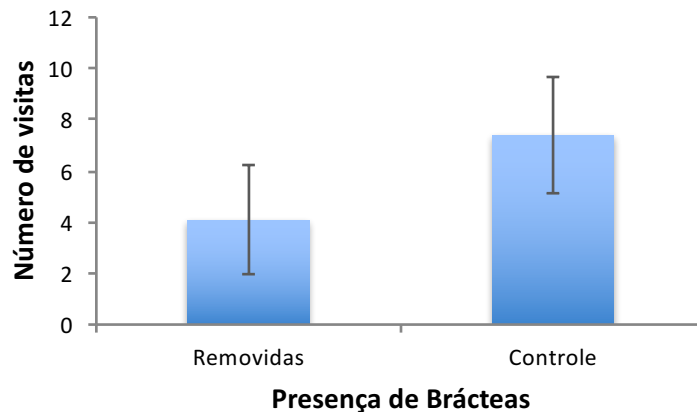


## 2. Testando hipótese estatísticas

Será que os resultados dão suporte para aceitar nossa hipótese científica e respectiva predição?

**Estatística Inferencial**

*A estatística inferencial é o ramo da estatística que fornece métodos para que o pesquisador possa **tomar sua decisão** a respeito de hipóteses, informando também sobre o **risco** que acompanha essa decisão*



A incerteza existe porque temos acesso apenas à uma parte dos dados (amostra)



## 2. Testando hipótese estatísticas

Como a estatística inferencial é utilizada para tomar decisões acerca de nossa hipótese científica?

### FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE ESTATÍSTICA

- Hipóteses estatísticas são suposições feitas sobre o valor dos parâmetros nas populações
- Comparam dois ou mais parâmetros

• São de 2 tipos

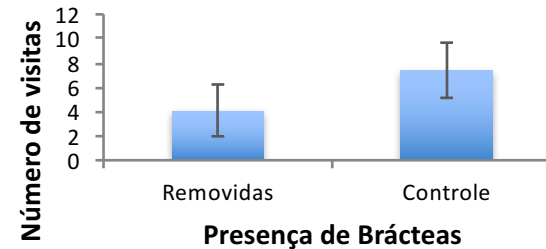
**HIPÓTESE NULA ( $H_0$ )** - hipótese mais simples para explicar as diferenças observadas. Inclui a afirmação de igualdade: **ausência de diferença entre os parâmetros populacionais** -> diferenças observadas são apenas devido **ao acaso**.

**HIPÓTESE ALTERNATIVA ( $H_A$  OU  $H_1$ )** - hipótese **complementar** à hipótese **nula**: a diferença observada é muito grande para ser explicada apenas pelo acaso.

## 2. Testando hipótese estatísticas

### Hipótese Científica:

Brácteas coloridas afetam a atratividade de inflorescências ao polinizadores



### Hipóteses Estatísticas:

$$H_0: \mu_{\text{sem brácteas}} = \mu_{\text{controle}}$$

A diferença entre as médias observadas dos dois grupos não são maiores do que aquela que esperaríamos devido **apenas à variações aleatórias**

$$H_a: \mu_{\text{sem brácteas}} \neq \mu_{\text{controle}}$$

A diferença entre as médias observadas dos dois grupos é muito grande para ser explicada apenas pela variação aleatória entre indivíduos

Neste exemplo:

A rejeição da hipótese nula

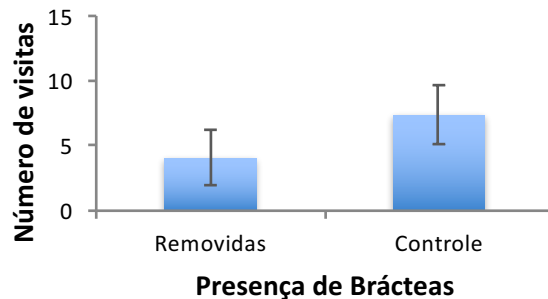


Fornecer evidências a favor hipótese científica

Porém há casos em que a falha em rejeitar (aceite)  $H_0$  é que fornece evidências a favor da hipótese científica

## 2. Testando hipótese estatísticas

### 3.2. Significância estatística e o valor de P



Como decidir se a diferença observada é grande o suficiente para ser atribuída à presença das brácteas e não apenas ao acaso?

Quando a hipótese nula ( $H_0$ ) de apenas variação aleatória entre indivíduos pode ser rejeitada?

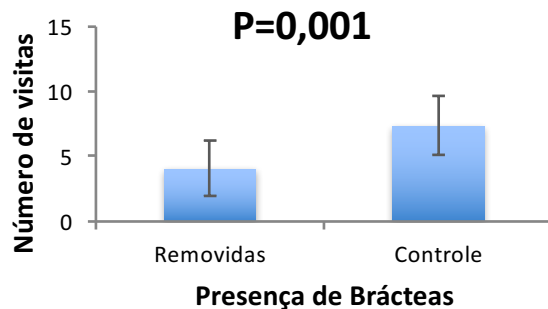


**O valor de P é um guia para tomar esta decisão**

Ele mede a probabilidade de que a diferença observada (ou ainda maior) poderia ser encontrada *se a hipótese nula fosse verdadeira*

$$P = P(\text{dados} | H_0)$$

## 2. Testando hipótese estatísticas



A probabilidade de que a diferença observada (ou uma ainda maior) tenha sido obtida se a hipótese nula fosse verdadeira é de **0,1%**

Como este resultado é muito improvável dada a hipótese nula, **então a rejeitamos e aceitamos a hipótese alternativa**

**Interpretação:** A presença de brácteas afeta a atratividade aos polinizadores

**E se o valor de P fosse próximo de 1,0 ?**

Neste caso poderíamos considerar muito provável que a diferença observada seja decorrente apenas de variação aleatória entre indivíduos ( $H_0$  verdadeira) → **falhamos em rejeitar a  $H_0$**



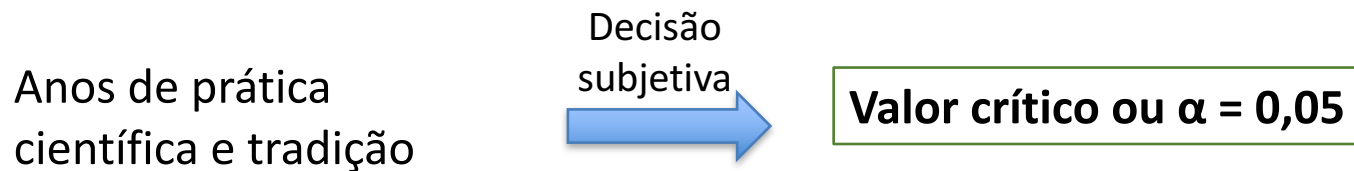
**Ausência de evidência não é evidência de ausência**

O valor de P é afetado pelo tamanho amostral (n); diferença entre médias amostrais e variação entre indivíduos ( $s^2$ )

## 2. Testando hipótese estatísticas

*Quando um valor de  $P$  é **suficientemente baixo** para que a hipótese nula seja rejeitada?*

Qual é o ponto de corte?



- Conservador? Depende da questão de estudo
- Argumento a favor de um  $\alpha$  baixo: humanos são predispostos a achar padrão onde não existe **HIPÓTESE DE PELÚCIA**
- Quanto maior  $\alpha$ , maior a chance de rejeitar  $H_0$  qdo ela é verdadeira → risco de errar
- **IMPORTANTE:** reportar o valor exato de  $P$

# 3. Testes uni e bicaudais

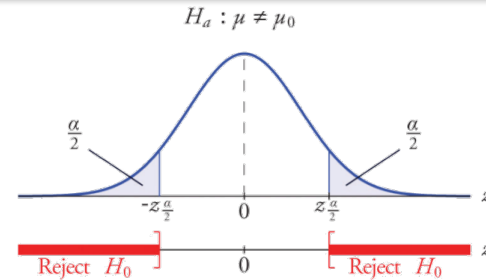
- Testes envolvendo médias podem ser bicaudais (ou bilaterais)



$$H_0: \mu_a = \mu_0$$

$$H_a: \mu_a \neq \mu_0$$

Não há uma idéia clara da direção da diferença ou ambos efeitos interessam



- Exemplos:**
- ✓ *Hipótese científica (HC):* A droga x altera a pressão arterial dos pacientes
  - ✓ *HC:* A presença de brácteas altera a intensidade da polinização

- Mas são unicaudais quando existe uma **idéia mais elaborada** sobre o efeito do tratamento



$$H_0: \mu_a \geq \mu_0$$

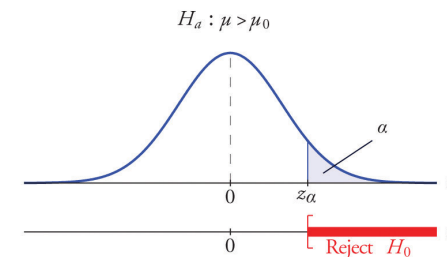
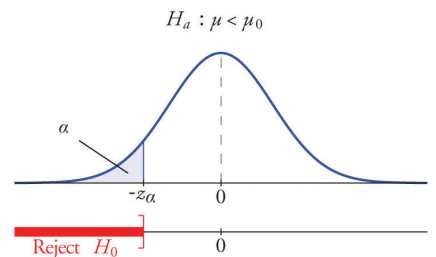
$$H_a: \mu_a < \mu_0$$

$$H_0: \mu_a \leq \mu_0$$

$$H_a: \mu_a > \mu_0$$

**Exemplos:**

- ✓ *HC:* A droga x diminui a pressão arterial dos pacientes
- ✓ *HC:* A presença de brácteas aumenta a polinização



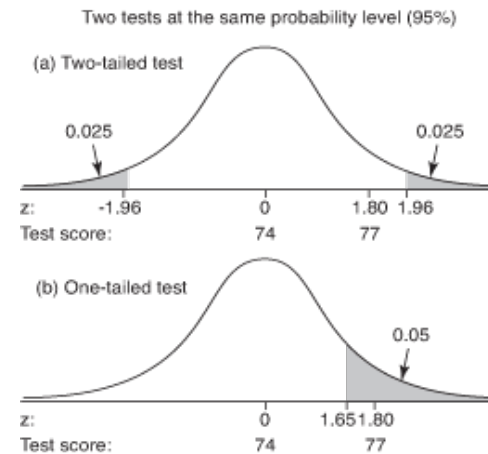
### 3. Testes uni e bicaudais

- **BICAUDAL:** a região de significância é dividida entre as duas caudas
- **UNICAUDAL:** a região de significância é toda colocada em uma das caudas

#### CONSEQUÊNCIA IMPORTANTE

Alteração do valor crítico  
 $z = |1,96|$  para  $z = -1,64$  ou  $1,64$

- Para decidir se deve ser usado um teste uni ou bicaudal



- **ATENÇÃO À HIPÓTESE CIENTÍFICA;**
- Tenha certeza que o resultado oposto não te interessa;
- Deve ser decidido **ANTES** de olhar os resultados!

**Pergunta:** Brácteas afetam a atratividade da inflorescência aos polinizadores?

PERGUNTA

**Hipótese:** Brácteas coloridas **umentam** a atratividade de inflorescências ao polinizadores

HIPÓTESE

**Predição 1:** Inflorescências de bico-de-papagaio terão **maior número de visitas** do que inflorescências de dente-de-leão

PREVISÃO

**Predição 2:** Inflorescências de bico-de-papagaio com brácteas intactas terão **maior número de visitas** do que inflorescências com brácteas removidas experimentalmente

#### Hipóteses estatísticas – predição 1

**Hipótese nula**  $H_0$ :  $\mu_{\text{bico-de-papagaio}} \leq \mu_{\text{dente-leão}}$

**Hipótese alternativa**  $H_a$ :  $\mu_{\text{bico-de-papagaio}} > \mu_{\text{dente-leão}}$

#### Hipóteses estatísticas – predição 2

**Hipótese nula**  $H_0$ :  $\mu_{\text{intactas}} \leq \mu_{\text{removidas}}$

**Hipótese alternativa**  $H_a$ :  $\mu_{\text{intactas}} > \mu_{\text{removidas}}$



## 4. Erros em testes de hipóteses

Tomada de decisões diante  
de dados limitados e  
incompletos

- Estatística → disciplina mergulhada em incertezas
- Resultados possíveis quando testamos uma hipótese estatística:

		DECISÃO ESTATÍSTICA	
		Aceitar $H_0$	Rejeitar $H_0$
REALIDADE	$H_0$ verdadeira	Decisão correta	Erro Tipo I ( $\alpha$ )
	$H_0$ falsa	Erro Tipo II ( $\beta$ )	Decisão correta ( $1-\beta$ )

## 4. Erros em testes de hipóteses

		DECISÃO ESTATÍSTICA	
		Aceitar $H_0$	Rejeitar $H_0$
REALIDADE	$H_0$ verdadeira	Decisão correta	Erro Tipo I ( $\alpha$ )
	$H_0$ falsa	Erro Tipo II ( $\beta$ )	Decisão correta ( $1-\beta$ )

- Erro Tipo I: rejeição da hipótese nula quando ela é verdadeira
- $\alpha$  é o padrão de risco máximo de cometer o Erro Tipo I → 5%
- Quanto menor o valor de P → menor a chance de cometer erro do Tipo I

Avaliação de impacto ambiental  
**FALSO-POSITIVO**  
Erro da falsidade

## 4. Erros em testes de hipóteses

		DECISÃO ESTATÍSTICA	
		Aceitar $H_0$	Rejeitar $H_0$
REALIDADE	$H_0$ verdadeira	Decisão correta	Erro Tipo I ( $\alpha$ )
	$H_0$ falsa	Erro Tipo II ( $\beta$ )	Decisão correta ( $1-\beta$ )

FALSO-NEGATIVO

Erro da ignorância

- Erro Tipo II: não rejeita a hipótese nula quando ela é falsa
- Conceito relacionado ao erro Tipo II → poder do teste ( $1-\beta$ )
- Erros Tipo I e II são inversamente relacionados

## 4. Erros em testes de hipóteses

		DECISÃO ESTATÍSTICA	
		Aceitar $H_0$	Rejeitar $H_0$
REALIDADE	$H_0$ verdadeira	Decisão correta	Erro Tipo I ( $\alpha$ )
	$H_0$ falsa	Erro Tipo II ( $\beta$ )	Decisão correta ( $1-\beta$ )

FALSO-NEGATIVO

Erro da ignorância

- Erro Tipo II: não rejeita a hipótese nula quando ela é falsa
- Conceito relacionado ao erro Tipo II → poder do teste ( $1-\beta$ )
- Erros Tipo I e II são inversamente relacionados → Erro Tipo II também depende do tamanho do efeito, do N amostral, e do desenho experimental

## 4. Erros em testes de hipóteses

		DECISÃO ESTATÍSTICA	
		Aceitar $H_0$	Rejeitar $H_0$
REALIDADE	$H_0$ verdadeira	Decisão correta	Erro Tipo I ( $\alpha$ )
	$H_0$ falsa	Erro Tipo II ( $\beta$ )	Decisão correta ( $1-\beta$ )

- Erro Tipo II: não rejeita a hipótese nula quando ela é falsa
- Conceito relacionado ao erro Tipo II → poder do teste ( $1-\beta$ )
- Erros Tipo I e II são inversamente relacionados
- **Probabilidade de cometer erro Tipo II em geral não é reportada**

FALSO-NEGATIVO

Erro da ignorância

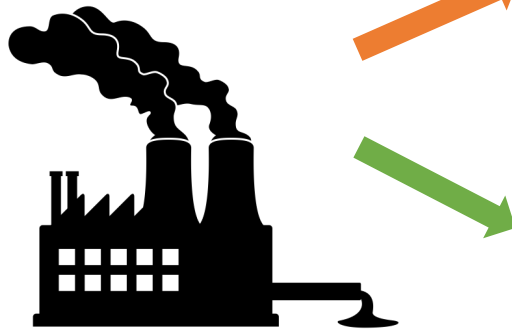
Erro Tipo I seria um equívoco mais sério?  
Construção da ciência a partir de uma alegação falsa ou há confusão entre significância estatística e biológica

GRAVE: Diagnóstico de doenças e monitoramento ambiental

## 4. Erros em testes de hipóteses

- Relação entre erros Tipo I e Tipo II e o princípio da precaução

**Produtos químicos e poluentes** e seus efeitos sobre a saúde humana e meio ambiente



Created by Gan Khoon Lay  
from Noun Project

### **FABRICANTES**

Empenhados em minimizar o Erro Tipo I



**Agências reguladoras**

### **CONSUMIDORES e AMBIENTALISTAS**

Interessados que os fabricantes minimizem o Erro Tipo II

- Premissa: o químico é nocivo até que se prove ser benigno
- Disposição em aceitar maior Erro Tipo I, se isso significar que o fabricante não aceitará erroneamente  $H_0$

*Usamos a estatística inferencial para nos ajudar a decidir se rejeitamos ou não a hipótese nula*

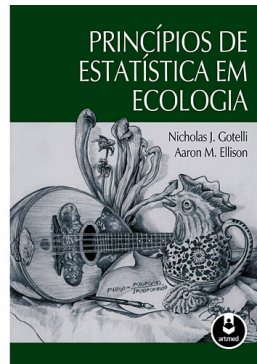


A seguir, concluimos acerca da **validade nossa hipótese científica**



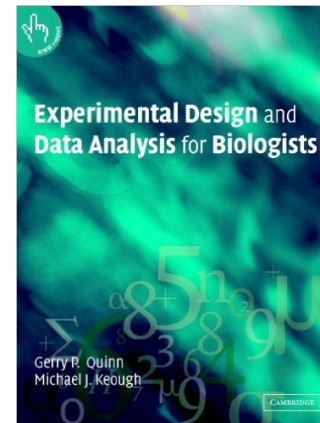
No entanto, a **força desta inferência** depende muito dos detalhes do delineamento experimental / amostral.

## REFERÊNCIAS E LEITURAS



Gotelli NJ, Ellison AM. 2011.  
**Princípios de Estatística em  
Ecologia.** Artmed

Capítulo 4



Quinn GP, Keough MJ.  
2002. **Experimental  
Design and Data Analysis  
for Biologists.** Cambridge  
University Press.

Capítulo 3