

ANÁLISE DE RESULTADOS

2

Conteúdo

1. Planejamento de Experimentos
2. **Análise de Resultados**
 - Introdução
 - Medidas de Desempenho
 - Análise Estatística dos Resultados
 - Comparação de Resultados
 - Procedimento para análise de resultados
 - Exemplos

3

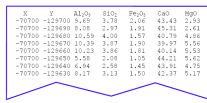
Conteúdo

1. Planejamento de Experimentos
2. **Análise de Resultados**
 - **Introdução**
 - Medidas de Desempenho
 - Análise Estatística dos Resultados
 - Comparação de Resultados
 - Procedimento para análise de resultados
 - Exemplos

4

Introdução


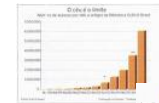
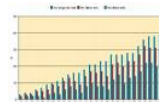
Estatística Descritiva



Coleta de Dados

↓

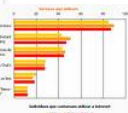
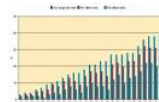
Massa de Dados

Organização dos Dados

↓

Dados agrupados

Caracterização dos Dados

↓

Parâmetros Típicos

H

μ \bar{X}

σ^2 σ

5

Introdução

• Inferência Estatística

- A partir de amostras -> conclusões sobre a população
- Erro amostral – elementos atípicos que não representam a amostra -> diferença entre amostra e população
- Amostra viciada – tendência maior em selecionar algum tipo de elemento

6

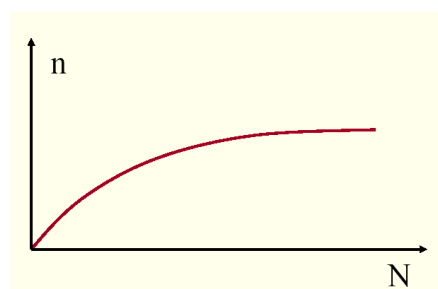
Introdução

• Inferência Estatística

- Erro amostral - cálculo aproximado

$$n = \frac{N \cdot n_0}{N + n_0}$$

$$n_0 = \frac{1}{E_0^2}$$



N – tamanho da população

E_0 – Erro amostral tolerável

n – tamanho da amostra



8

Análise de Resultados

Procedimento **equivocado** normalmente utilizado para uma avaliação:

1. Desenvolvimento de um procedimento para avaliação (coleta de dados, simulação...)
2. Validação e verificação do sistema de avaliação
3. Obtenção dos resultados através de **uma** execução da forma de avaliação escolhida
4. Conclusões sobre o sistema em estudo

Equivalente a se considerar uma amostra unitária

9


Análise de Resultados

Por que esse Procedimento está **errado**?

Aferição

entradas

↓



↓

saídas

→

Resultados

Tem-se controle de todo o sistema?

Como são controladas as entradas do sistema?

Quais as condições iniciais do sistema?

O que mais o sistema está processando no momento da avaliação?

Como avaliar a influência das trocas de contexto do S.O.?

Diferentes características a serem consideradas, p.ex., "onde estão localizadas as informações no disco?"

Sistema a ser Avaliado


10

Análise de Resultados

Modelagem

entradas

↓




↓

saídas

→

Modelo




→

↓

Variáveis aleatórias

↓



↓

Resultados Estocásticos

Sistema a ser Avaliado

Estimativa das

Execução da simulação

Representadas por

11

Análise de Resultados

Portanto,

Em uma Aferição, a medida obtida é uma dentre um conjunto de possibilidades;

Em uma Simulação Estocástica, tem-se uma variabilidade inerente ao processo estocástico da simulação.



Análise de Resultados

Cuidado...

“Como mentir com Estatística.”
livro célebre de Huff, 1954.

“Mentir pra si mesmo é sempre a pior mentira.”
Quase sem Querer (Legião Urbana)

Na verdade, nem sequer é preciso mentir, apenas mostrar a informação conveniente e omitir as outras.

-- Alguns políticos...

Conteúdo

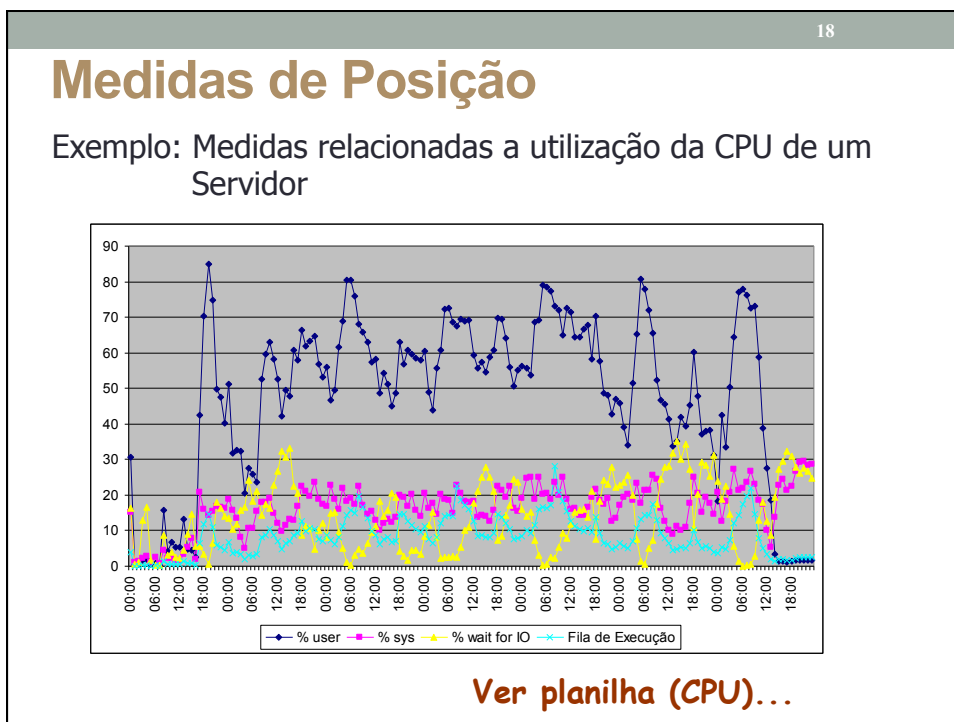
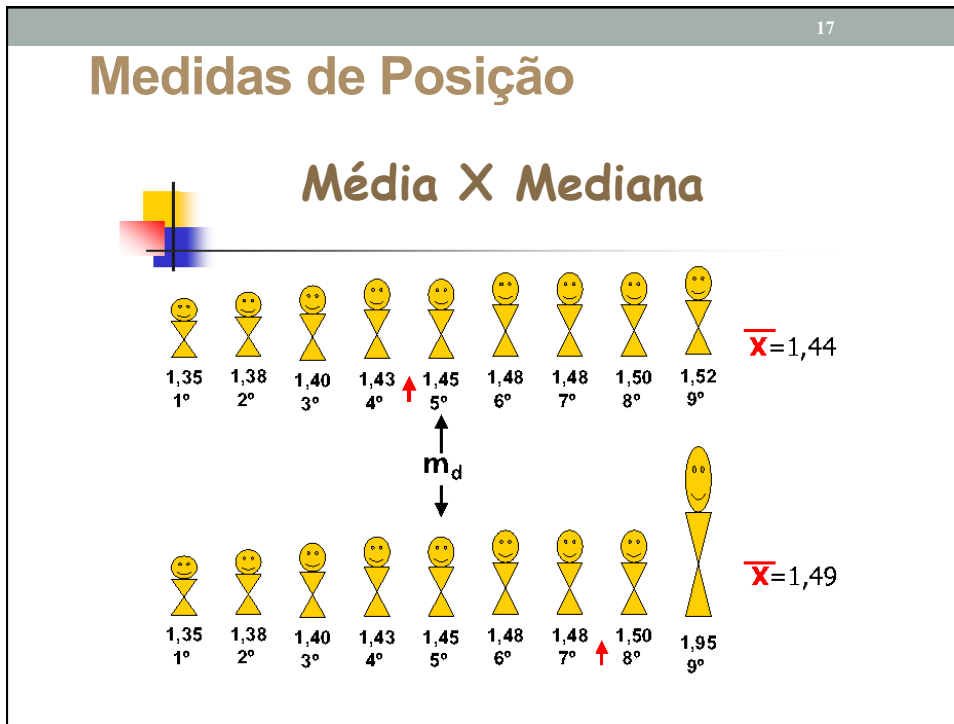
1. Planejamento de Experimentos
2. **Análise de Resultados**
 - Introdução
 - **Medidas de Desempenho**
 - Análise Estatística dos Resultados
 - Comparação de Resultados
 - Procedimento para análise de resultados
 - Exemplos

Medidas de Desempenho Comuns

- **Medidas de Posição**
 - Média
 - Moda
 - Mediana
- **Medidas de Dispersão**
 - Desvio Padrão
 - Variância

Medidas de Posição

- **Média**
 - média aritmética dos valores
 - valores extremos “puxam” a média
- **Moda**
 - valor que ocorre mais vezes
- **Mediana**
 - divide o conjunto em duas partes iguais
 - num conjunto ordenado a mediana está no centro
 - não é influenciada por valores extremos



Medidas de Dispersão

- Medidas de Dispersão

- Variância

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (v_i - m)^2$$

- Desvio Padrão

$$\sigma = \sqrt{\text{variância}}$$

Conteúdo

1. Planejamento de Experimentos
2. **Análise de Resultados**
 - Introdução
 - Medidas de Desempenho
 - **Análise Estatística dos Resultados**
 - Comparação de Resultados
 - Procedimento para análise de resultados
 - Exemplos

Análise de Resultados

Considera-se que alguma técnica para avaliação de desempenho e obtenção dos resultados tenha sido utilizada.

Análise de Resultados

- Durante a obtenção de dados sobre sistemas computacionais, tem-se que:

Os resultados de uma medição oferecem um resultado dentre muitos outros possíveis!

Análise de Resultados

- Acontece em qualquer experimento que gere um conjunto de resultados possíveis
- Após a obtenção dos resultados, estes devem ser analisados independentemente da técnica utilizada
- Qual resultado deve ser considerado?

Análise de Resultados

Como analisar os diferentes resultados de uma avaliação?

- Primeiro objetivo da análise estatística dos resultados é estimar o erro ou intervalo de confiança
- Deve-se considerar diversos resultados provenientes de diferentes execuções
 - Para simulação: utilizar conjuntos de números aleatórios sem correlação – diferentes sementes
 - Para aferição: considerar diversas medições independentes

Análise de Resultados

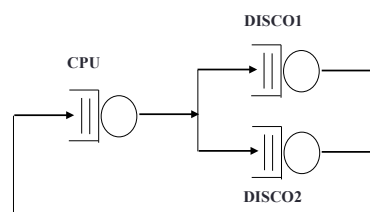
Como definir as sementes?

- Diferentes sementes → diferentes conjuntos de números aleatórios
- Pacotes de simulação permitem a escolha entre diferentes conjuntos
- Conjuntos de números aleatórios deve ser verificado – correlação entre os conjuntos

Análise de Resultados - Exemplo

Utilização da CPU

- Semente 1 → 0.33123
- Semente 2 → 0.32571
- Semente 3 → 0.32510
- Semente 4 → 0.31999
- Semente 5 → 0.33813



- Como analisar estes resultados?
- O perigo é utilizar resultados de uma única simulação para análise

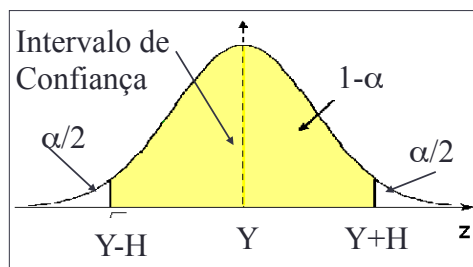
Intervalos de Confiança

- A partir de um conjunto de resultados possíveis queremos estimar o comportamento de um sistema
- Podemos utilizar:
 - Valores fixos
 - Intervalos
- Valores fixos não permitem estimar o erro cometido
- Intervalos de confiança permitem avaliar a confiança no resultado

O Que é Intervalo de Confiança

- Intervalo que com uma determinada probabilidade (confiança) contém o valor do parâmetro estudado

Confiança = $100 \cdot (1 - \alpha)\%$
 α = probabilidade de erro
 Y = média da amostra
 H = Largura do Intervalo de Confiança

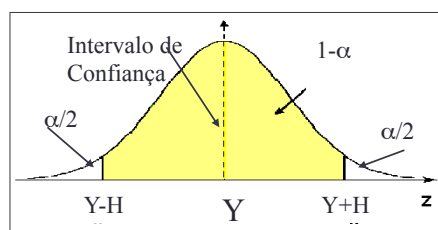


29

Qual o significado do Intervalo de Confiança?

- Se Confiança = 95%, então tem-se 95% de chance de que o parâmetro medido estará dentro do intervalo
- Porém nada garante que o resultado de uma única execução (Y_i) cairá no intervalo

O resultado de uma única execução poderá estar na área definida por $\alpha/2$



30

Como determinar o Intervalo de Confiança?

(para amostras menores que 30)

1. Ordenar os valores obtidos
2. Eliminar os $\alpha/2$ maiores valores
3. Eliminar os $\alpha/2$ menores valores
4. Obtém-se o intervalo procurado

Ou então...

Utilizar o Teorema do Limite Central e a Tabela t-student

31

STATISTICAL TABLES 631

A.4 QUANTILES OF THE t DISTRIBUTION

Table A.4 lists $t_{[p; n]}$. For example, the $t_{[0.95; 13]}$ required for a two-sided 90% confidence interval of the mean of a sample of 14 observations is 1.771.

TABLE A.4 Quantiles of the t Distribution

n	p							
	0.6000	0.7000	0.8000	0.9000	0.9500	0.9750	0.9950	0.9995
1	0.325	0.727	1.377	3.078	6.314	12.706	63.657	636.619
2	0.289	0.617	1.061	1.886	2.920	4.303	9.925	31.599
3	0.277	0.584	0.978	1.638	2.353	3.182	5.841	12.924
4	0.271	0.569	0.941	1.533	2.132	2.776	4.604	8.610
5	0.267	0.559	0.920	1.476	2.015	2.571	4.032	6.869
6	0.265	0.553	0.906	1.440	1.943	2.447	3.707	5.959
7	0.263	0.549	0.896	1.415	1.895	2.365	3.499	5.408
8	0.262	0.546	0.889	1.397	1.860	2.306	3.355	5.041
9	0.261	0.543	0.883	1.383	1.833	2.262	3.250	4.781
10	0.260	0.542	0.879	1.372	1.812	2.228	3.169	4.587
11	0.260	0.540	0.876	1.363	1.796	2.201	3.106	4.437
12	0.259	0.539	0.873	1.356	1.782	2.179	3.055	4.318
13	0.259	0.538	0.870	1.350	1.771	2.160	3.012	4.221
14	0.258	0.537	0.868	1.345	1.761	2.145	2.977	4.140
15	0.258	0.536	0.866	1.341	1.753	2.131	2.947	4.073
16	0.258	0.535	0.865	1.337	1.746	2.120	2.921	4.015
17	0.257	0.534	0.863	1.333	1.740	2.110	2.898	3.965
18	0.257	0.534	0.862	1.330	1.734	2.101	2.878	3.922
19	0.257	0.533	0.861	1.328	1.729	2.093	2.861	3.883
20	0.257	0.533	0.860	1.325	1.725	2.086	2.845	3.850
21	0.257	0.532	0.859	1.323	1.721	2.080	2.831	3.819
22	0.256	0.532	0.858	1.321	1.717	2.074	2.819	3.792
23	0.256	0.532	0.858	1.319	1.714	2.069	2.807	3.768
24	0.256	0.531	0.857	1.318	1.711	2.064	2.797	3.745
25	0.256	0.531	0.856	1.316	1.708	2.060	2.787	3.725
26	0.256	0.531	0.856	1.315	1.706	2.056	2.779	3.707
27	0.256	0.531	0.855	1.314	1.703	2.052	2.771	3.690
28	0.256	0.530	0.855	1.313	1.701	2.048	2.763	3.674
29	0.256	0.530	0.854	1.311	1.699	2.045	2.756	3.659
30	0.256	0.530	0.854	1.310	1.697	2.042	2.750	3.646
60	0.254	0.527	0.848	1.296	1.671	2.000	2.660	3.460
90	0.254	0.526	0.846	1.291	1.662	1.987	2.632	3.402
120	0.254	0.526	0.845	1.289	1.658	1.980	2.617	3.373

32

Como determinar o Intervalo de Confiança?

Média Amostral $\rightarrow Y_i =$ Média das observações de uma execução

Estimativa Global $\rightarrow Y =$ Média das médias amostrais

Variância Amostral $\rightarrow s^2 = \sum_{i=1}^N (y_i - y)^2 / (N - 1)$

Desvio Padrão (DP) $\rightarrow \sqrt{s^2}$

$t_{1-\alpha/2, N-1} \rightarrow$ distribuição Student com N-1 graus de liberdade e nível de confiança igual a $1 - \alpha$

Como determinar o Intervalo de Confiança?

Largura do Intervalo de Confiança de $100(1 - \alpha)\%$:

$$H = t * \text{desvio}$$

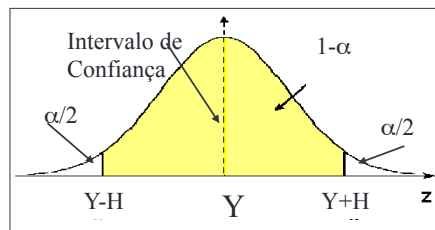
$$H = t_{1-\alpha/2, N-1} * \sqrt{S^2}$$

Intervalo de confiança:

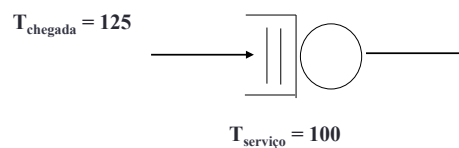
$$Y \pm H$$

Relação entre halfwidth e média: (Amplitude do IC)

$$H/Y$$



Exemplo



- X_i : tempo na fila para cliente i
- X : tempo médio na fila para 5.000 clientes
- μ : média real para tempo na fila -> não conhecido

35

Exemplo

- Simulação executada 10 vezes para diferentes conjuntos de números aleatórios, obtendo-se:

331,993	447,532
366,052	420,858
403,524	355,959
464,856	492,144
393,393	389,200

$$Y = 406,551$$

Esse valor está suficientemente próximo de μ ?

36

Exemplo

- Simulação executada 10 vezes

$$1-\alpha = 0,95 \rightarrow \alpha = 0,05$$

$$\text{Média} = Y = 406,551$$

$$\text{Variância} = S^2 = \sum_{i=1}^{10} \frac{(331,993 - 406,551)^2 + \dots + \dots}{9} = 2539,082$$

$$\text{DP} = \sqrt{S^2} = \sqrt{2539,082} = 50,389$$

$$t_{.05/2;9} = 2,26$$

$$H = t_{.05/2;9} * \text{DP} = 113,88$$

$$\text{IC: } 292,67 - 520,43 \text{ (} Y \pm H \text{)}$$

331,993	447,532
366,052	420,858
403,524	355,959
464,856	492,144
393,393	389,200

37

Exemplo

$H = 113,88$

IC: 292,67 – 520,43

Se a simulação for repetida várias vezes e em cada vez for determinado o intervalo de confiança, 95% destes intervalos irão conter a média verdadeira

Valores individuais podem estar fora do intervalo de confiança

Tem-se 95% de certeza que a média verdadeira está entre 292,67 – 520,43

38

Exemplo

Média = $Y = 406,554$

$H = 113,88$

IC: 292,67 – 520,43

Amplitude do intervalo de confiança = 226,76 \Rightarrow 55,7% do valor médio

Não é um valor muito grande?

Como diminuir?

Aumentando o número de replicações!

Procedimento para análise de resultados

1. Escolher as variáveis de resposta adequadas e suficientes para atingir o objetivo
2. Escolher os fatores e níveis adequadamente
3. Realizar o experimento quantas vezes forem necessárias
4. Pensar na melhor forma de apresentar os dados
5. Fazer o tratamento estatístico adequado para os resultados
6. Observar os resultados e correlacioná-los com o que se conhece do sistema sendo avaliado

Créditos

- Aos professores Marcos e Regina Santana, do LaSDPC-ICMC/USP, pela versão original destes slides.