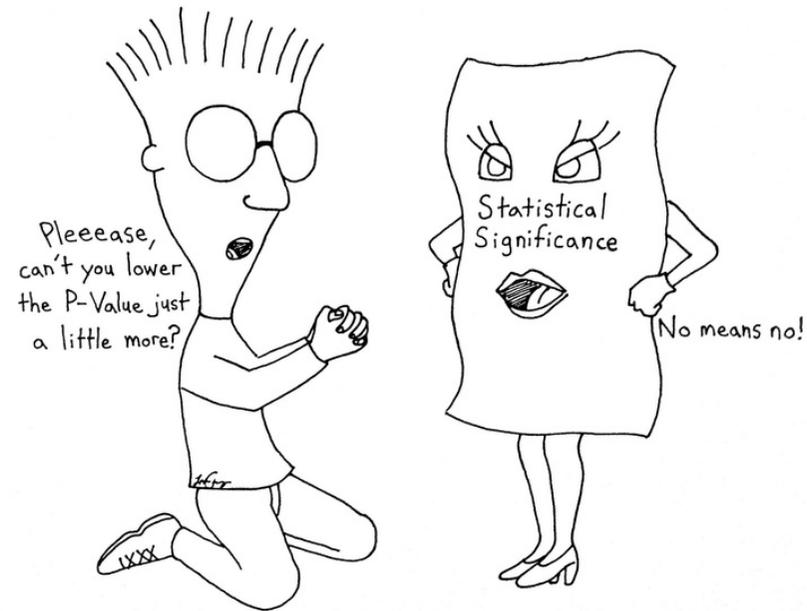


Teste de hipóteses



Camila de Toledo Castanho

2020

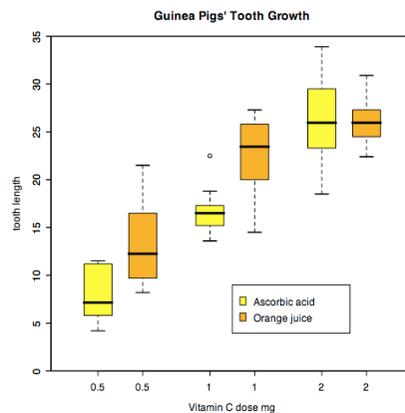
Conteúdo da aula

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?



- 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?



HIPÓTESE

- São explicações potenciais para representar observações do mundo externo
- É uma explicação provisória para um fenómeno
- 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?



PREVISÃO

- 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?

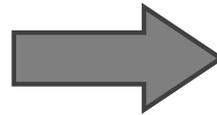
- **Hipótese** – estabelece relações entre as **variáveis teóricas** para representar um fenômeno
- **Previsão** – representação prática da hipótese utilizando **variáveis operacionais**

1. Procedimento Científico

**VARIÁVEIS
TEÓRICAS**

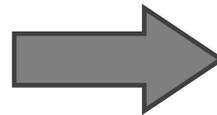
**VARIÁVEIS
OPERACIONAIS**

CRESCIMENTO



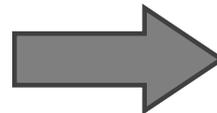
INCREMENTO DO DAP

SUCESSO
REPRODUTIVO



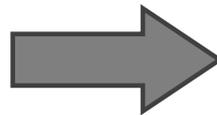
Nº DE FRUTOS

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

Estatística Descritiva

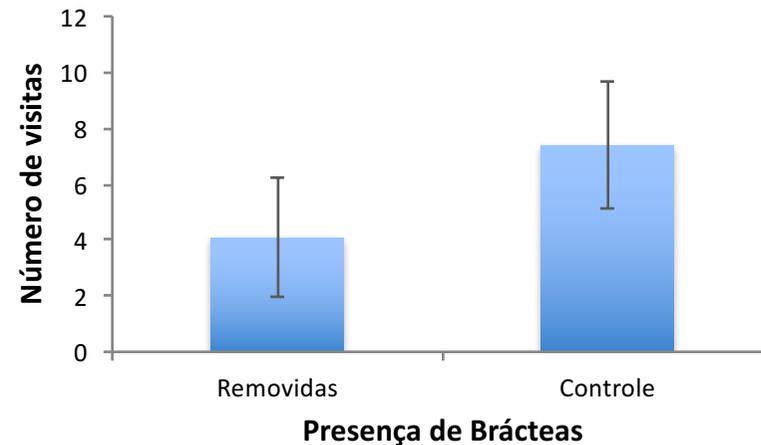
RESULTADO

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

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



Estatística Inferencial

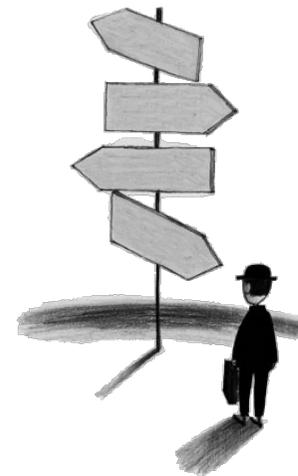
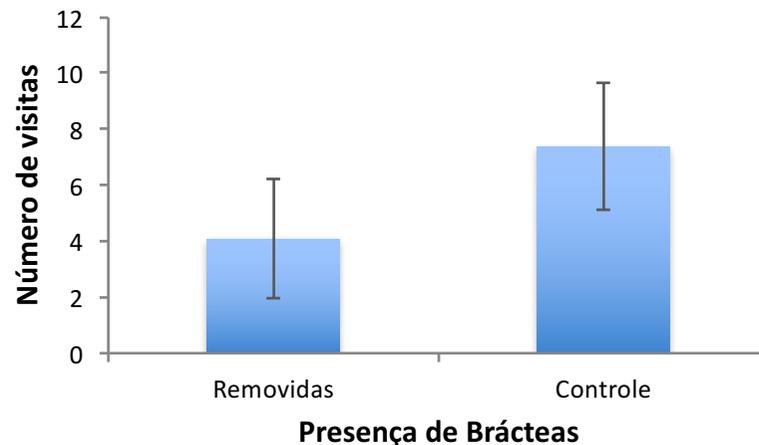


2. Testando hipótese estatísticas

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

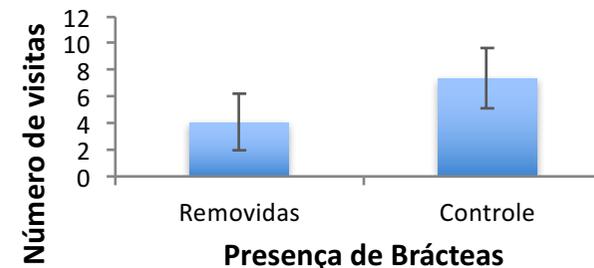
HIPÓTESE NULA (H_0) - hipótese mais simples para explicar as diferenças observadas. Inclui a afirmação de igualdade: **ausência de diferença entre os parâmetros populacionais** -> diferenças observadas são apenas devido **ao acaso**.

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

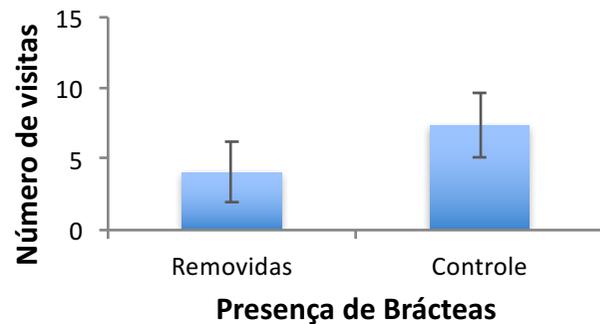


Fornecer evidências a favor hipótese científica

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?



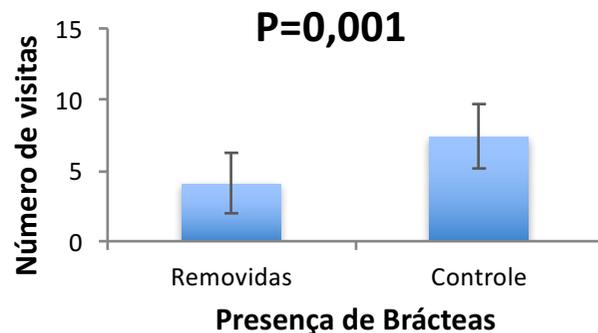
O valor de P é um guia para tomar esta decisão

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

P = P (estatística descritiva | H_0)

Medida de incompatibilidade entre um conjunto particular de dados e um modelo proposto

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?

Anos de prática
científica e tradição

Decisão
subjetiva


Valor crítico ou $\alpha = 0,05$

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

2. Testando hipótese estatísticas

RECOMENDAÇÃO DE LEITURAS SOBRE USO ADEQUADO DO TESTE DE SIGNIFICÂNCIA

- Wasserstein and Lazar 2016. The ASA's statement on P-values: context, process, and purpose. The American Statistician.
- Armhein et al. 2019. Retire statistical significance. Nature.
- Dushoff et al. 2019. I can see clearly now: reinterpreting statistical significance. Methods in Ecology and Evolution.

Principais críticas:

- A dicotomização entre “significativo” e “não significativo”;
- Confusão entre “significativo” e “importante/relevante”.

3. Testes uni e bicaudais

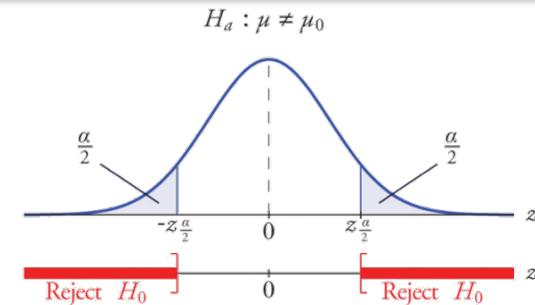
- Testes envolvendo médias podem ser bicaudais (ou bilaterais)



$$H_0: \mu_a = \mu_0$$

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

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



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

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

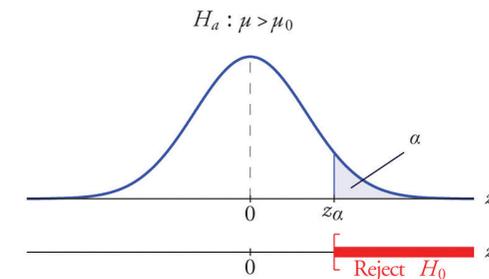
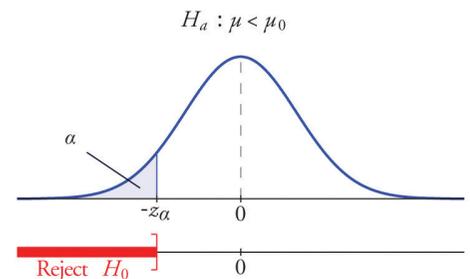
$$H_a: \mu_a < \mu_0$$

$$H_a: \mu_a > \mu_0$$

Exemplos:

✓ *HC:* A droga x diminui a pressão arterial dos pacientes

✓ *HC:* A presença de brácteas aumenta a polinização



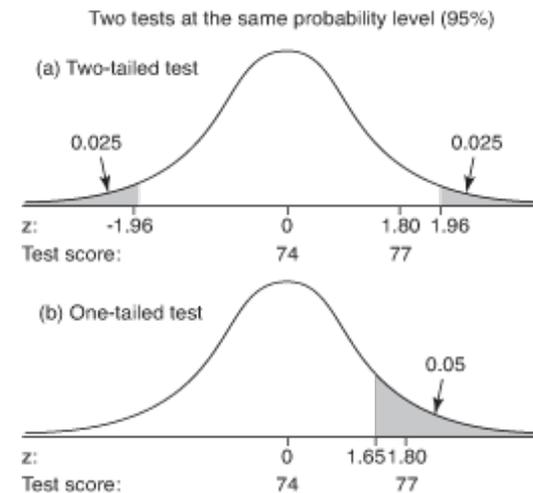
3. Testes uni e bicaudais

- **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 (α)
	H_0 falsa	Erro Tipo II (β)	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 (α)
	H_0 falsa	Erro Tipo II (β)	Decisão correta ($1-\beta$)

- Erro Tipo I: rejeição da hipótese nula quando ela é verdadeira
- α 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 (α)
	H_0 falsa	Erro Tipo II (β)	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 (α)
	H_0 falsa	Erro Tipo II (β)	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 (α)
	H_0 falsa	Erro Tipo II (β)	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
- **Probabilidade de cometer erro Tipo II em geral não é reportada**

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



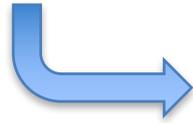
Agências reguladoras

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 nossos dados são compatíveis com um modelo estatístico proposto (H_0)

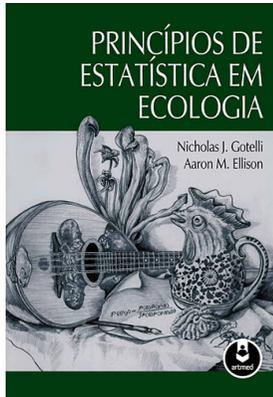


A seguir, concluímos acerca da **validade nossa hipótese científica**



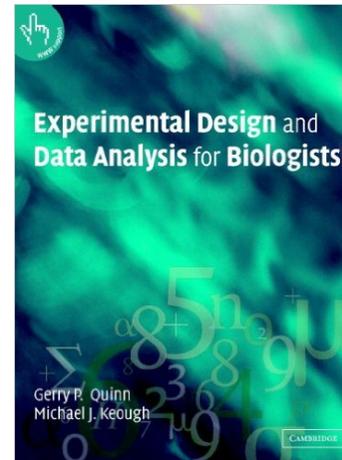
No entanto, a **força desta inferência** depende muito da **qualidade do delineamento amostral**, da precisão das medidas e da validade dos pressupostos do modelo estatístico.

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

ARTIGOS

- Wasserstein and Lazar 2016. The ASA's statement on P-values: context, process, and purpose. The American Statistician.
- Armhein et al. 2019. Retire statistical significance. Nature.
- Dushoff et al. 2019. I can see clearly now: reinterpreting statistical significance. Methods in Ecology and Evolution.