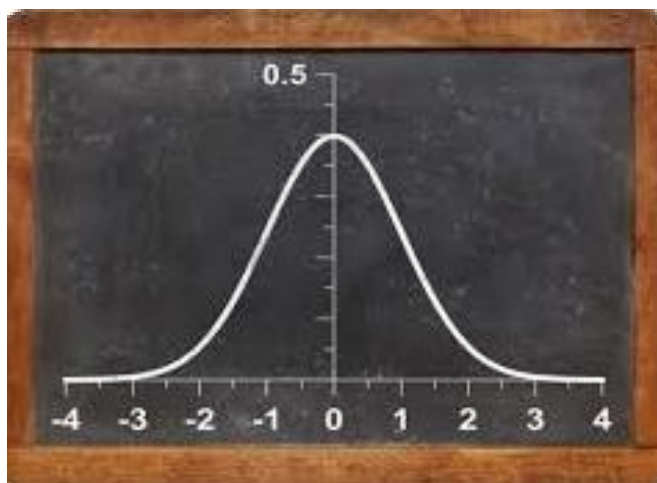


Universidade Federal do Paraná
Departamento de Química
QUÍMICA ANALÍTICA FUNDAMENTAL



Estatística básica



Prof. Dr. Patricio Peralta-Zamora
Profa. Dra. Noemi Nagata
Prof. Dr. Dênio E. Pires Souto



Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

SITUAÇÃO PROBLEMA





Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

NÚMEROS NA QUÍMICA ANALÍTICA

Algarismos Significativos





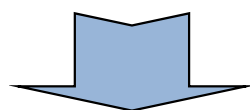
Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

QUÍMICA ANALÍTICA

ciência eminentemente quantitativa

MEDIDAS

Concentração, constante de equilíbrio, velocidade de reações, etc.



O verdadeiro valor de uma propriedade não
pode ser exatamente determinado



Aproximações



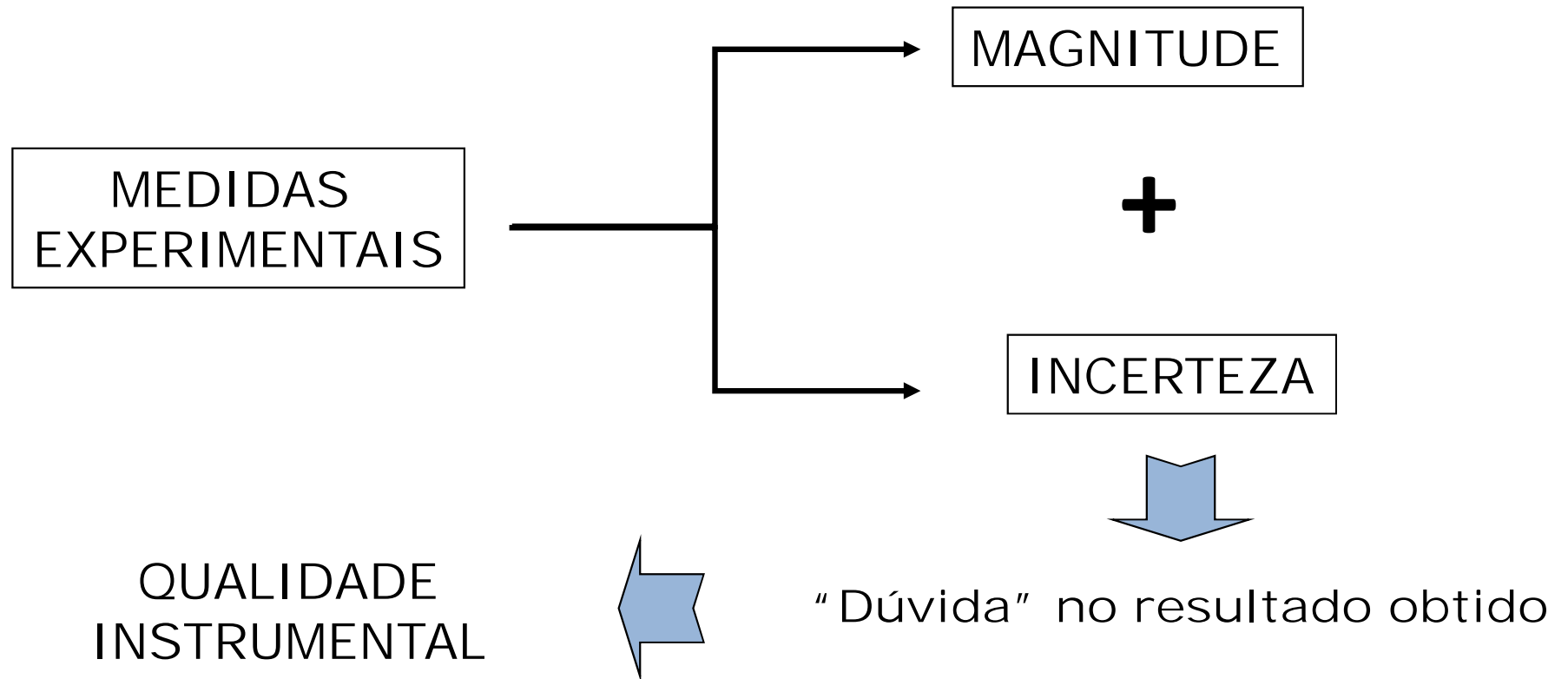
Confiabilidade do instrumento de medida





Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

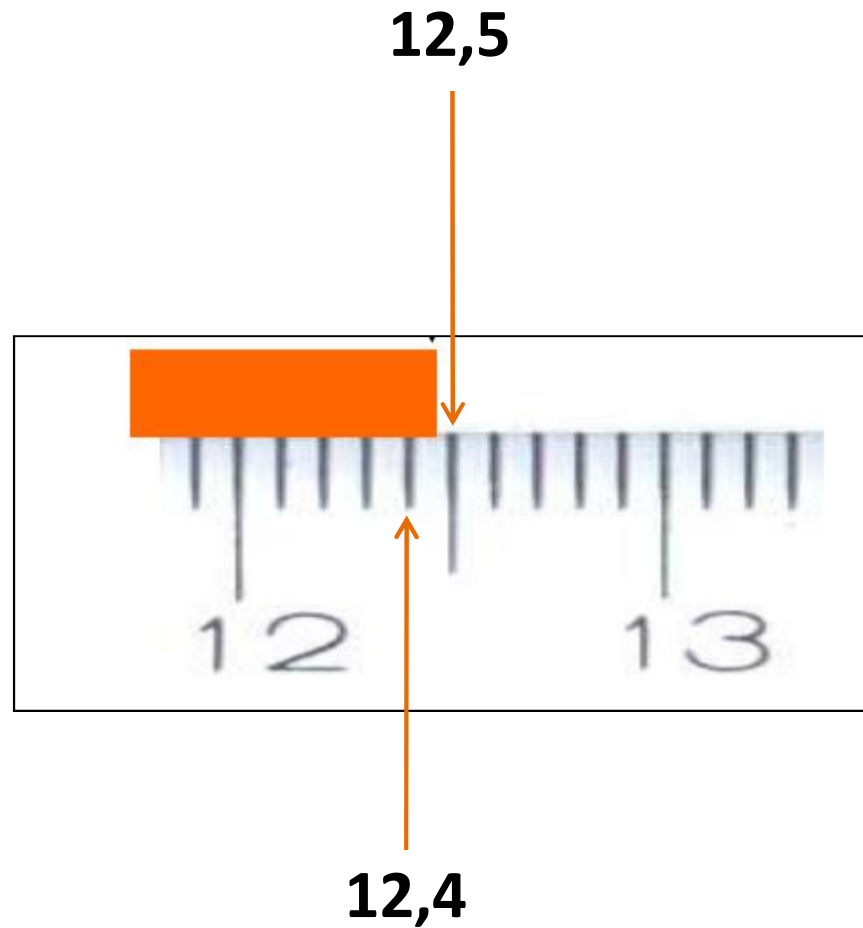
ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS





Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS



Incerteza
= 12,45

12,45 \pm 0,05

Metade da menor unidade



ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

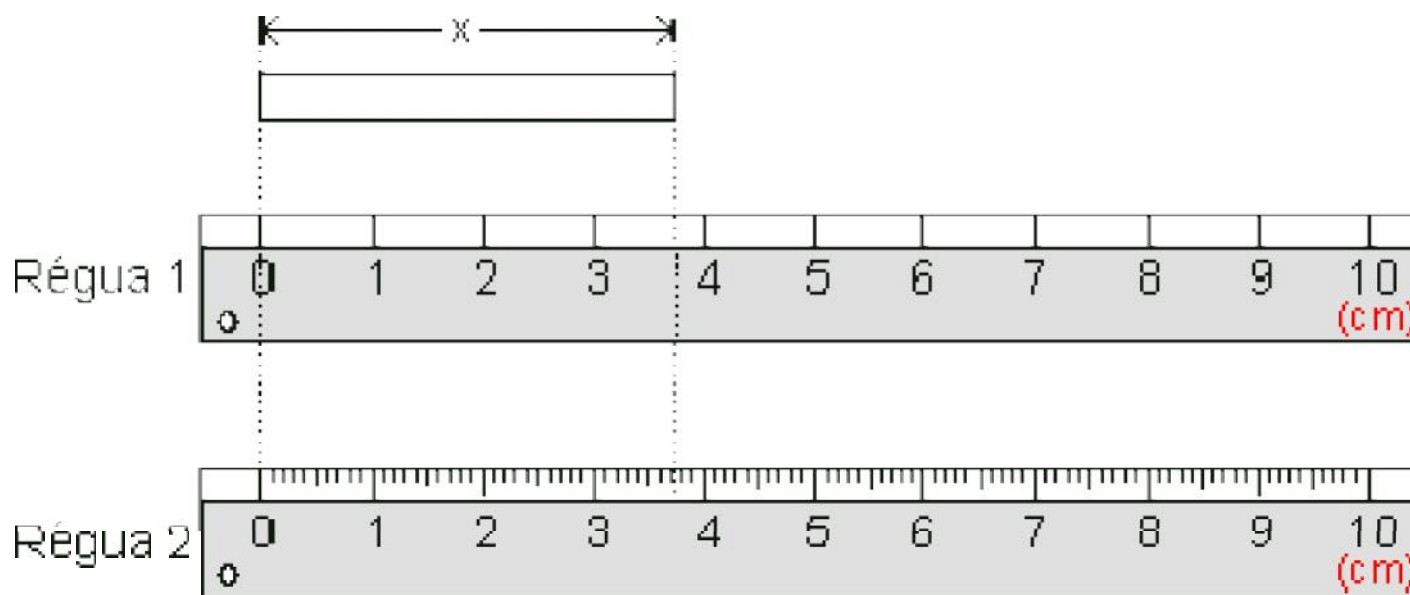
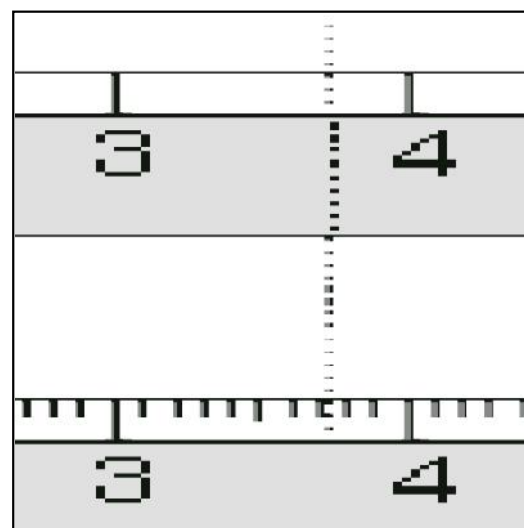


Fig. 1



➡ **3,7**

➡ **3,72**



Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

0,01 g



0,001 g



0,0001 g





Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

10,0 mL



10,00 mL





Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

ALGARI SMOS SIGNIFICATIVOS

10 mL



10,00 mL





Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

Regras

1. Os zeros posicionados à esquerda do número não são contados como algarismos significativos.

0,0011 Kg ou 1,1 g (2 algarismos significativos)

2. Os zeros posicionados à direita ou no meio de outros dígitos são significativos desde que sejam representativos da incerteza da medida.

Balança analítica – $m = 0,1000$ g (4 algarismos significativos)

3. Para medidas usando log, o número de algarismos significativos é igual ao número de dígitos após a vírgula (casas decimais).

pH = 2,45 (2 algarismos significativos)





Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

Regras

4. Números exatos (coeficientes estequiométricos, fatores de conversão) tem número infinito de algarismos significativos.



5. Quando se utiliza uma medição em um cálculo, o resultado nunca pode ter uma certeza maior do que a certeza da medição.





Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

Regras

Adição e Subtração

O resultado deve conter tantas casas decimais quantas existirem no fator com menor número de casas decimais.

135,621

3 casas decimais

0,33

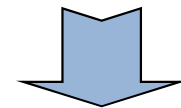
2 casas decimais

21,2163

4 casas decimais

157,1673

Resultado deve ter...2 casas decimais



157,17



Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

Exceção a regra geral

Considera-se duas medidas que possuem incerteza de cerca de 1%

$$\begin{aligned} 101 &\pm 1 \\ 99 &\pm 1 \end{aligned}$$

A incerteza relativa na resposta final também deve ser cerca de 1%

$$101 / 99 = 1,02$$

Pelas regras gerais o resultado deveria ser expresso como 1,0 (2 algarismos significativos), mas isso implica uma incerteza relativa de 10%.

$$1,0 \pm 0,1$$

$$1,02 \pm 0,01$$





ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

Arredondamento

Existem várias maneiras para realizar o arredondamento de dados proveniente de cálculos.

1. Elimine-se a tendência de arredondar em uma única direção
2. Utilize sempre o mesmo critério
3. Faça o arredondamento somente na resposta final

Ao arredondar números: < 5 , manter o último dígito

Ex. Arredondar para 2 algarismos significativos: 61,4593... 61

Ao arredondar números: > 5 , somar 1 ao último dígito

Ex. Arredondar para 4 algarismos significativos: 61,4593... 61,46

Ao arredondar o número 5, arredondar para o número par mais próximo

Ex. Arredondar para 3 algarismos significativos: 61,4593... 61,5



TIPOS DE ERROS

Erros Determinados (ou Sistemáticos)

- Causa identificável;
- Geram um viés na mesma direção – negativo ou positivo;
- Afetam a exatidão dos resultados ;
- Decorrentes de Erros Instrumentais, Erros de Método e Erros Pessoais.

Erros Indeterminados (ou Aleatórios)

- Provocados por variáveis incontrolláveis de qq análise ;
- Não pode ser claramente identificada ;
- Afetam a precisão dos resultados ;
- Distribuição dos dados é aleatória.

Erros Grosseiros

- Ocorrem de forma ocasional ;
- Levam a ocorrência de valores anômalos.





Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

UM POUCO DE ESTATÍSTICA

com quantos grãos se faz uma feijoada?





Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

Situação problema:
com quantos grãos se faz uma feijoada?

Definir a situação:
Feijoada para 20 pessoas = 1 Kg de feijão

Pergunta: Quantos grãos tem em 1 Kg de feijão?

Alternativa 1:

Contar grão por grão do pacote de 1 Kg de feijão



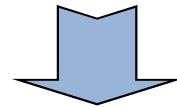


Alternativa 2:

Pesar um grão de feijão (em g) e dividir 1.000 g por este valor

Caso 1: 0,1188 g \Rightarrow 8.418 grãos

Caso 2: 0,2673 g \Rightarrow 3.741 grãos

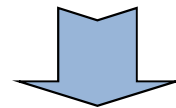


Método inadequado: variação imprevisível

Alternativa 3:

Utilizar o peso médio real....pesar grão por grão do pacote

Posteriormente, dividir 1.000 g pelo peso médio real

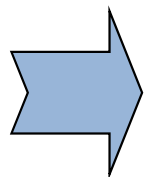
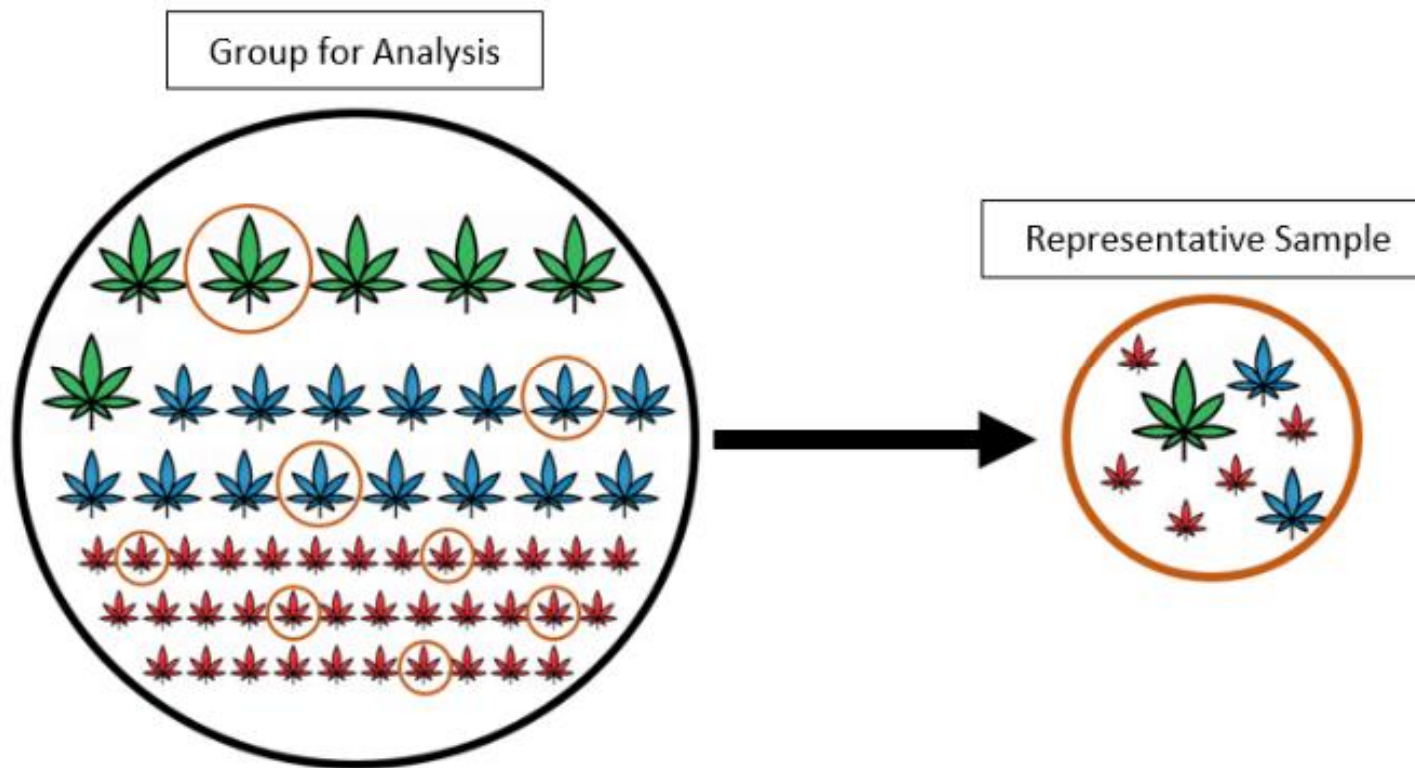


Método inviável: estaca zero



Alternativa 4:

Colher e pesar amostra representativa da população
(amostragem aleatória)



Proposta: pesar 140 grãos de feijão



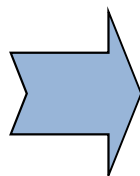
Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

Alternativa 4:

Maior: 0,3043 g

Maior tendência: 0,2 g

Menor: 0,1188 g



0,1188	0,2673	0,1795.....	0,1860	0,2045
0,1795	0,1910	0,1409	0,1965	0,2326
0,2382	0,2091	0,2660.....	0,2058	0,1666
0,2505	0,1823	0,1590	0,1985	0,1769
0,1810	0,2126	0,1596	0,3043	0,1683
0,2327	0,2137	0,1793	0,1968	0,2433
0,2311	0,1902	0,1970	0,1421	0,1202
0,2459	0,2098	0,1817	0,2200	0,2025
0,1996	0,1995	0,1732	0,1708	0,2465
0,1848	0,2184	0,2254	0,2262	0,1950
0,1965	0,1773	0,1340	0,1463	0,1917
0,2593	0,1799	0,2585	0,1629	0,1875
0,2657	0,2666	0,2535	0,2266	0,2143
0,1399	0,2790	0,1988	0,2186	0,1606



Para melhor visualização organiza-se um gráfico de freqüências

Intervalo	Grãos	Freqüência*
0,11-0,12	1	0,07
0,12-0,13	1	0,07
0,13-0,14	3	0,021
0,14-0,15	7	0,050
0,15-0,16	4	0,029
-	-	-
0,19-0,20	20	0,143
0,20-0,21	17	0,121
0,21-0,22	9	0,064
0,22-0,23	8	0,057
0,23-0,24	10	0,071
-	-	-
0,28-0,29	1	0,07
0,29-0,30	0	0,00
0,30-0,31	1	0,07

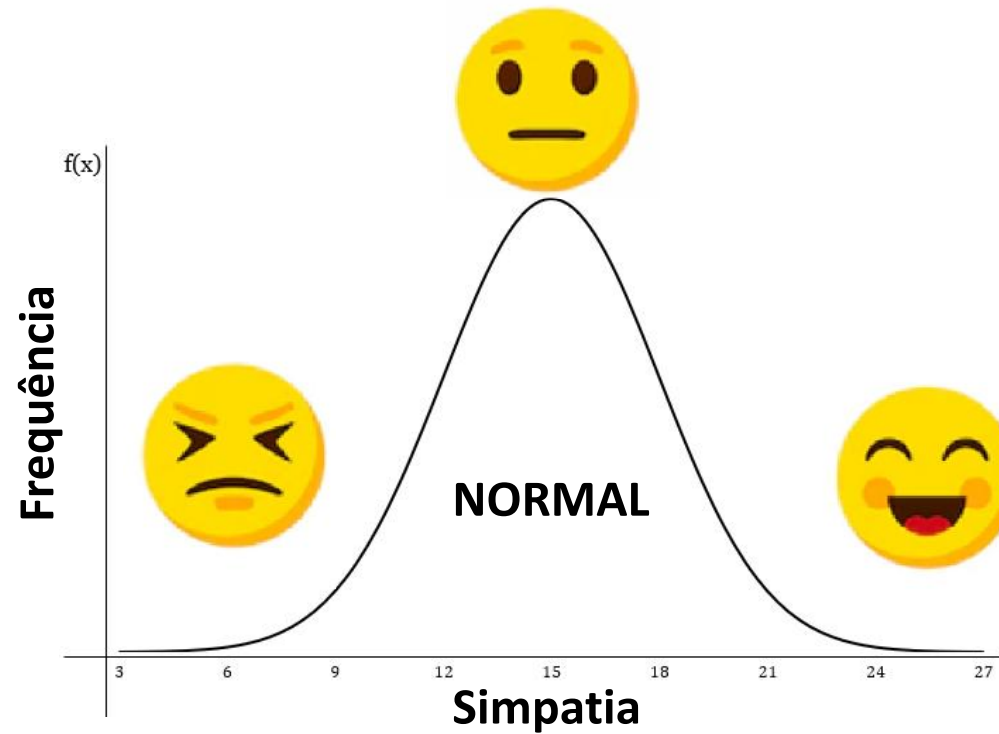
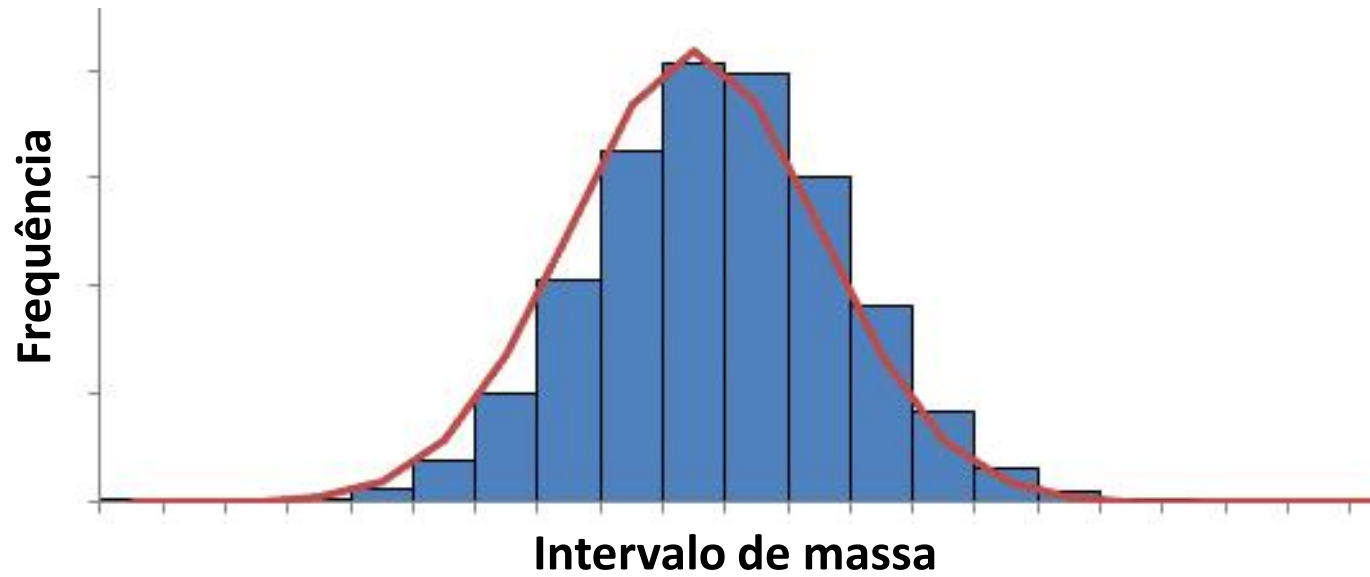


* Número de grãos no intervalo dividido pelo total de grãos (140)



Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

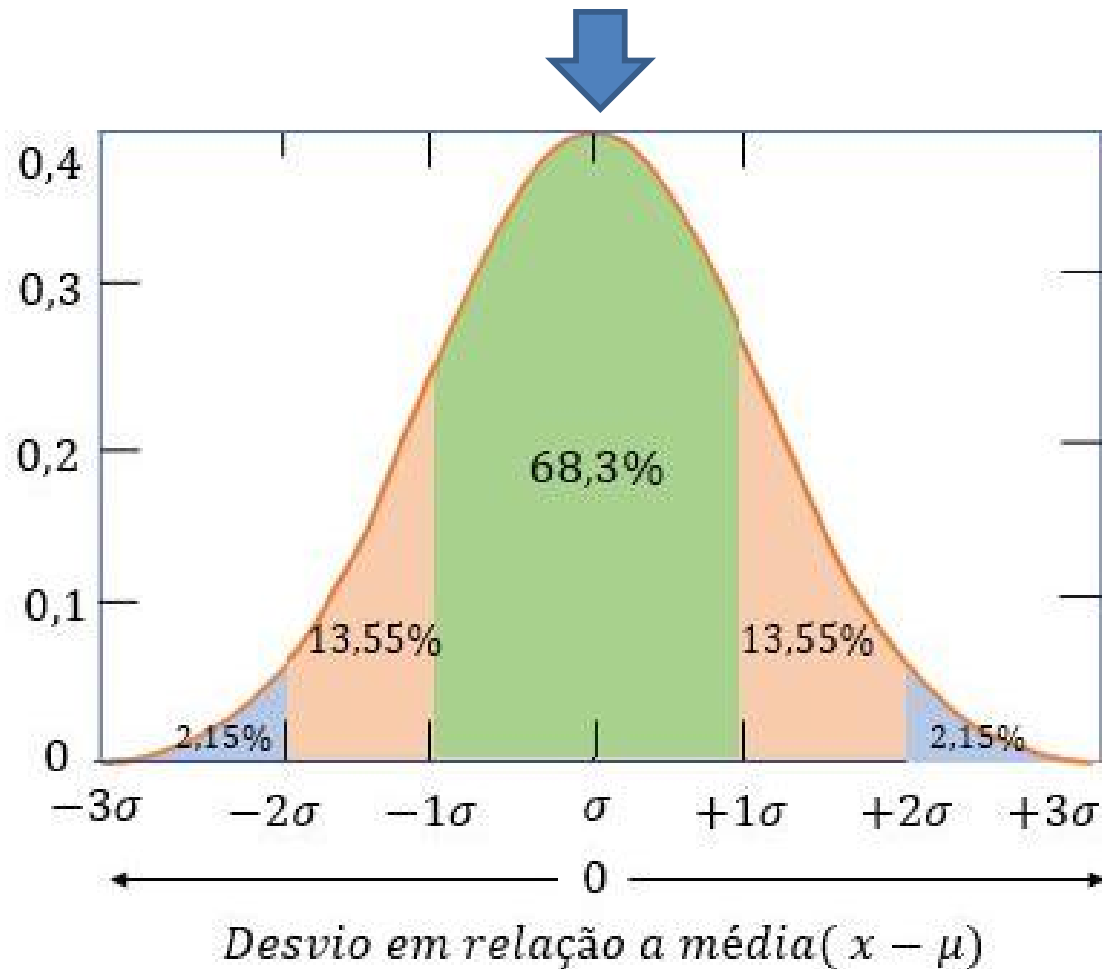
HISTOGRAMA





DISTRIBUIÇÃO NORMAL OU GAUSSIANA

Formato de sino (unimodal)

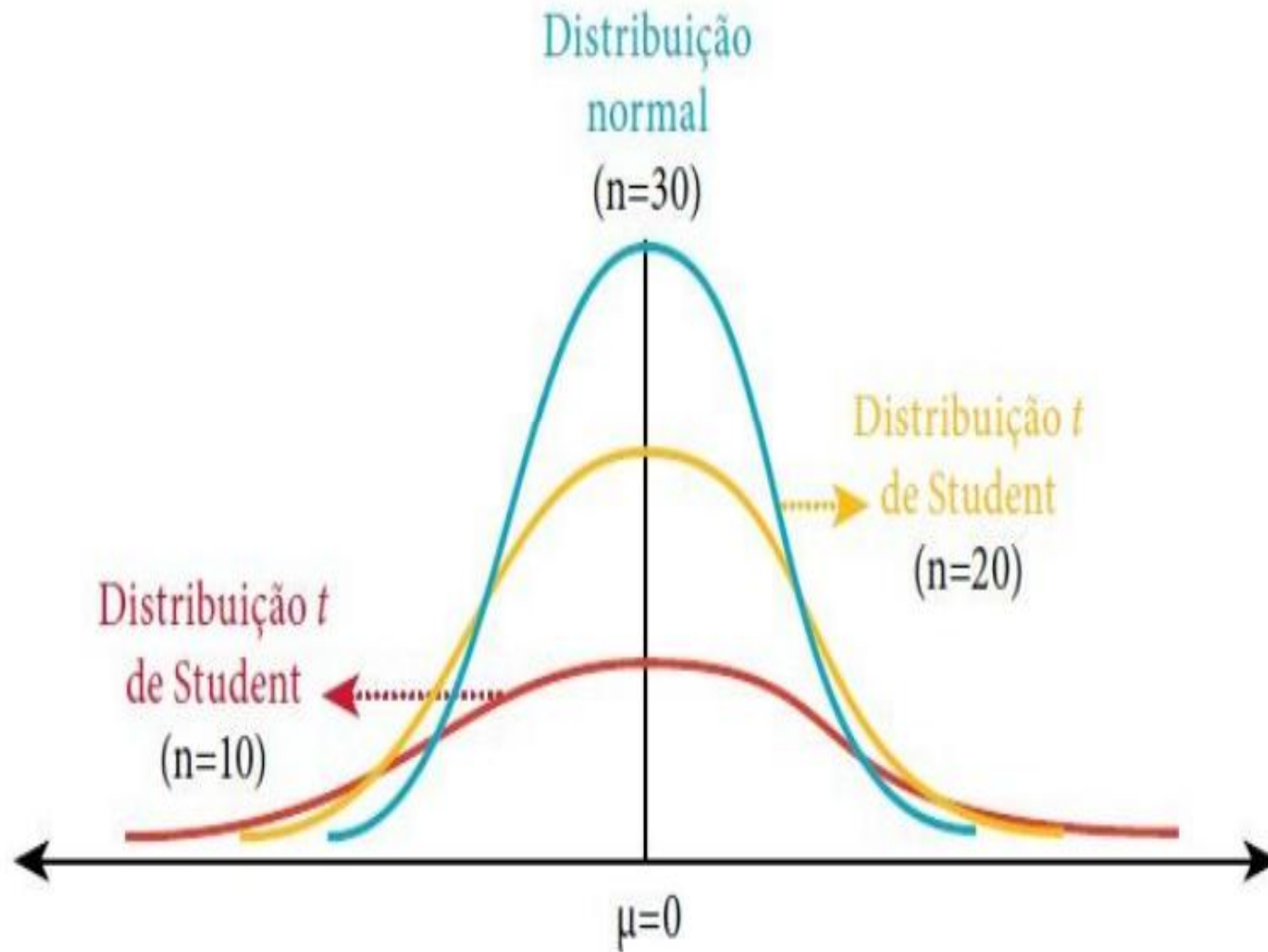


- Distribuição contínua
- Perfeitamente simétrica em torno da média.
- Com o valor de densidade máximo na média, caindo rapidamente quando se afasta dela, sendo que com $3s$ a densidade é praticamente zero



Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

DISTRIBUIÇÃO DE STUDENT



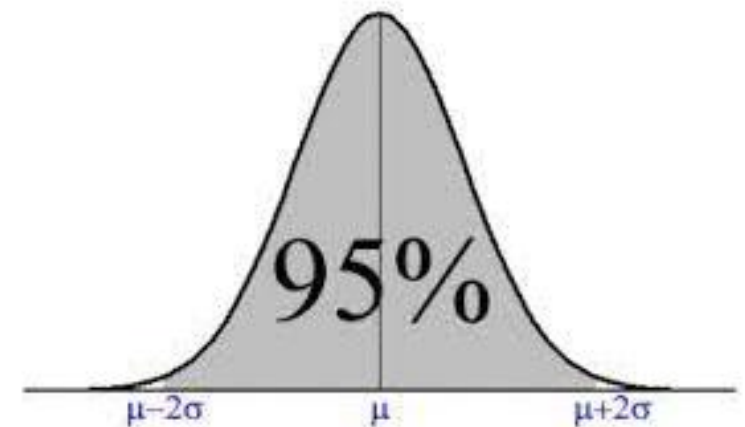
William Sealy Gosset
(Student)
(Inglaterra, 1876-1937)



Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

DISTRIBUIÇÃO DE STUDENT

GL	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	0,690	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	0,689	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	0,688	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	0,688	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	0,687	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845





PARÂMETROS ESTATÍSTICOS

MÉDIA

(tendência central dos dados)

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

DESVIO

(dispersão dos dados – média)

$$d = X_i - \overline{X}$$

VARIÂNCIA

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \overline{X})^2}{n-1}$$

DESVIO PADRÃO

$$s = \sqrt{s^2}$$

INTERVALO DE CONFIANÇA DA MÉDIA

$$X = \overline{X} \pm \frac{ts}{\sqrt{n}}$$

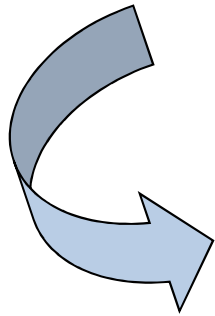


P/ Pergunta: Quantos grãos tem em 1 Kg de feijão?

$$X = 0,2024 \text{ g}$$

$$S = 0,0363 \text{ g}$$

$$t(95\%, n=140) = 1,96$$



$$0,1964 \text{ g} < \bar{X} < 0,2084 \text{ g}$$

$$4798 < \text{grãos} < 5092 \text{ (95\% de confiança)}$$

$$4755 < \text{grãos} < 5141 \text{ (99\% de confiança)}$$



EXATIDÃO VS PRECISÃO



Baixa precisão
Alta exatidão



Alta precisão
Alta exatidão



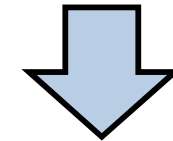
Baixa precisão
Baixa exatidão



Alta precisão
Baixa exatidão

Exatidão

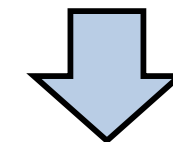
Coerência com valor verdadeiro



ERRO

Precisão

Coerência entre resultados



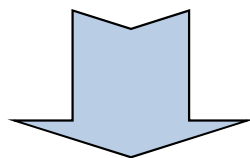
DESVIO



Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

CORRELACIONANDO COM QUÍMICA ANALÍTICA

Em geral, ensaios envolvendo replicatas
(sem ocorrência de erros grosseiros e determinados)



Geram distribuição dos resultados que se aproximam da curva
gaussiana (distribuição normal)

Fato que possibilita o julgamento da confiabilidade de dados e
aplicação de testes de hipótese



Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

TESTES ESTATÍSTICOS

Detecção de Erros Grosseiros (Amostras Anômalas)

TESTE Q

TESTES DE HIPÓTESES

Comparação entre Precisões (Duas metodologias)

TESTE F

Comparação entre Resultados - Média (Duas metodologias)

TESTE t (médias experimentais ou média conhecida)

TESTE t PAREADO



TESTE Q

Detecção de erros

Etapa 1: colocar os resultados em ordem crescente


Etapa 2: calcular a faixa (**F**: diferença entre maior e menor valor)

Etapa 3: calcular a diferença entre o menor valor e o seu vizinho (**D**)

Etapa 4

Calcular $Q_{\text{exp.}}$ dividindo D1 por F

Comparar com $Q_{\text{crítico}}$ (tabelado)

Se $Q_{\text{exp.}} > Q_{\text{crítico}}$  Rejeitar

Continua.....



Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

TESTE Q

Detecção de erros

Valores Críticos para o Cociente de Rejeição, Q^*			
Número de Observações	Q_{crit} (Rejeitar se $Q > Q_{\text{crit}}$)		
	90% de Confiança	95% de Confiança	99% de Confiança
3	0,941	0,970	0,994
4	0,765	0,829	0,926
5	0,642	0,710	0,821
6	0,560	0,625	0,740
7	0,507	0,568	0,680
8	0,468	0,526	0,634
9	0,437	0,493	0,598
10	0,412	0,466	0,568

*Reimpresso com permissão de D. B. Rorabacher, *Anal. Chem.*, 1991, v. 63, p. 139. Copyright 1991 American Chemical Society.



TESTE F

Comparação entre Precisões (Duas metodologias)

$$F_{\text{calc}} = \frac{s_x^2}{s_y^2}$$

Dados de F_{calc} devem ser sempre maiores que 1,0
Portanto dados "x" devem ser os de maior variância

$$F_{\text{calc}} < F_{\text{tab}} \dots\dots$$

Precisão entre as metodologias NÃO DIFEREM entre si no nível de confiança desejado

$$F_{\text{calc}} > F_{\text{tab}} \dots\dots$$

Precisão entre as metodologias DIFEREM entre si no nível de confiança desejado



TESTE F

Table A.4 Critical values of F for a two-tailed test ($P = 0.05$)

v_2	v_1 (N-1)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20
1	647.8	799.5	864.2	899.6	921.8	937.1	948.2	956.7	963.3	968.6	976.7	984.9	993.1
2	38.51	39.00	39.17	39.25	39.30	39.33	39.36	39.37	39.39	39.40	39.41	39.43	39.45
3	17.44	16.04	15.44	15.10	14.88	14.73	14.62	14.54	14.47	14.42	14.34	14.25	14.17
4	12.22	10.65	9.979	9.605	9.364	9.197	9.074	8.980	8.905	8.844	8.751	8.657	8.560
5	10.01	8.434	7.764	7.388	7.146	6.978	6.853	6.757	6.681	6.619	6.525	6.428	6.329
6	8.813	7.260	6.599	6.227	5.988	5.820	5.695	5.600	5.523	5.461	5.366	5.269	5.168
7	8.073	6.542	5.890	5.523	5.285	5.119	4.995	4.899	4.823	4.761	4.666	4.568	4.467
8	7.571	6.059	5.416	5.053	4.817	4.652	4.529	4.433	4.357	4.295	4.200	4.101	3.999
9	7.209	5.715	5.078	4.718	4.484	4.320	4.197	4.102	4.026	3.964	3.868	3.769	3.667
10	6.937	5.456	4.826	4.468	4.236	4.072	3.950	3.855	3.779	3.717	3.621	3.522	3.419
11	6.724	5.256	4.630	4.275	4.044	3.881	3.759	3.664	3.588	3.526	3.430	3.330	3.226
12	6.554	5.096	4.474	4.121	3.891	3.728	3.607	3.512	3.436	3.374	3.277	3.177	3.073
13	6.414	4.965	4.347	3.996	3.767	3.604	3.483	3.388	3.312	3.250	3.153	3.053	2.948
14	6.298	4.857	4.242	3.892	3.663	3.501	3.380	3.285	3.209	3.147	3.050	2.949	2.844
15	6.200	4.765	4.153	3.804	3.576	3.415	3.293	3.199	3.123	3.060	2.963	2.862	2.756
16	6.115	4.687	4.077	3.729	3.502	3.341	3.219	3.125	3.049	2.986	2.889	2.788	2.681
17	6.042	4.619	4.011	3.665	3.438	3.277	3.156	3.061	2.985	2.922	2.825	2.723	2.616
18	5.978	4.560	3.954	3.608	3.382	3.221	3.100	3.005	2.929	2.866	2.769	2.667	2.559
19	5.922	4.508	3.903	3.559	3.333	3.172	3.051	2.956	2.880	2.817	2.720	2.617	2.509
20	5.871	4.461	3.859	3.515	3.289	3.128	3.007	2.913	2.837	2.774	2.676	2.573	2.464

v_1 = number of degrees of freedom of the numerator; v_2 = number of degrees of freedom of the denominator.



TESTE t

(entre médias experimentais independentes)

$$t_{\text{calc}} = \frac{\overline{X}_x - \overline{X}_y}{s_a (1/n_x + 1/n_y)^{1/2}}$$

$$s_a = \left(\frac{(n_x - 1) s_x^2 + (n_y - 1) s_y^2}{n_x + n_y - 2} \right)^{1/2}$$

s_a ... Estimativa do desvio padrão agregado
 v ... Graus de liberdade agregado = $n_x + n_y - 2$

$t_{\text{calc}} < t_{\text{tab}}$ As médias NÃO DIFEREM entre si no nível de confiança desejado

$t_{\text{calc}} > t_{\text{tab}}$ As médias DIFEREM entre si no nível de confiança desejado



TESTE t

(entre média experimental e valor conhecido)

$$t_{\text{calc}} = \frac{\bar{X} - \mu}{s / (n)^{1/2}}$$

$$t_{\text{calc}} < t_{\text{tab}} \dots\dots$$

Média experimental e o valor conhecido NÃO DIFEREM entre si no nível de confiança desejado

$$t_{\text{calc}} > t_{\text{tab}} \dots\dots$$

Média experimental e o valor conhecido DIFEREM entre si no nível de confiança desejado



Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

EXERCÍCIOS





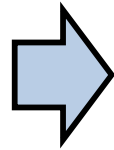
Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

LEMBRTETES

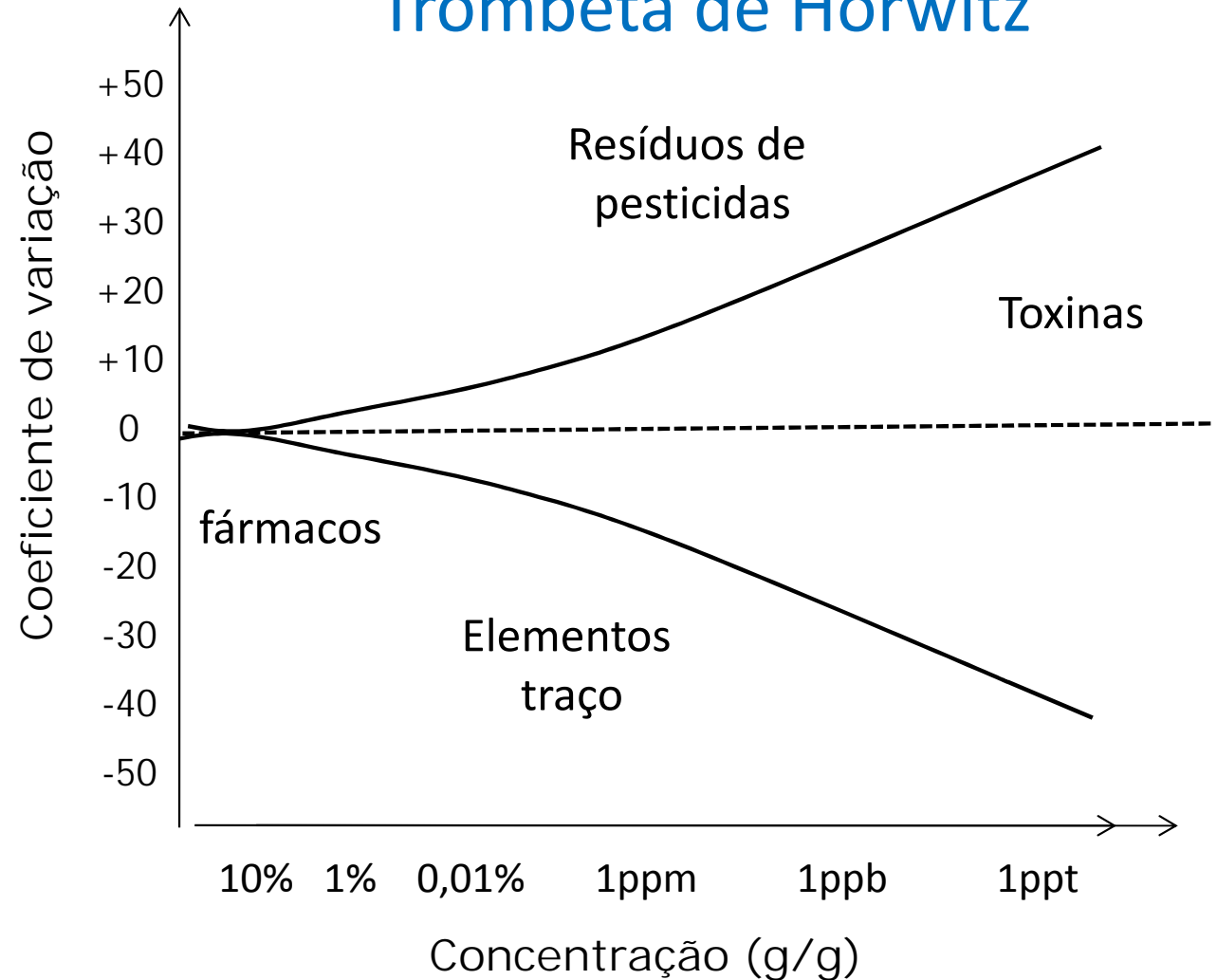
ERROS
INDETERMINADOS



DESVIOS
($X_i - \bar{X}$)



Trombeta de Horwitz

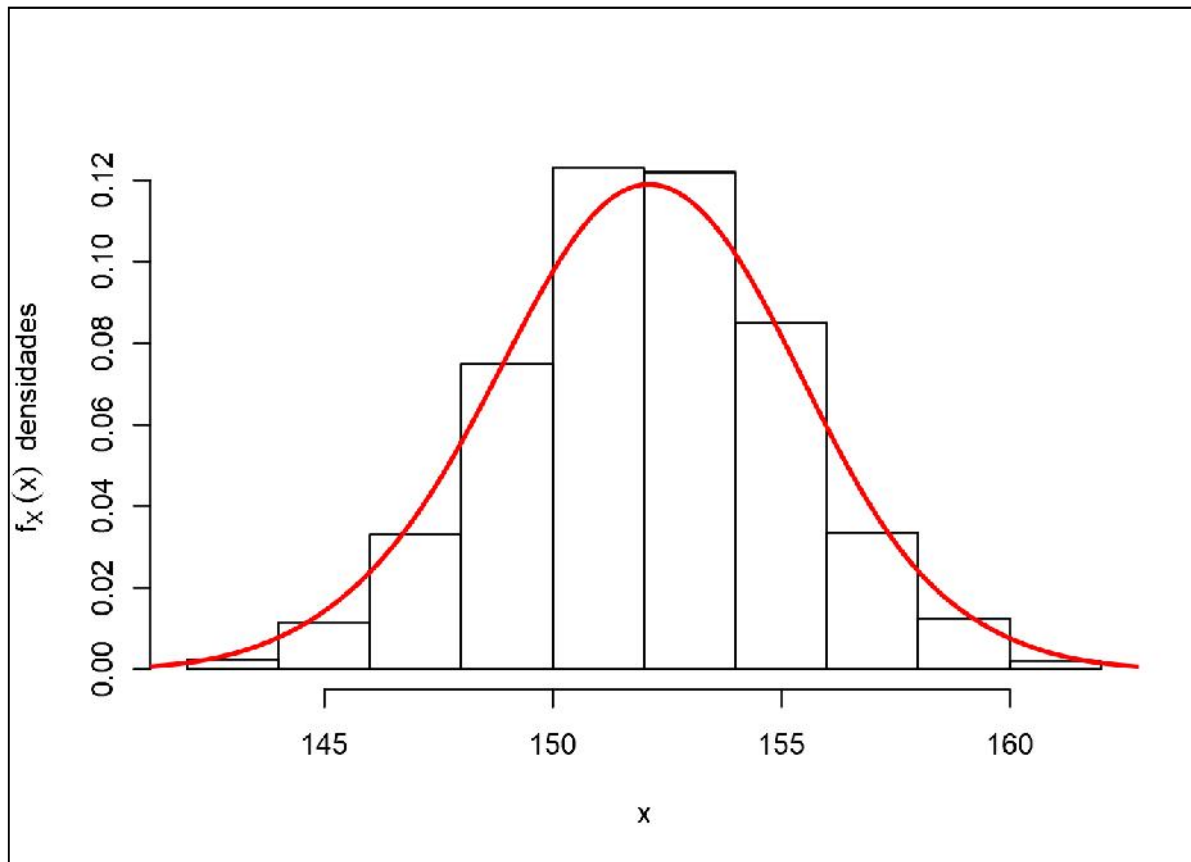




Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

LEMBRTETES

DISTRIBUIÇÃO NORMAL



Análise química

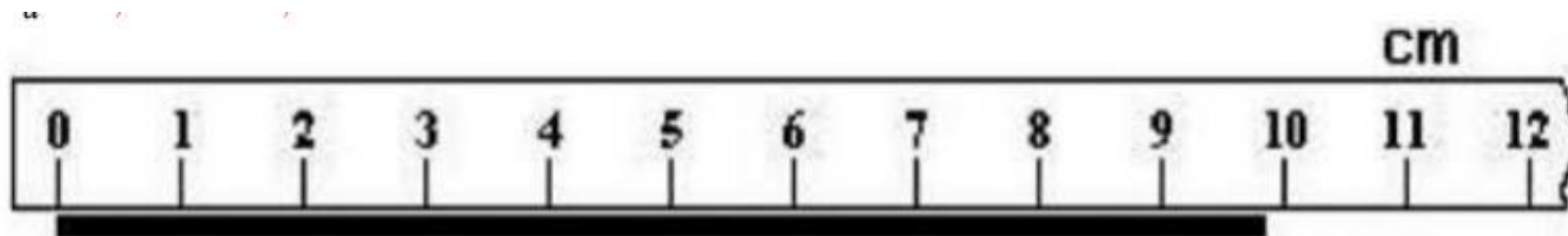
3=5



Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

EXERCÍCIO 1A

Faça a leitura do comprimento abaixo, estimando o melhor valor e sua incerteza.



Valor: 9, 8

Incerteza: 0, 5 cm

Resultado $9,8 \pm 0,5$ cm



Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

EXERCÍCIO 1B

Faça a leitura do volume abaixo, estimando o melhor valor e sua incerteza.



Valor: 40,15

Incerteza: 0,05 cm

Resultado $40,15 \pm 0,05$ cm



Calcule a concentração molar de uma solução que resulta da dissolução de 0,4000 g de NaOH (MM: 40 g mol⁻¹) em um balão volumétrico de 100,00 mL.

$$\begin{array}{ccc} 0,0100 \text{ mol} & \longrightarrow & 100,00 \text{ mL} \\ X \text{ mol} & \longrightarrow & 1000 \text{ mL (1 L)} \end{array}$$

$$X = \frac{0,0100 \text{ mol} \times 1000 \text{ mL}}{100,00 \text{ mL}} = 0,1 \text{ mol} = 0,1 \text{ mol L}^{-1} = 0,1000 \text{ mol L}^{-1}$$



Calcule a concentração molar de uma solução que resulta da dissolução de 0,4000 g de NaOH (MM: 40 g mol⁻¹) em uma proveta de 100 mL.

$$\begin{array}{ccc} 0,0100 \text{ mol} & \longrightarrow & 100 \text{ mL} \\ X \text{ mol} & \longrightarrow & 1000 \text{ mL (1 L)} \end{array}$$

$$X = \frac{0,0100 \text{ mol} \times 1000 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} = 0,1 \text{ mol} = 0,1 \text{ mol L}^{-1} = 0,100 \text{ mol L}^{-1}$$



EXERCÍCIO 3

Calcular a média e o desvio padrão a partir da sequência de resultados apresentados a seguir:

Medidas	Resultados	Desvio ($X_i - \bar{X}$)	(Desvio) ²
1	446	446-500=-54	2916
2	450	450-500=-50	2500
3	554	554-500=54	2916
4	547	547-500=47	2209
5	486	486-500=-14	196
6	498	498-500=-2	4
7	440	440-500=-60	3600
8	560	560-500=60	3600
9	451	451-500=-49	2401
10	568	568-500=68	4624

$$\bar{X} = 500$$

$$d = 24966$$

$$S^2 = 24966/9 = 2774 \quad \Rightarrow \quad S = \sqrt{2774} = 52,66877633$$

$$S = 52,7$$

VARIÂNCIA

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$



EXERCÍCIO 3

INTERVALO DE CONFIANÇA DA MÉDIA

$$X = \bar{X} \pm \frac{ts}{\sqrt{n}} \quad \Rightarrow \quad X = 500 \pm \frac{2,262 \times 52,7}{10}$$

$$X = 500 \pm 37.7$$

Distribuição t-Student: valores tc tais que $P(-tc \leq t \leq tc)$												
p ►	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	8%	6%	5%
1	0,158	0,325	0,510	0,727	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	7,916	10,579	12,706
2	0,142	0,289	0,445	0,617	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	3,320	3,896	4,303
3	0,137	0,277	0,424	0,584	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	2,605	2,951	3,182
4	0,134	0,271	0,414	0,569	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,333	2,601	2,776
5	0,132	0,267	0,408	0,559	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,191	2,422	2,571
6	0,131	0,265	0,404	0,553	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,104	2,313	2,447
7	0,130	0,263	0,402	0,549	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,046	2,241	2,365
8	0,130	0,262	0,399	0,546	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,004	2,189	2,306
9	0,129	0,261	0,398	0,543	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	1,973	2,150	2,262
10	0,129	0,260	0,397	0,542	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	1,948	2,120	2,228
11	0,129	0,260	0,396	0,540	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	1,928	2,096	2,201
12	0,128	0,259	0,395	0,539	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	1,912	2,076	2,179



Patricio Peralta-Zamora
Noemi Nagata

EXERCÍCIO 4

Uma análise de latão, envolvendo dez determinações, resultou nos seguintes valores percentuais de cobre (% m/m):

15,42 15,51 15,52 15,53 15,68 15,52 15,56 15,53 15,54 15,56

EXISTEM RESULTADOS ANÔMALOS NESTE CONJUNTO?



TESTE Q



EXERCÍCIO 4

Etapa 1: colocar os resultados em ordem crescente

15,42 15,51 15,52 15,52 15,53 15,53 15,54 15,56 15,56 15,68

Etapa 2: calcular a faixa (diferença entre maior e menor valor)

$$15,68 - 15,42 = 0,26 (F)$$

Etapa 3: calcular a diferença entre o menor valor e o seu vizinho

$$15,42 - 15,51 = 0,09 (D1)$$

Etapa 4: calcular $Q_{\text{exp.}}$
Dividindo D1 por F
 $0,09 / 0,26 = 0,346$

$Q_{\text{crítico}}$ (n=10, 90% de Conf.) = 0,412)

Se $Q_{\text{exp.}} < Q_{\text{crítico}}$



Mantém

Continua.....



EXERCÍCIO 5

A determinação de cromo em centeio foi realizada através da técnica de absorção atômica em uma propriedade de cultivo deste grão. Amostras de duas localidades desta propriedade foram coletadas, digeridas e analisadas, gerando os seguintes resultados em (mg Kg^{-1} Cr):

Próximo ao rio (fundos da propriedade)

$X = 2,33 \text{ mg Kg}^{-1}$ $s = 0,31 \text{ mg Kg}^{-1}$ $n = 5$ amostras

Início da propriedade

$X = 1,48 \text{ mg Kg}^{-1}$ $s = 0,28 \text{ mg Kg}^{-1}$ $n = 5$ amostras

Existe diferença significativa com 95% de confiança entre os teores de cromo encontrado nessas áreas diferentes de cultivo?

TESTE t

(entre médias experimentais independentes)





EXERCÍCIO 5

$$t_{\text{calc}} = \frac{\overline{X}_x - \overline{X}_y}{s_a (1/n_x + 1/n_y)^{1/2}} \quad s_a = \left[\frac{(n_x - 1) s_x^2 + (n_y - 1) s_y^2}{n_x + n_y - 2} \right]^{1/2}$$

$$s_a = \left[\frac{(5-1) (0,31)^2 + (5-1) (0,28)^2}{5+5-2} \right]^{1/2} = 0,295$$

$$T_{\text{calc}} = \frac{2,33-1,48}{0,295 (1/5 + 1/5)^{1/2}} = 4,56 > t_{(8,95\%)} = 2,306$$

Os resultados são diferentes

Próximo ao rio: $X = 2,33 \text{ mg Kg}^{-1}$, $s = 0,31 \text{ mg Kg}^{-1}$, $n = 5$ amostras

Início da propriedade: $X = 1,48 \text{ mg Kg}^{-1}$, $s = 0,28 \text{ mg Kg}^{-1}$, $n = 5$ amostras

