

**Universidade de São Paulo
Instituto de Física**

**FÍSICA CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
AULA 02**

**Prof. Paulo R. Costa
pcosta@if.usp.br**

2o. Semestre de 2022

Monitoras: Giovanna Fleming/Beatriz Costa Bonzoi

Nosso calendário

	Datas	Aulas	Tema
Introdução ao curso	15/08	1	ABERTURA DO CURSO
	22/08	2	Introdução ao método experimental
	29/08	3	Exercícios sobre gráficos e tratamento de dados
	05/09		Semana da pátria
	12/09	4	Resultados dos experimentos com as bolinhas
Forças e movimento	19/09	5	Movimento/Forças/Biomecânica
Fluidos	26/09	6	Pressão/hidrostática/hidrodinâmica
Calor e termodinâmica	03/10	7	Calor/termodinâmica
Ondas e som	10/10	8	Ondulatório/audição
Avaliação 1	17/10	9	Plantão de dúvidas
	24/10	10	Prova 1
Eletricidade	31/10	11	Campo elétrico/capacitores/potencial de Nerst
Ondas eletromagnéticas	07/11	12	Radiação/interferência/Difração
RECESSO	14/11		Proclamação da República
Física moderna	21/11	13	Modelos atômicos/dualidade onda-partícula
	28/11	14	Teoria quântica/física nuclear
Avaliação 2	05/12	15	Prova 2
	12/12	16	Prova substitutiva



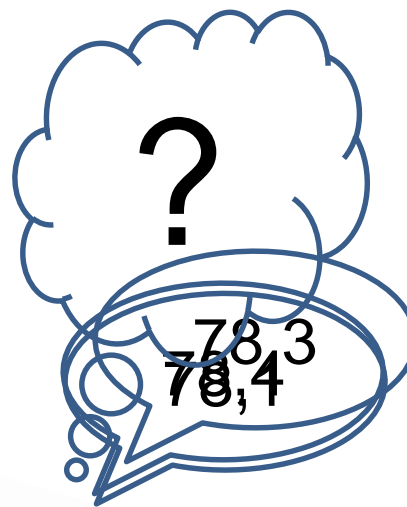
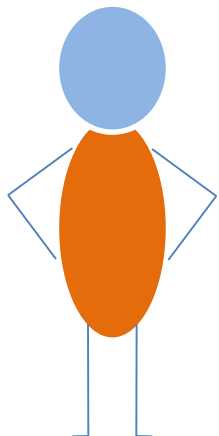


Hoje pela manhã ...

78,3
78,1
78,4

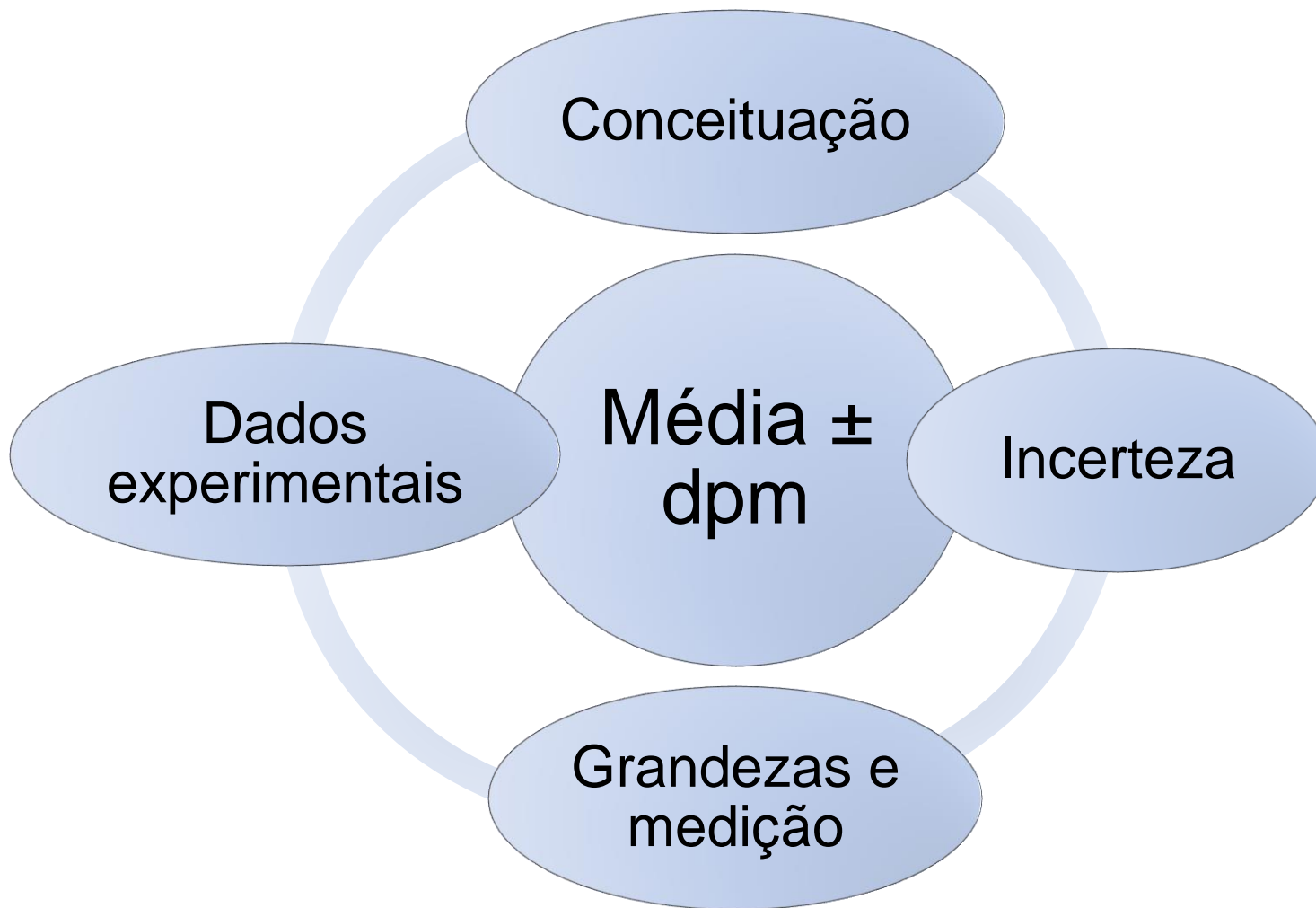


78,266666666666



Qual a melhor maneira de dizer qual o meu “peso”?

“Pesar-se” é uma medição da massa corporal





Conceitos importantes

Dados: conjunto de valores de variáveis quantitativas ou qualitativas.

Variáveis: elementos que podem assumir quaisquer valores. Característica de interesse que pode ser estabelecida com base em algum fenômeno.

Variáveis quantitativas: expressam a idéia de quantidade. Em geral, são valores numéricos. EXEMPLOS?

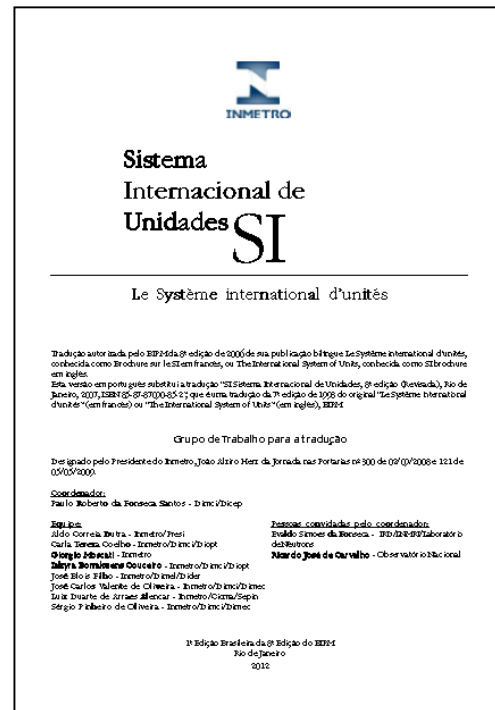
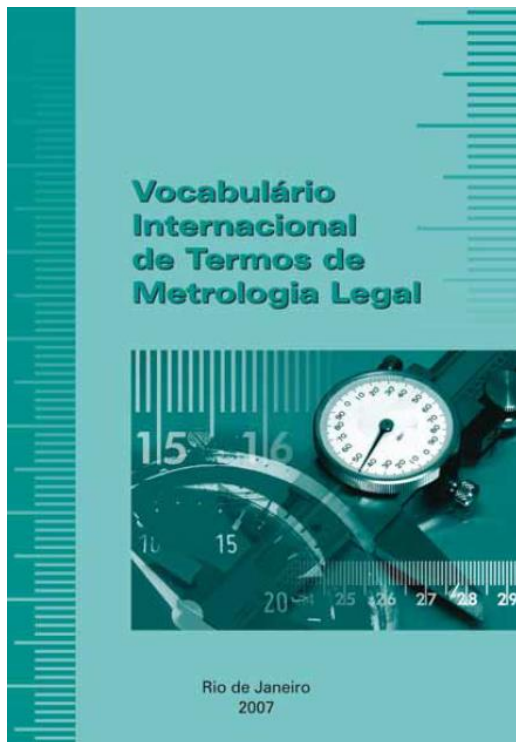
Exemplo: temperatura em uma sala = 30 °C.

Variáveis qualitativas: expressam uma característica, uma informação, sem idéia de quantidade e valor numérico. EXEMPLOS?

Exemplo: cor de um objeto, quente ou frio, etc.



Vocabulário metrológico



Disponíveis em:

<http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes.asp>



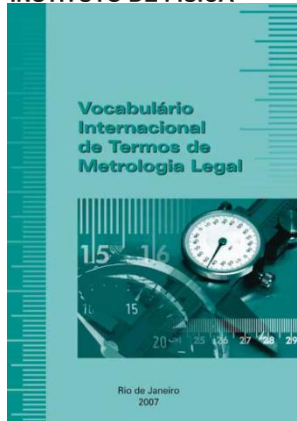
Por que isso é importante pra mim? Pra profissão que escolhi?

Linguagem comum, contemporânea e coerente com as diferentes ciências que requerem medições: física, química, medicina laboratorial, biologia ou engenharia

Tentativa de atender às necessidades conceituais de medição em campos como a bioquímica, ciência alimentar, ciência forense e biologia molecular

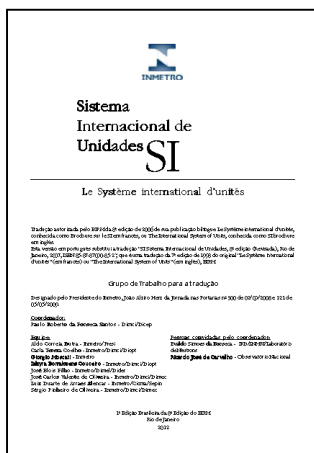


INSTITUTO DE FÍSICA



Mas sem stress...

Vocês vão se acostumar com isso aos poucos...



Medição: processo de obtenção experimental de um ou mais valores que podem ser atribuídos a uma grandeza (VIM 2.1).

Grandeza: Propriedade de um fenômeno, de um corpo ou de uma substância, que pode ser expressa quantitativamente sob a forma de um número e de uma referência (VIM 1.1).

Geral: comprimento;

Específica: comprimento de uma mesa.

Exemplo de medição:

Grandeza: massa corporal

Operação/procedimento: subir na balança

Mensurando: massa corporal de uma dada pessoa

Operador: quem fez a leitura do resultado

Valor de uma grandeza: conjunto formado por um número e por uma referência que constitui a expressão quantitativa de uma grandeza (VIM 1.19)



Realização de uma medição: simples como subir na balança?

Depende do que se quer medir: qual é o mensurando?

E se a balança não for digital?



Método e procedimento de medição

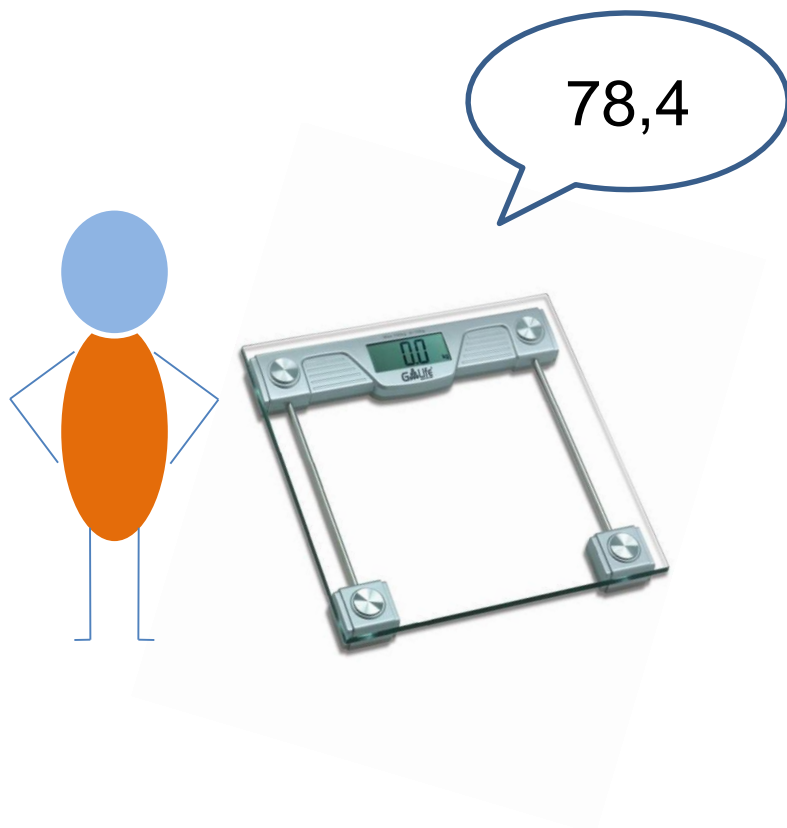
Descrição genérica de uma organização lógica de operações utilizadas na realização de uma medição (VIM 2.5).

Descrição detalhada de uma medição de acordo com um ou mais princípios de medição e com um dado método de medição, baseada num modelo de medição e incluindo todo o cálculo destinado à obtenção de um resultado de medição (VIM 2.6)



Vamos voltar ao caso da medição da massa corporal

O que pode mudar
neste tipo de medição?

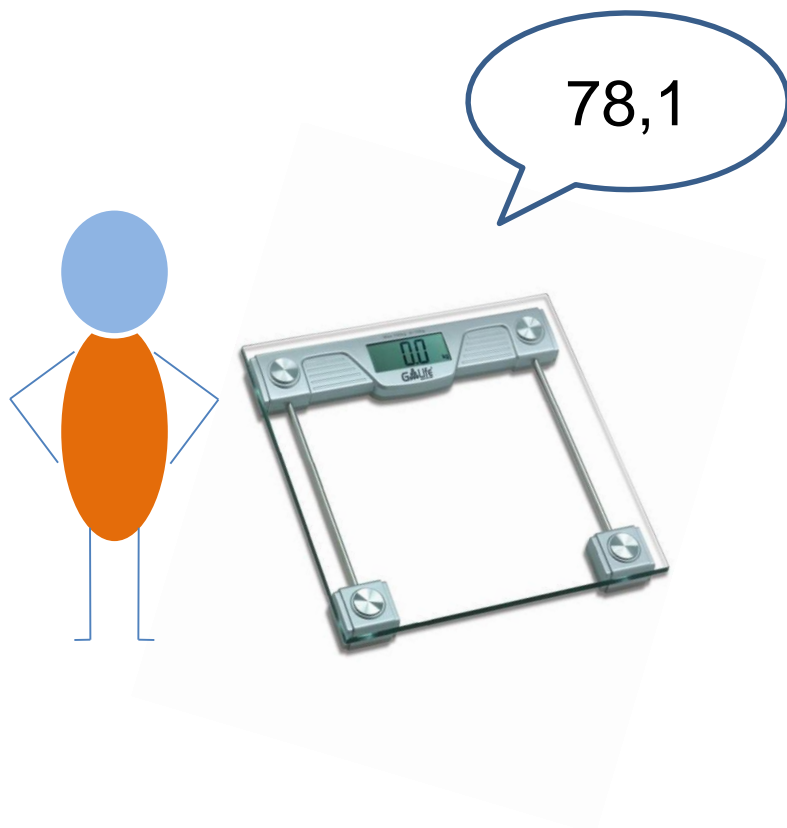


Medições
sequenciais



Vamos voltar ao caso da medição da massa corporal

O que pode mudar
neste tipo de medição?

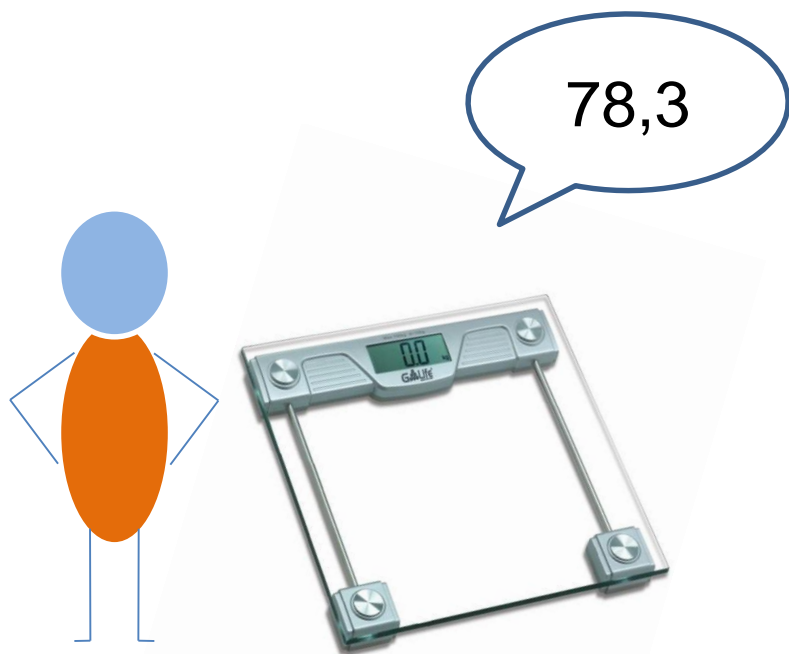


Medições
sequenciais



Vamos voltar ao caso da medição da massa corporal

O que pode mudar
neste tipo de medição?

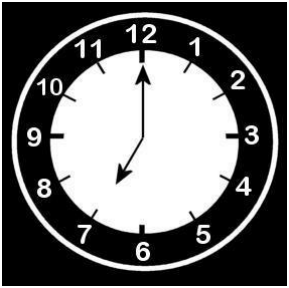


78,3
78,1
78,4



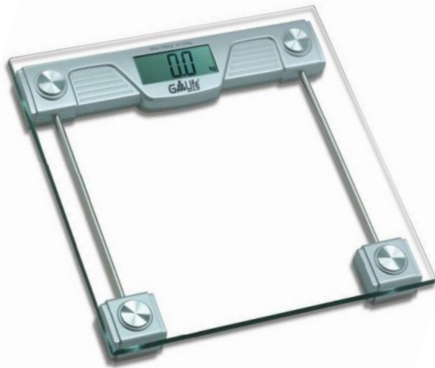
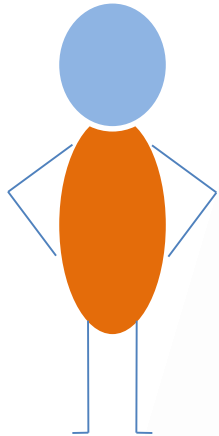
78,266666666666

Vamos voltar ao caso da medição da massa corporal



O que pode mudar
neste tipo de medição?

78,4



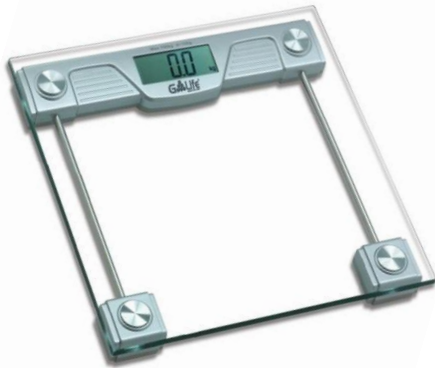
Medições
em horas
diferentes
do dia

Vamos voltar ao caso da medição da massa corporal

O que pode mudar
neste tipo de medição?



78,9

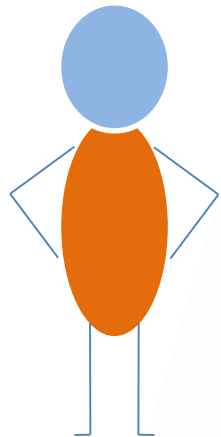


Medições
em horas
diferentes
do dia

Vamos voltar ao caso da medição da massa corporal



78,1



O que pode mudar neste tipo de medição?

78,9
78,1
78,4

=

78,466666666666

≠

78,266666666666

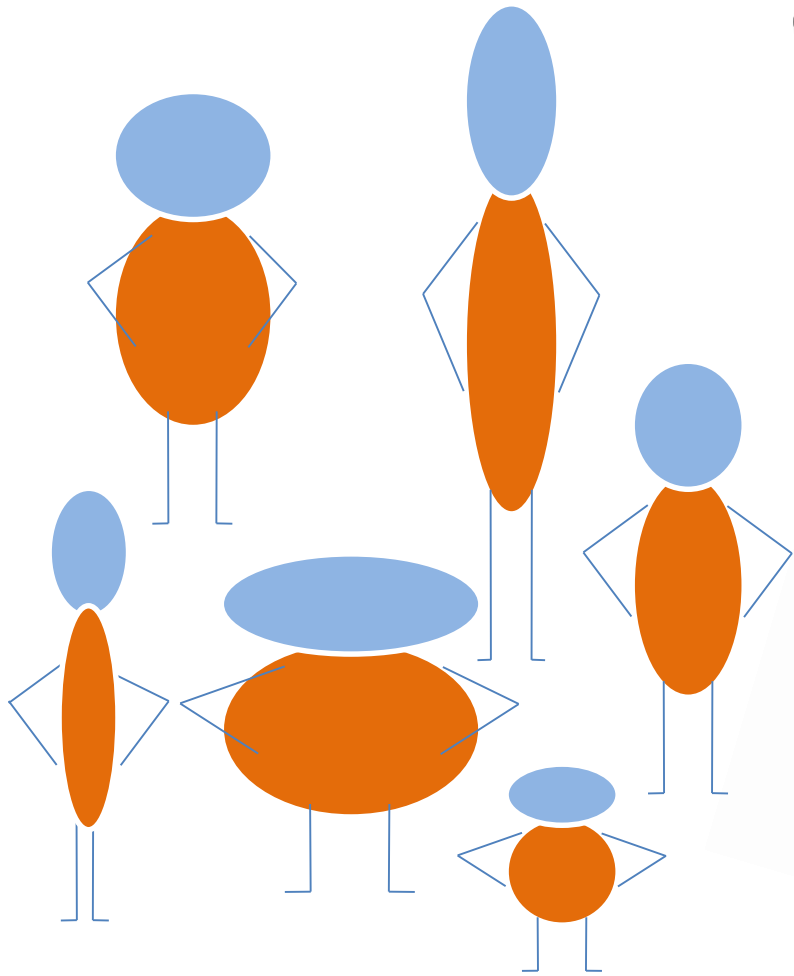


O que mudamos nesse caso?

O procedimento de
medição !!!

Vamos voltar ao caso da medição da massa corporal

O que mais podemos mudar neste tipo de medição?



Objeto ou amostra
a ser medida

O instrumento de
medição



Por melhor que seja o método e os instrumentos de medição, sempre existem **erros de medição.**



Diferença entre o valor medido de uma grandeza e um valor de referência

Melhor valor da grandeza: a partir de um conjunto de dados, é aquele que mais se aproxima do **valor verdadeiro.**

Valor de uma grandeza compatível com a definição da grandeza



Alguém tem exemplos de um valor verdadeiro ???

Aceleração da gravidade $\rightarrow g = 9,80665 \text{ m.s}^{-2}$

Este valor é realmente verdadeiro?



Valor atribuído a uma grandeza por um acordo, para um dado propósito

Valor convencional de uma grandeza

- É a melhor estimativa conhecida do valor verdadeiro
- Incerteza tão pequena que pode ser considerada nula



Resultado de uma medição

Conjunto de valores atribuídos a um mensurando, juntamente com toda informação pertinente disponível

É uma aproximação ou estimativa do valor verdadeiro e deve ser expresso juntamente com sua incerteza

Incerteza de medição: parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a um mensurando

Vamos explicar melhor isso daqui há pouco...





Vamos voltar ao caso da medição da massa corporal

78,9

78,1

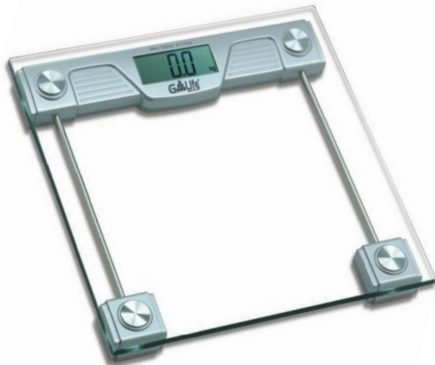
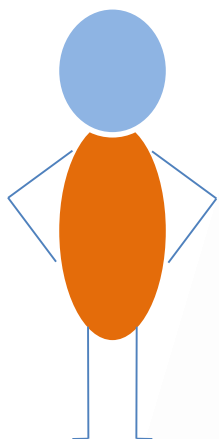
78,4



78,466666666666



78,266666666666





Guia para expressão da incerteza de medição

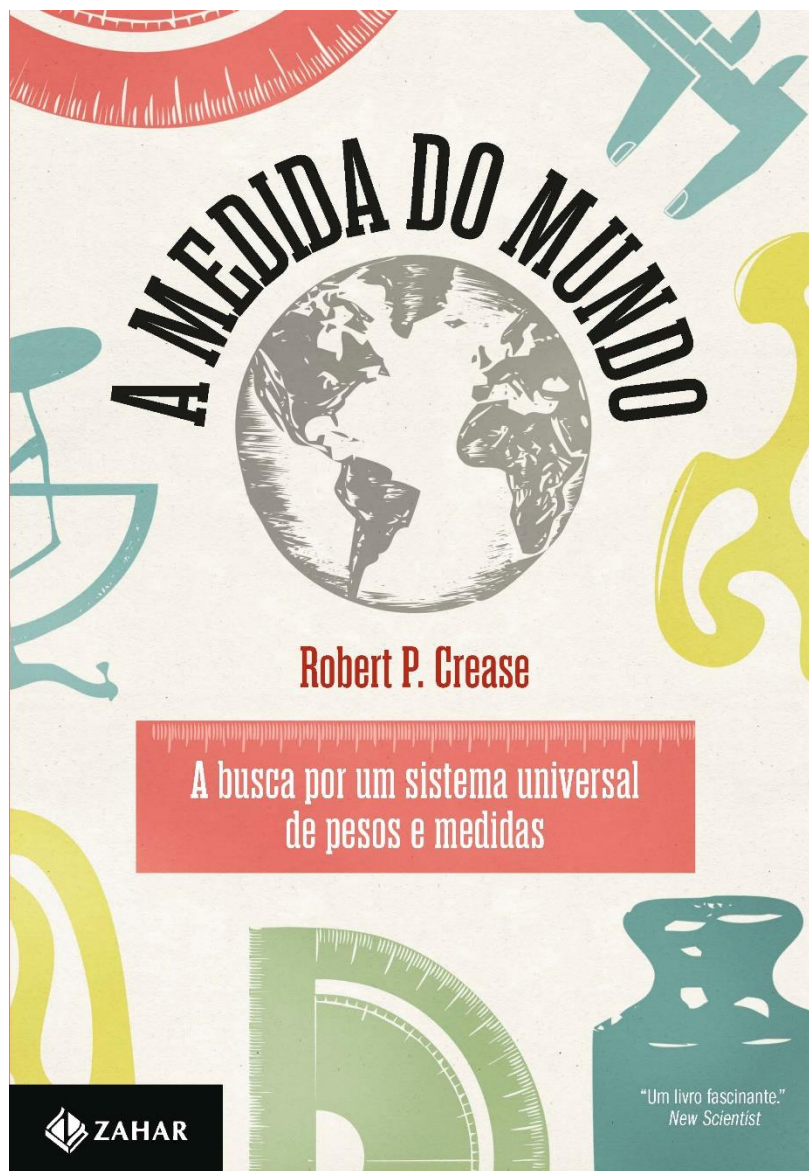


http://www.inmetro.gov.br/noticias/conteudo/iso_gum_versao_site.pdf

Não precisa decorar tudo agora...
... Vocês terão a vida profissional inteira pra tratar
de temas como este!!



Sugestão literária



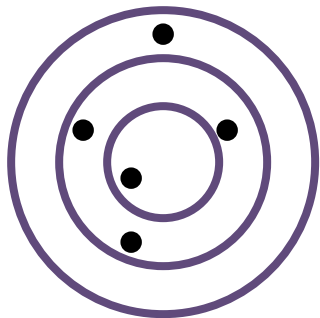


Para esclarecer:

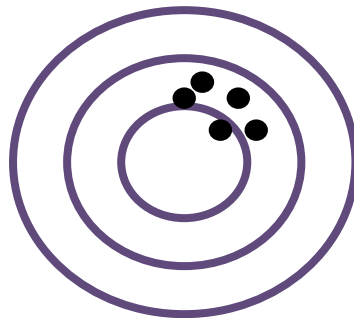
Exatidão de medição: grau de concordância entre um valor medido e o valor verdadeiro de um mensurando (VIM 2.13)

Precisão de medição: grau de concordância entre indicações ou valores medidos, obtidos por medições repetidas, no mesmo objeto ou em amostras similares, sob condições especificadas (VIM 2.15)

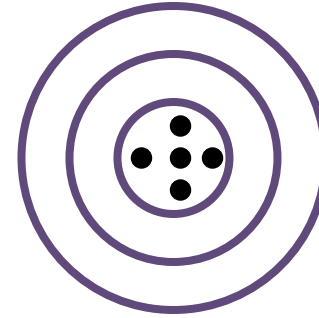
Cuidado:
Em inglês é *accuracy*.
Não se usa mais o termo “acurácia”



Baixa precisão
Baixa exatidão



Alta precisão
Baixa exatidão



Alta precisão
Alta exatidão



INSTITUTO DE FÍSICA



Erro, Desvios e Incerteza

Experimentador: caprichoso e competente

Experimento: planejado cuidadosamente

Dados experimentais: precisos e exatos

**Agora vamos definir melhor
esses conceitos...**



Erro de medição

Diferença entre o valor medido de uma grandeza e um valor de referência (VIM 2.16)

$$\text{Erro} = \text{Valor}_{\text{medido}} - \text{Valor}_{\text{ref}}$$

Valor de uma grandeza utilizado como base para comparação com valores de grandezas da mesma natureza (VIM 5.18)

Valor verdadeiro → desconhecido

Valor convencional → conhecido

Ex.: velocidade da luz. Valor convencional: 299.792.458 m/s



Vários fatores que contribuem como *fontes de erros*

Calibração do instrumento:

- Todo o instrumento de medição deve ser calibrado direta ou indiretamente com relação a um padrão de referência.
- Nenhum processo de calibração é perfeito;

Condições de uso e armazenamento do instrumento:

- Dependendo do material com que é fabricado, das suas condições de uso e armazenamento, o instrumento pode se desviar do seu estado de funcionamento original



Vários fatores que contribuem como *fontes de erros*

Variáveis não controladas:

- Grandezas físicas estão relacionadas umas às outras.
- Para obter um bom resultado de medição, é importante conhecer as variáveis relacionadas à grandeza

Outros fatores

- Resolução dos instrumentos de medição
- Tempo de resposta do experimentador

Etc...



INCERTEZAS DE MEDIÇÃO

Parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a um mensurando

Tipo A aleatória

Componente da incerteza de medição obtida por análise estatística dos valores medidos

- Repetibilidade
- Precisão
- Reprodutibilidade
- Etc.

Tipo B sistemática

Componente da incerteza de medição obtida por meios não-estatísticos

- Certificado de calibração
- Classe de exatidão
- Experiência pessoal
- Etc.



Incerteza não é erro!

Incerteza:

- estimativa que quantifica a confiabilidade do resultado de uma medição;
- calculada mesmo quando não temos nenhuma ideia do valor de referência.

Erro:

- depende de conhecermos o valor de referência daquilo que estamos medindo.

Incerteza é um conceito relacionado ao instrumental e ao procedimento de medição e com mais aplicabilidade que o conceito de erro.



Avaliação da incerteza tipo A



Realização de observações do mensurando sob
mesmas condições → resultados diferentes.

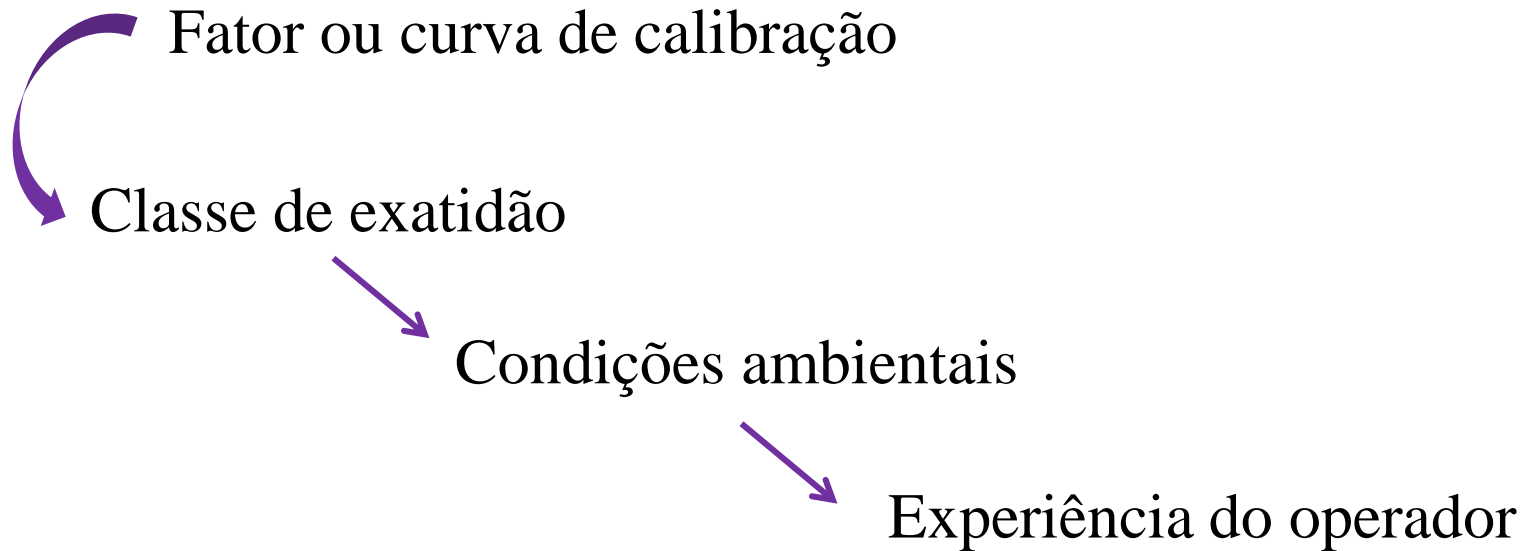
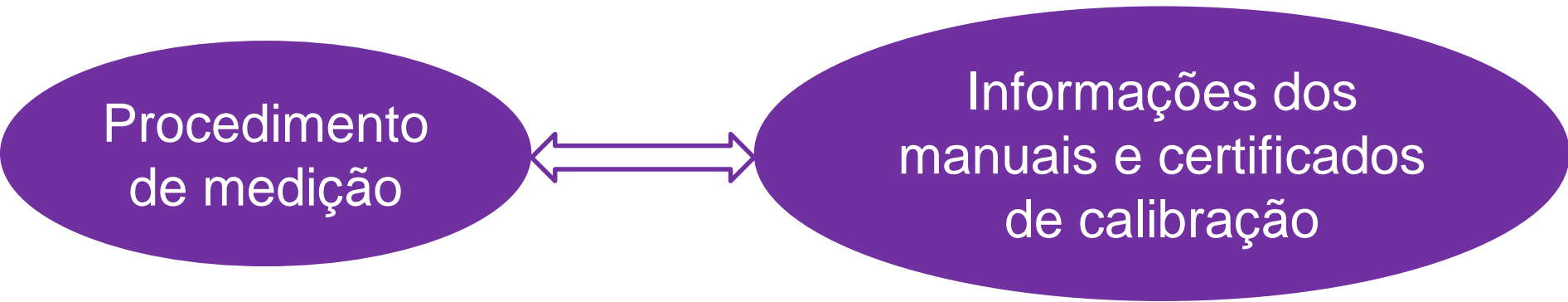
Variabilidade dos dados.

Flutuação estatística.

Precisão da medição.



Avaliação da incerteza tipo B





Existem ferramentas estatísticas que auxiliam na avaliação dos dados e da incerteza de medição:

- Média e desvio padrão;
- Tabelas de distribuição de frequências;
- Histogramas.

Existem ferramentas e métodos matemáticos e estatísticos MUITO mais sofisticados



Média: soma de todos os dados dividido pelo respectivo número de dados (n)

GUM 4.2.1

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

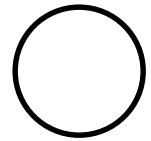
=

Média aritmética ou média de todas as medições.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$



Por exemplo: Pedrinho chutou a bola muitas vezes e anotou o alcance X para 10 delas. Os valores anotados foram (em metros): 2,5; 2,32; 2,25; 2,34; 2,71; 2,55; 2,43; 2,6; 2,39 e 2,56. Como Pedrinho poderá relatar o alcance da bola? Qual destes valores é o mais correto ?



Passo 1. Organizar os dados, preferencialmente em uma tabela.

Chutes (n=10)	Alcance (m)
Chute 1	2,5
Chute 2	2,32
Chute 3	2,25
Chute 4	2,34
Chute 5	2,71
Chute 6	2,55
Chute 7	2,43
Chute 8	2,6
Chute 9	2,39
Chute 10	2,56

Passo 2. Calcular o alcance médio. Como faz??

$$\bar{A} = \frac{2,5 + 2,32 + 2,25 + 2,34 + 2,71 + 2,55 + 2,43 + 2,6 + 2,39 + 2,56}{10} = 2,465m$$

Obtida a média, a questão é qual a variabilidade das observações?

A dispersão dos dados ou a variabilidade de cada conjunto de medições é dada numericamente pelo desvio-padrão experimental.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Pode-se dizer que o desvio-padrão é uma estimativa de quanto os dados desviam da média

Passo 3. E qual o desvio padrão neste caso?.

Chutes (n=10)	Alcance (m)
Chute 1	2,5
Chute 2	2,32
Chute 3	2,25
Chute 4	2,34
Chute 5	2,71
Chute 6	2,55
Chute 7	2,43
Chute 8	2,6
Chute 9	2,39
Chute 10	2,56

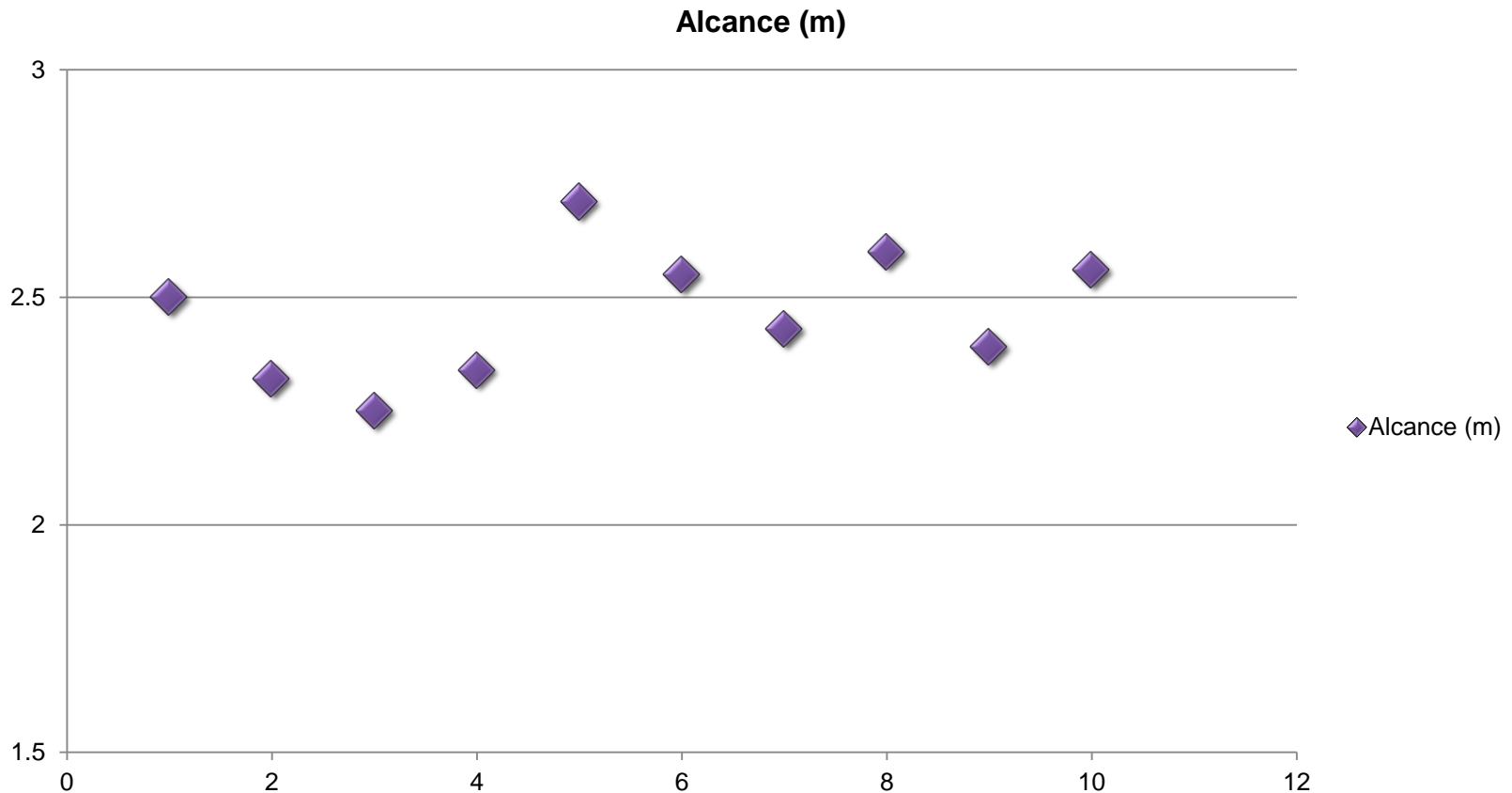
$$s = 0,143546$$

Pode-se demonstrar pela Teoria de Estatística de Dados Experimentais que a incerteza da média é dada pelo desvio-padrão experimental da média:

$$S_m = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Vamos pensar sobre o valor encontrado...

- O que ele quer dizer?
- O que se pode observar no conjunto de dados?
- Quais os possíveis fatores que levaram à dispersão?
- O que falta ainda para completar a resposta uma vez que os dados variam bastante?



Significado de se atribuir o desvio-padrão da média à média experimental de uma série de n medições, para n suficientemente grande:

68% dos casos em que se repetir séries equivalentes de medições, os valores médios obtidos estarão no intervalo

$$\bar{X} - S_m \text{ e } \bar{X} + S_m$$

Intervalo onde há grande probabilidade de se encontrar o “valor verdadeiro” da grandeza!

Significado de se atribuir o desvio-padrão da média à média experimental de uma série de n medições, para n suficientemente grande:

68% dos casos em que se repetir séries equivalentes de medições, os valores médios obtidos estarão no intervalo

$2,465 - 0,0143546$ e $2,465 + 0,0143546$



Mas como devo
representar estes
valores ???



Experimento: Estimativa do número de bolinhas em um vidro - Resultados

Parte 1 – sem abrir o vidro



Antes vamos ver este vídeo

<https://www.youtube.com/watch?v=WZtCC-h2pQU>

- Total de participantes: 61
- N: $150,4 \pm 152,8$
 - [47;910]
 - Mediana = 105
- Idade: $(20,5 \pm 4,2)$ anos
 - [17;40]
 - Mediana = 19 anos
- Altura: $(1,70 \pm 0,10)$ m
 - [1,55;1,95]
 - Mediana = 1,68m
- Massa Corporal: $(66 \pm 23,7)$ Kg
 - [40;112]
 - Mediana = 62

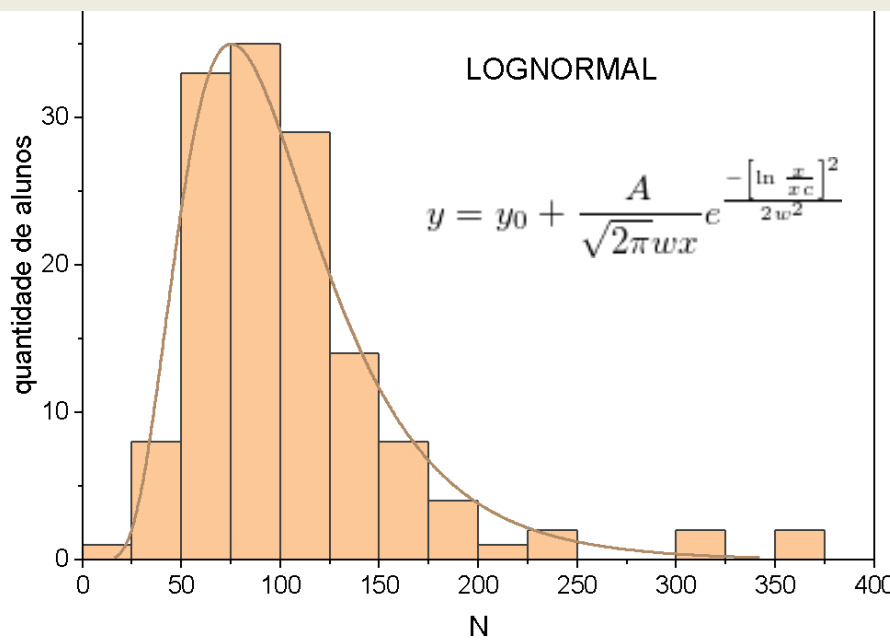
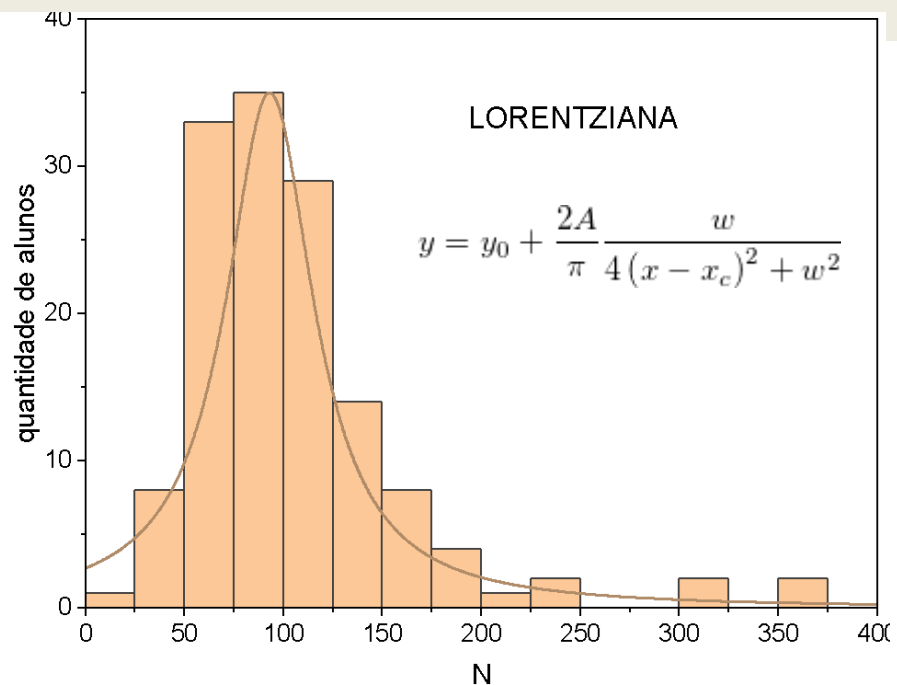
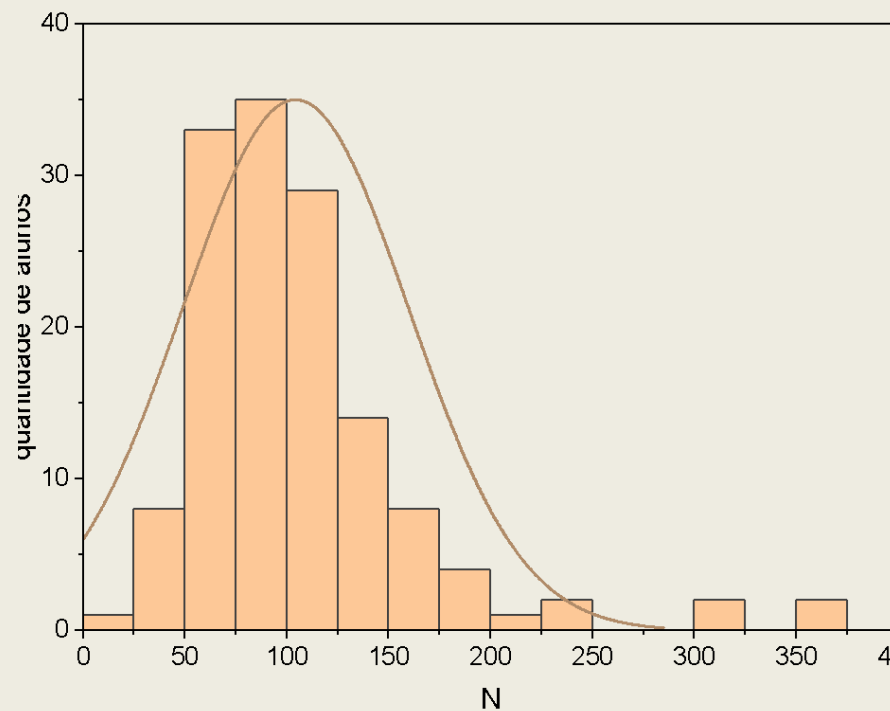
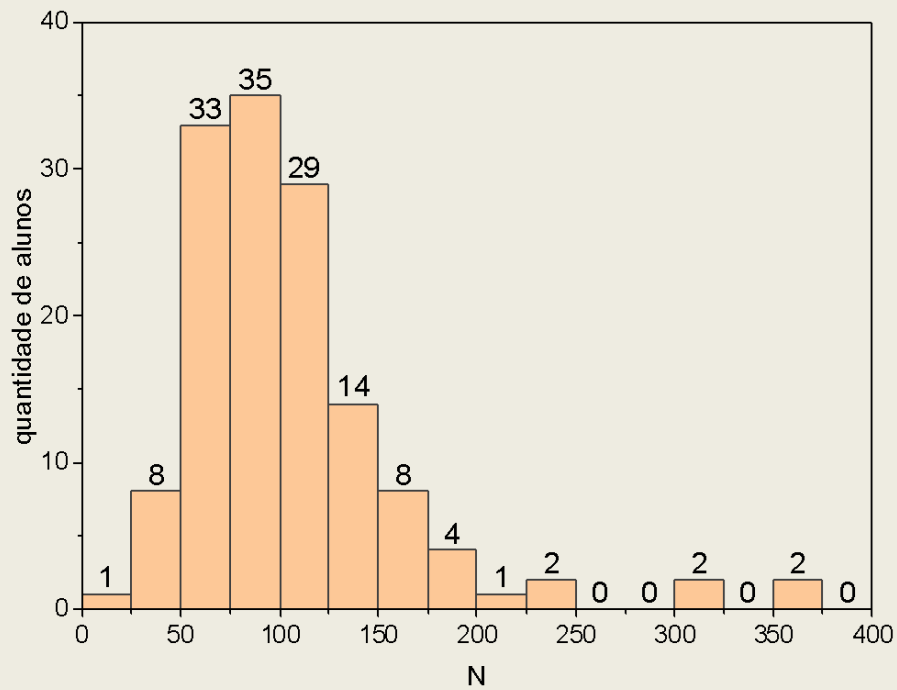


65%

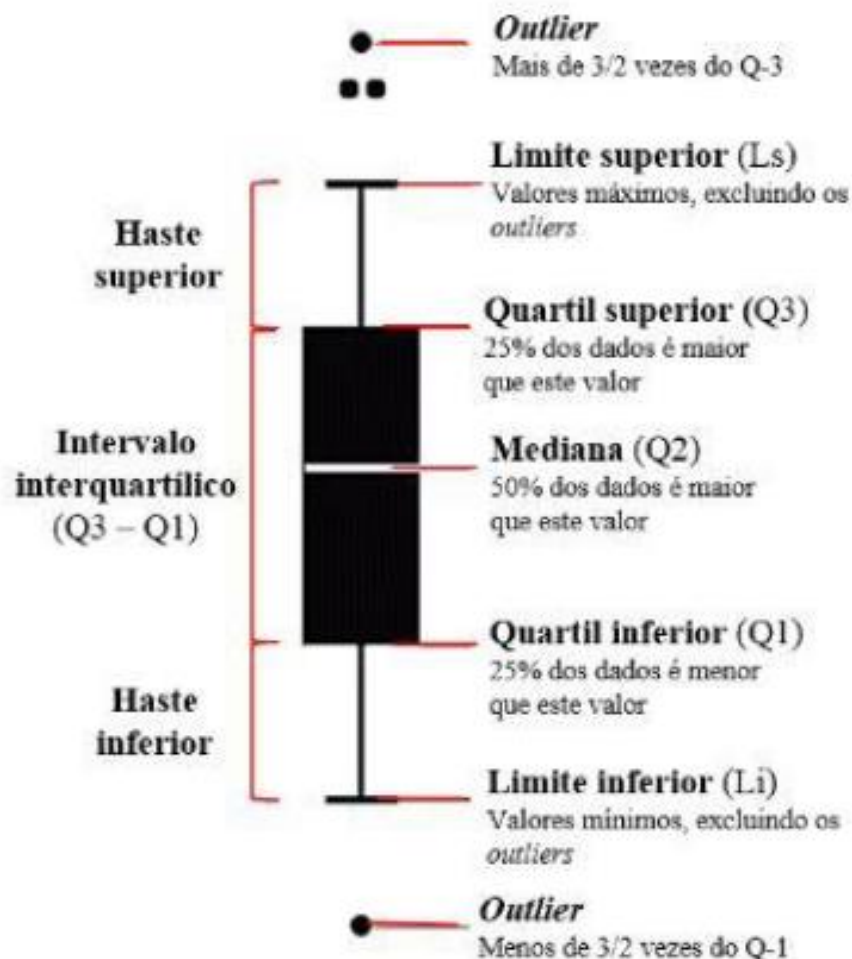
Nossos resultados

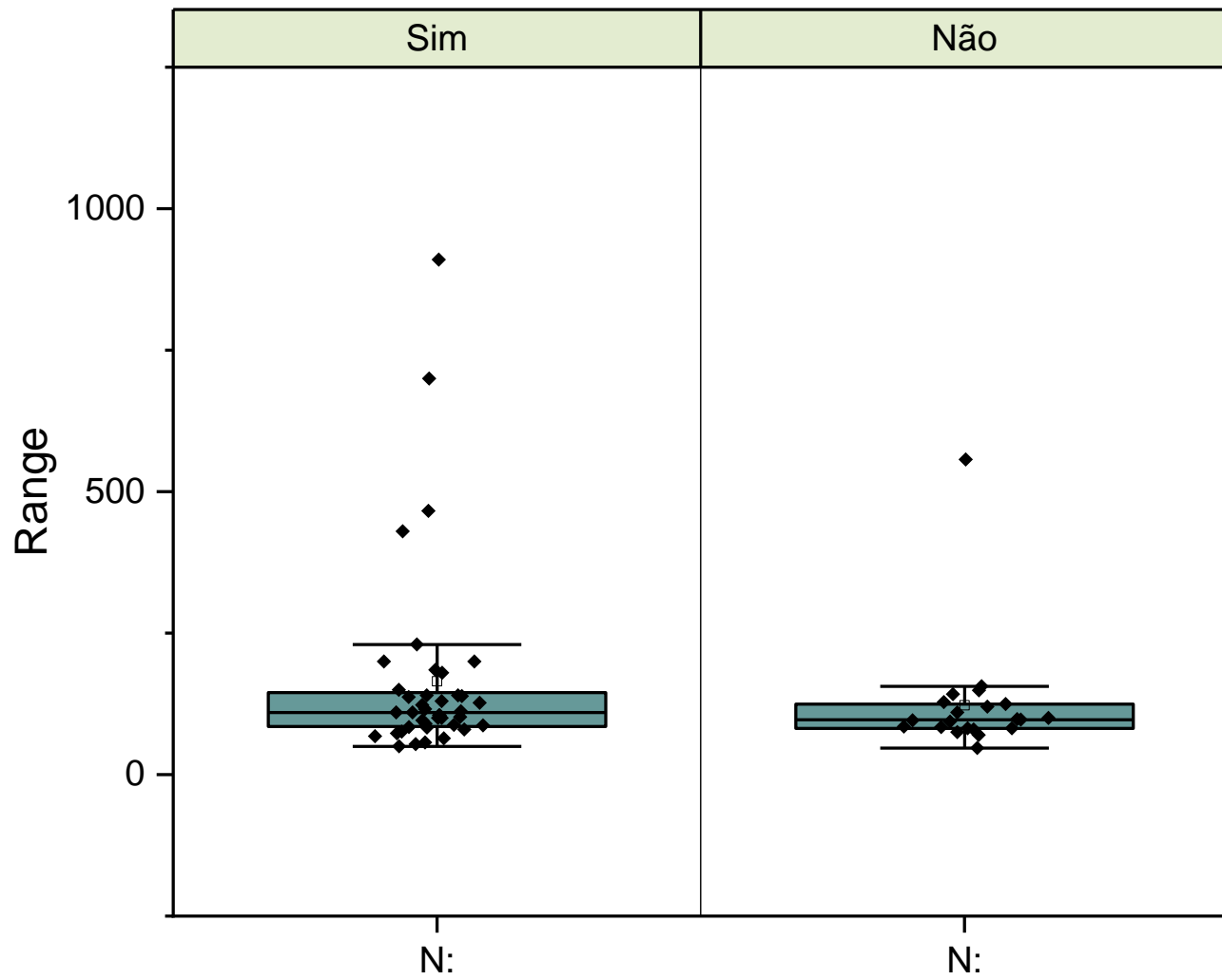
	alunos total	Mean	Standard Deviation	SE of mean	Minimum	Median	3rd Quartile (Q3)	Maximum
Idade	61	20.5	4.2	0.5	17.0	19.0	21.0	40.0
Altura (m)	61	1.7	0.1	0.0	1.6	1.7	1.8	2.0
Peso (kg)	61	66.3	15.1	1.9	40.0	65.0	74.0	112.0
Usa óculos?	40	--	--	--	--	--	--	--
N:	61	150.4	152.8	19.6	47.0	105.0	140.0	910.0
IMC:	61	22.9	4.7	0.6	16.6	22.0	25.1	38.1

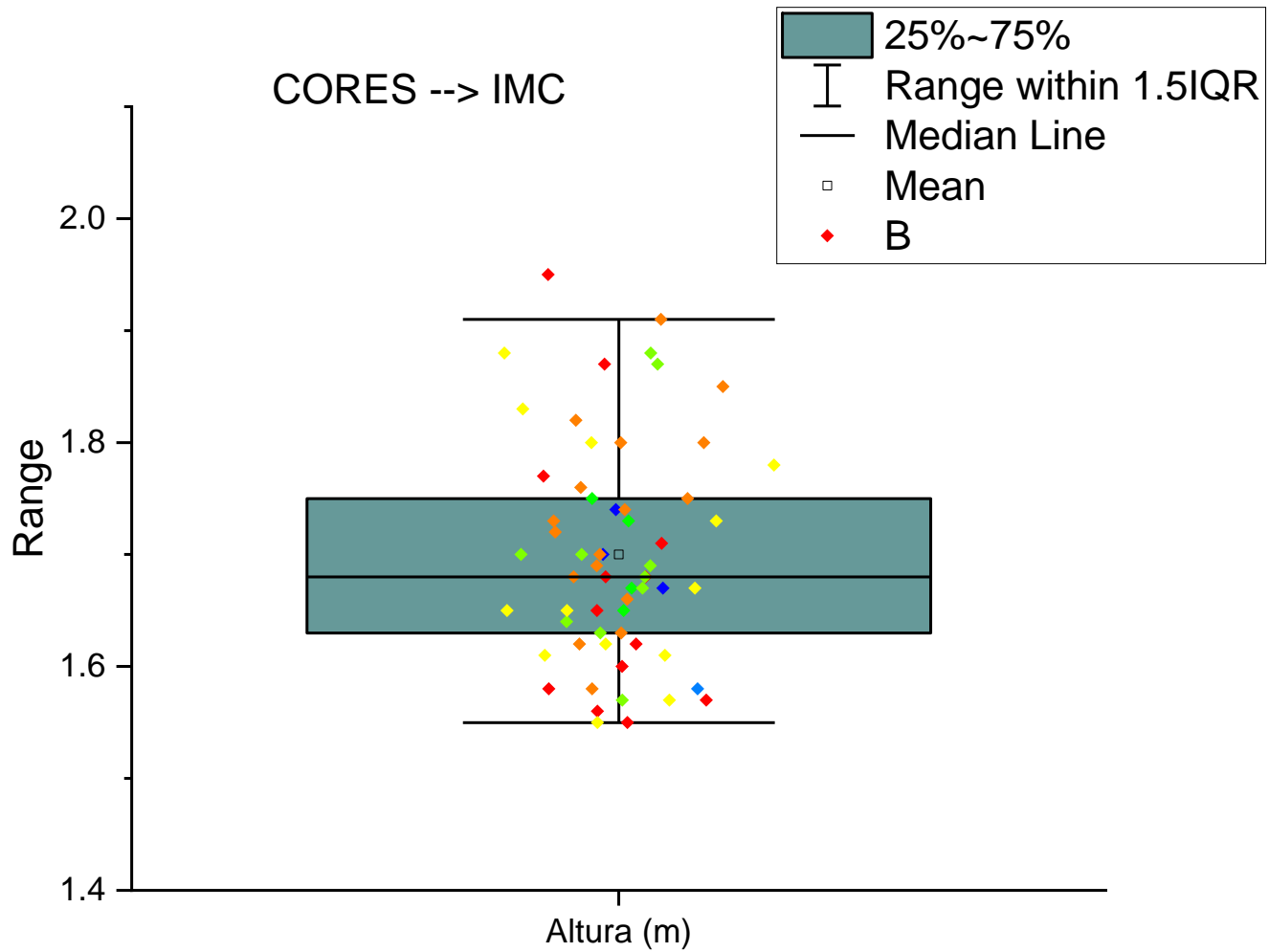
IMC NORMAL: 18,5 – 24,9 kg/m²

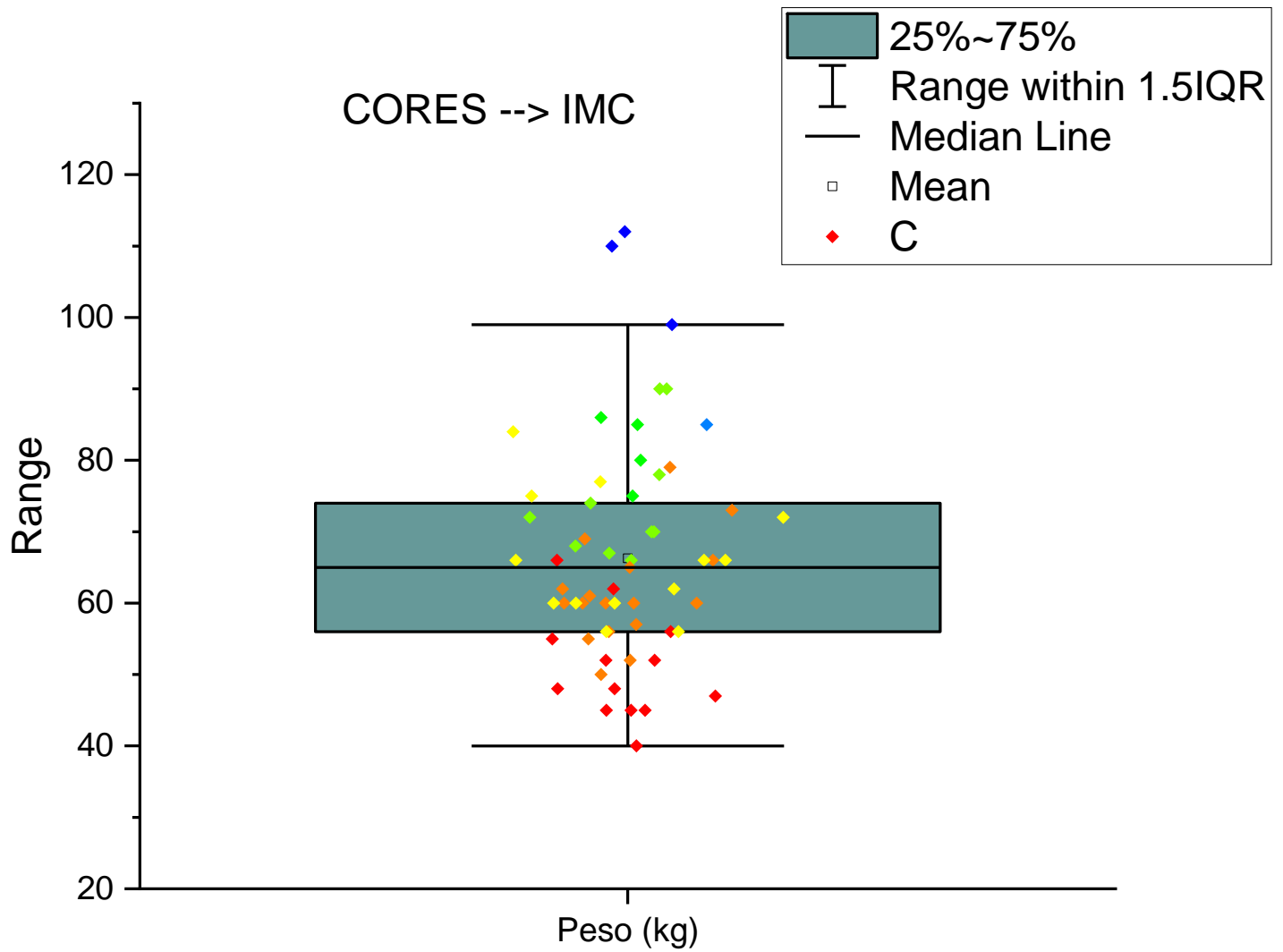


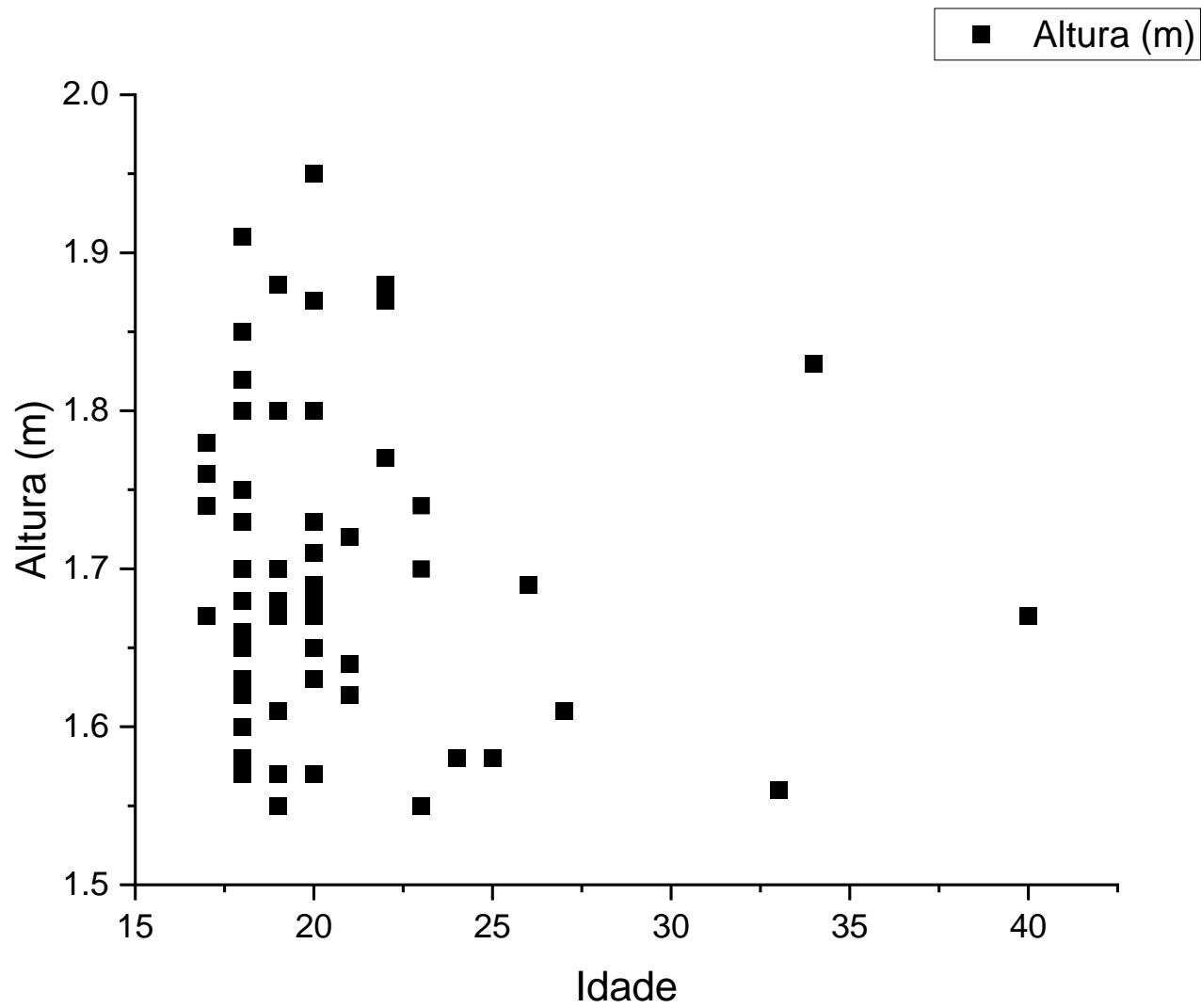
Box-plots

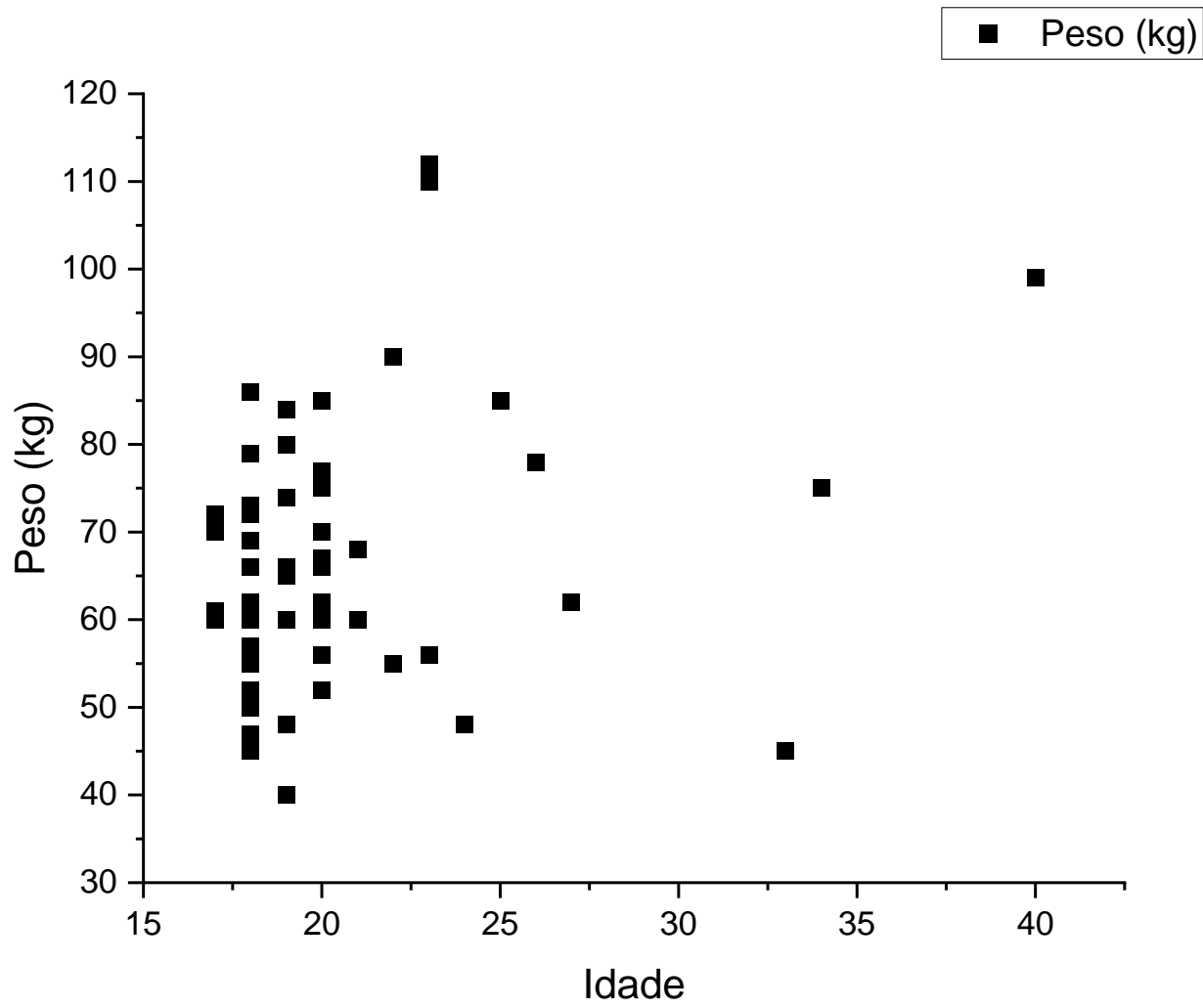


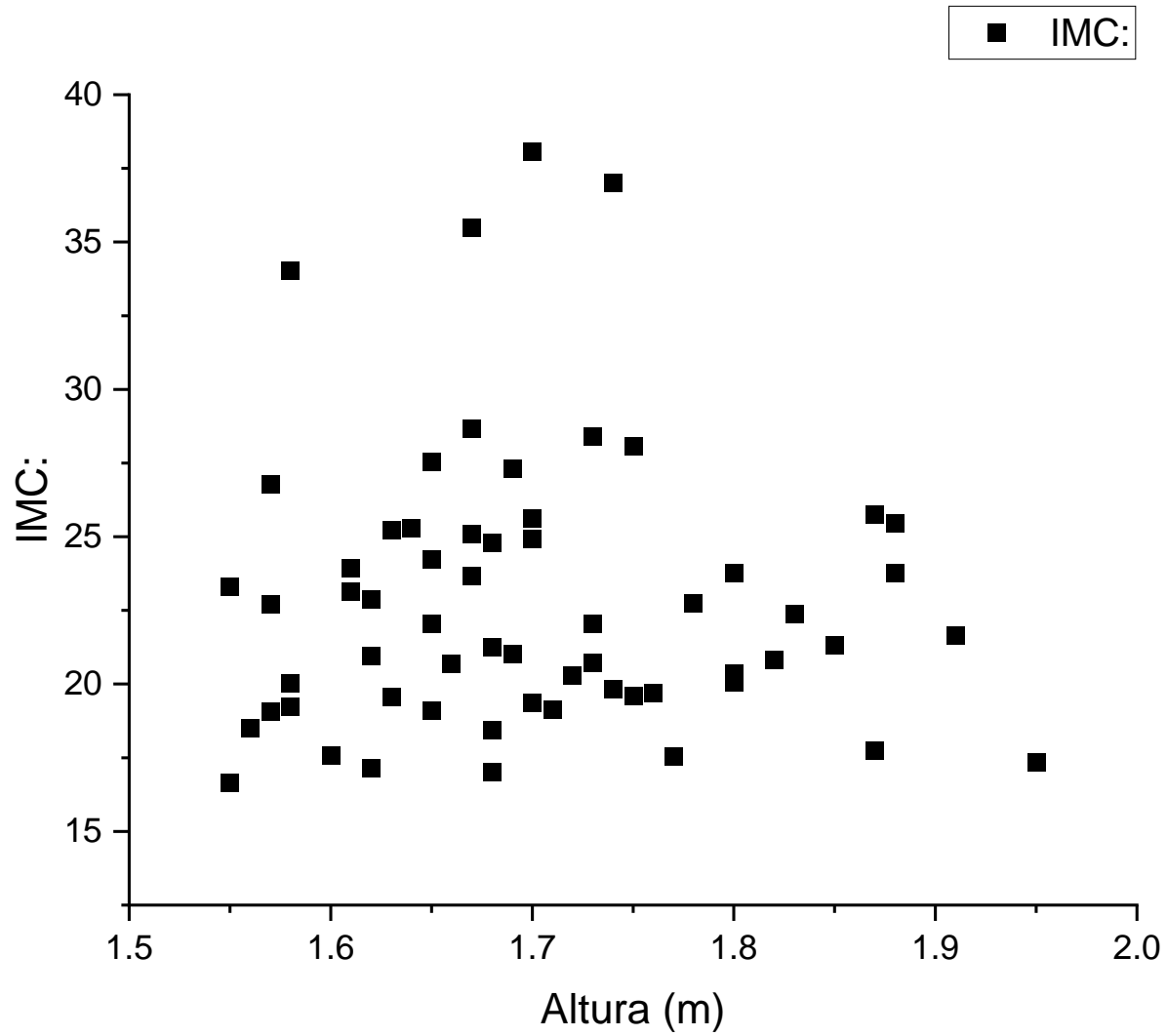


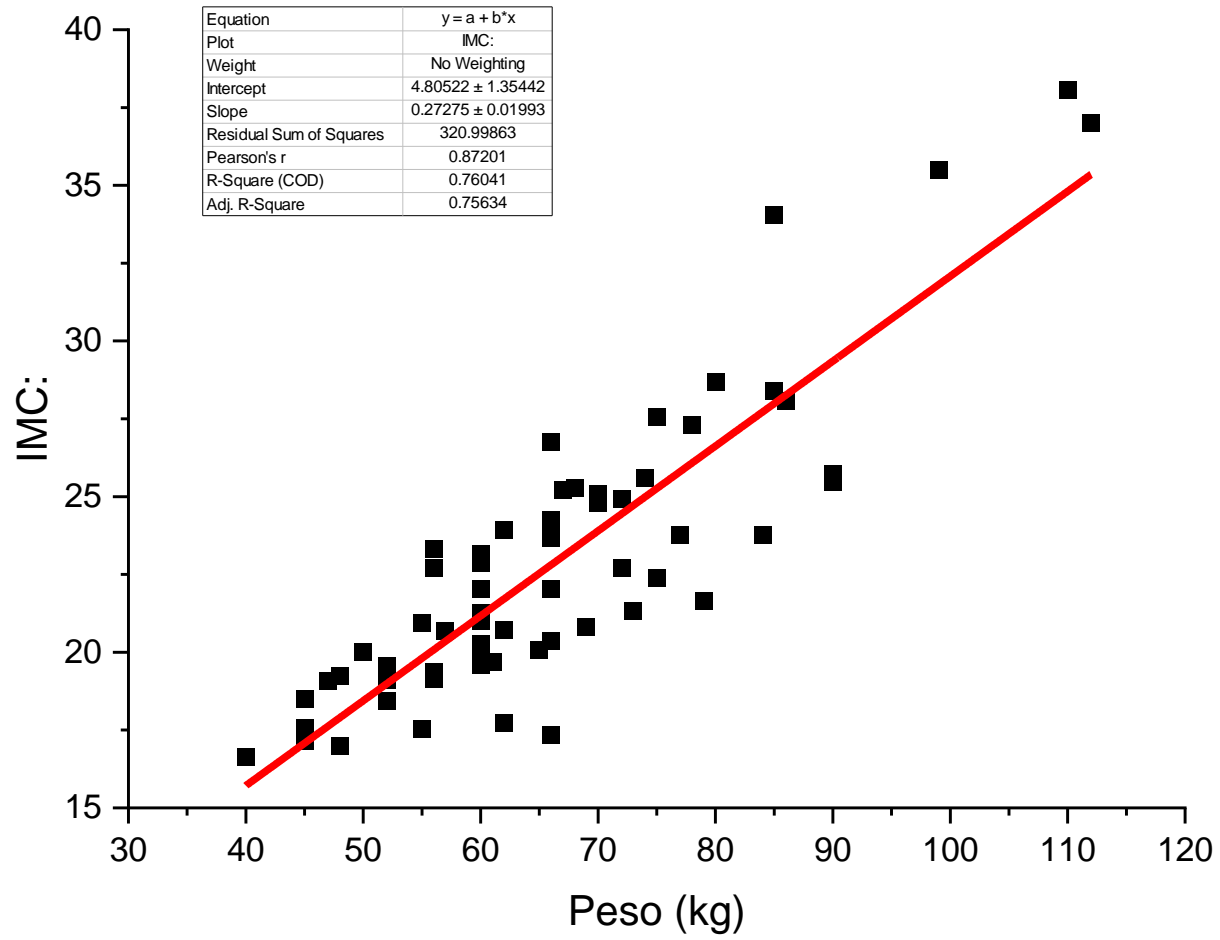








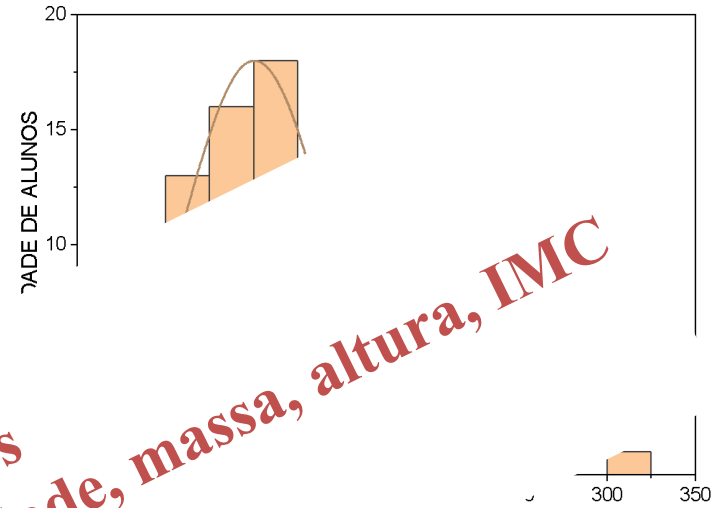
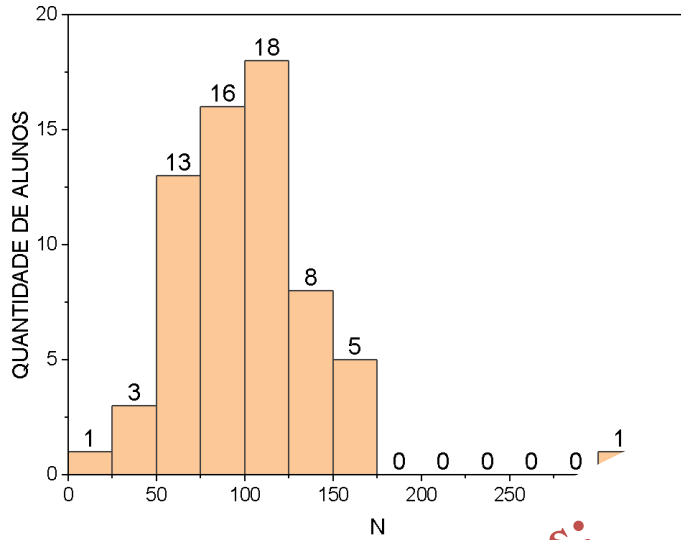




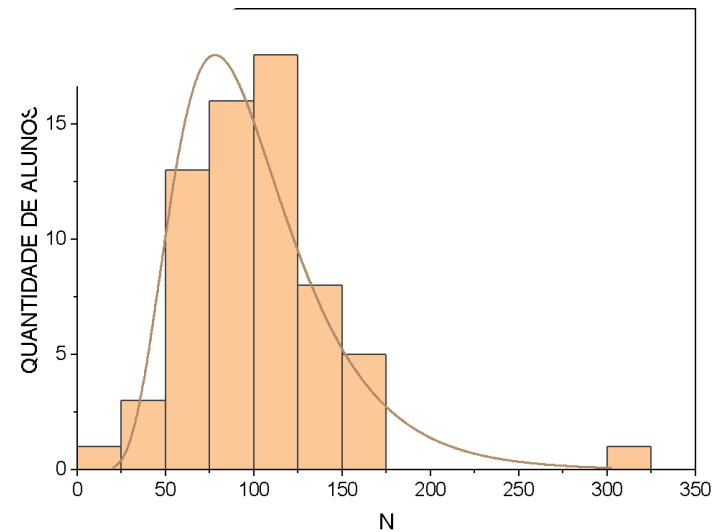
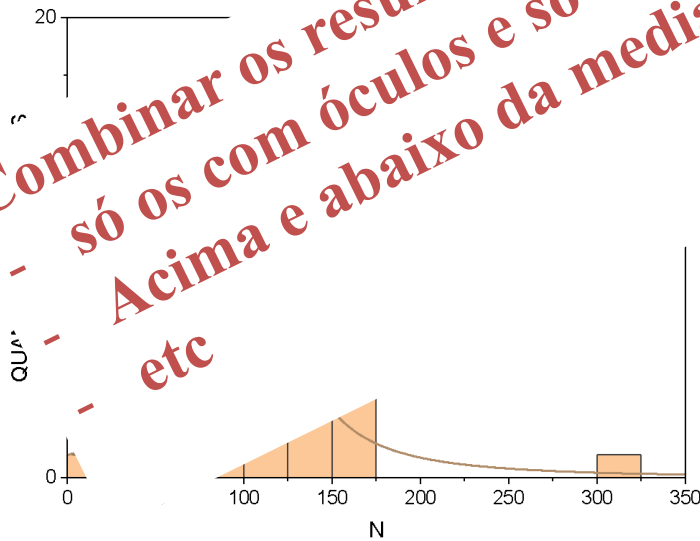
Um parênteses: por que análises gráficas e modelos são importantes?



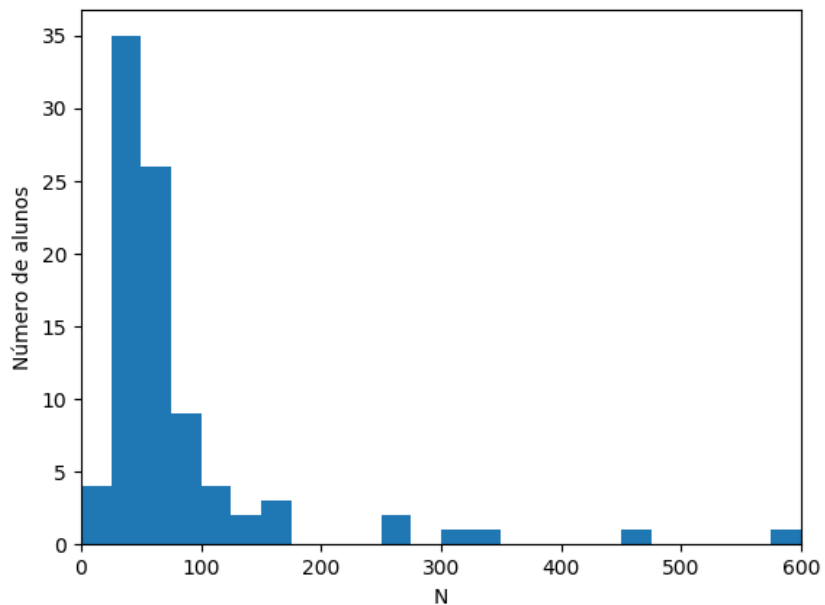
<https://medium.com/@tomaspueyo/coronavirus-act-today-or-people-will-die-f4d3d9cd99ca>



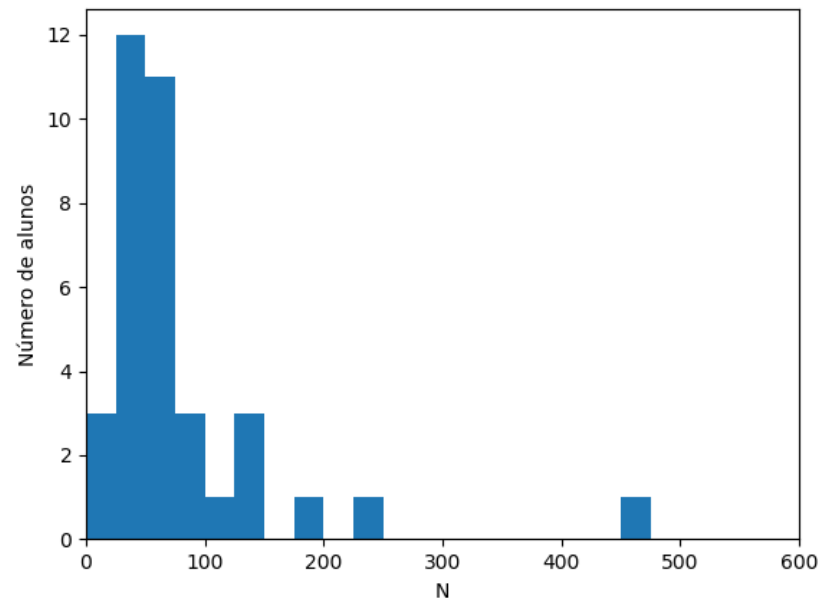
**Combinar os resultados:
 - só os com óculos e só os sem óculos
 - Acima e abaixo da mediana da idade, massa, altura, IMC
 - etc**



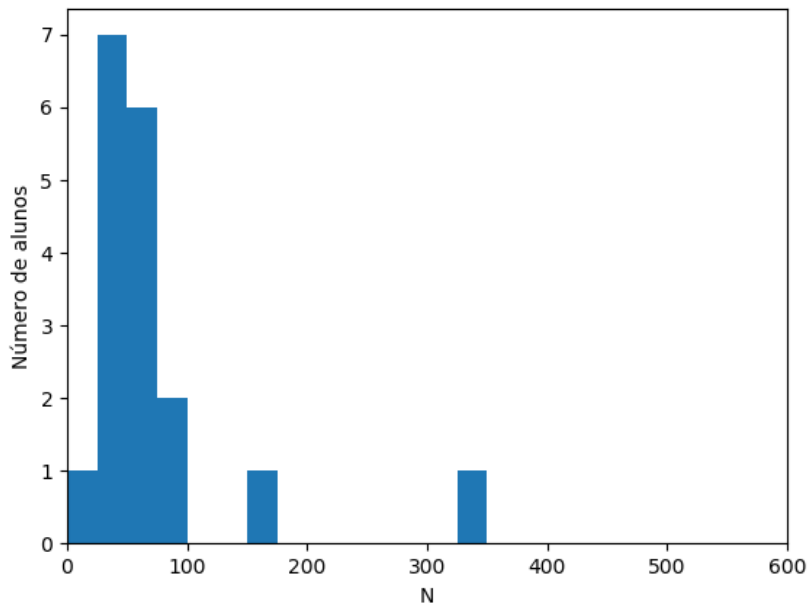
Usam óculos $N = 89 \pm 90$



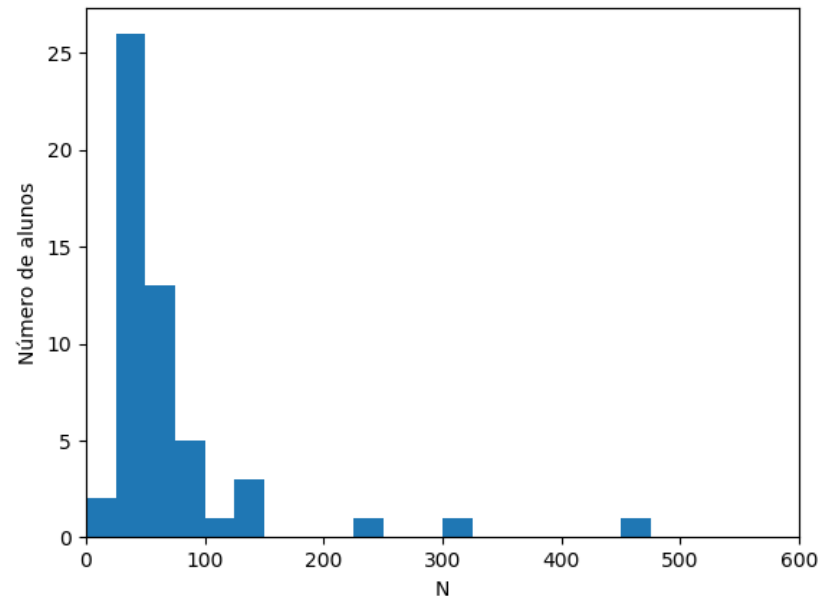
Não usam óculos $N = 79 \pm 81$

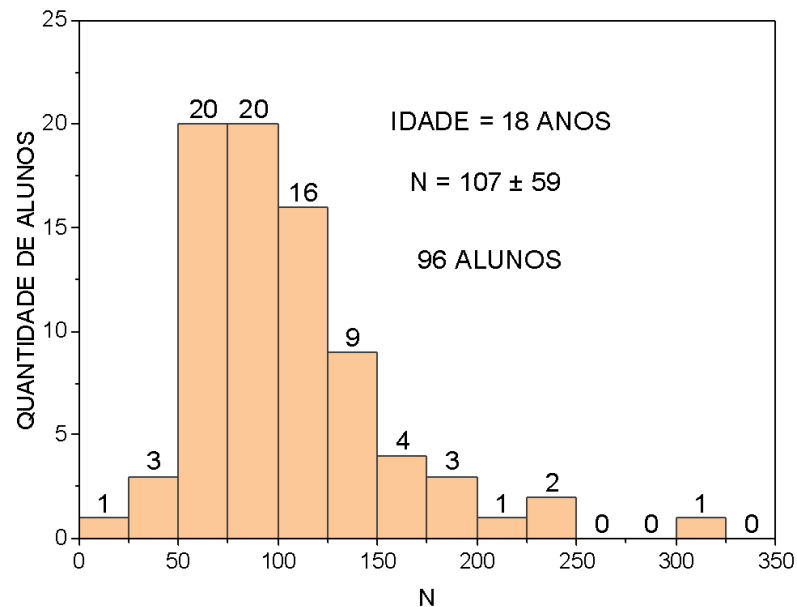
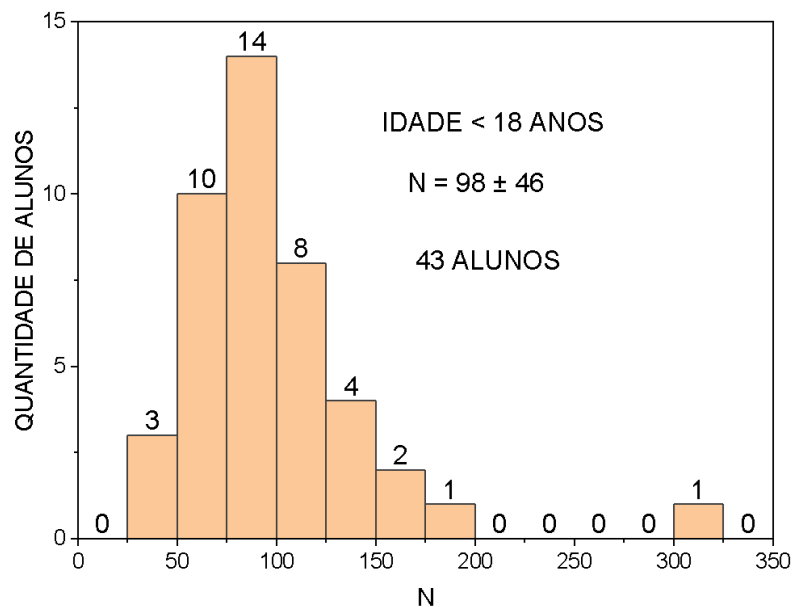
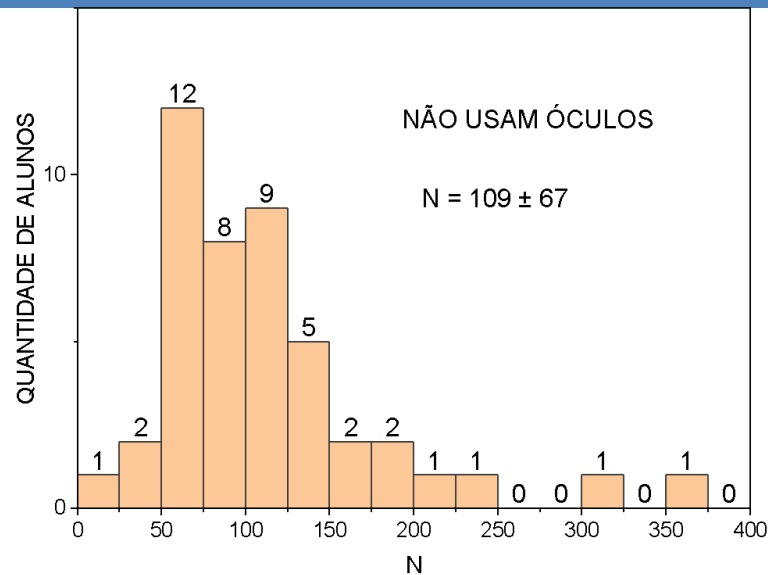
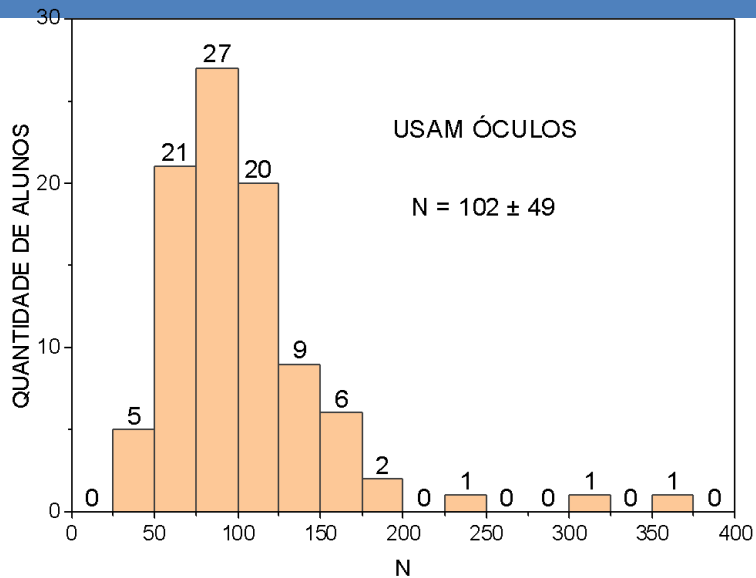


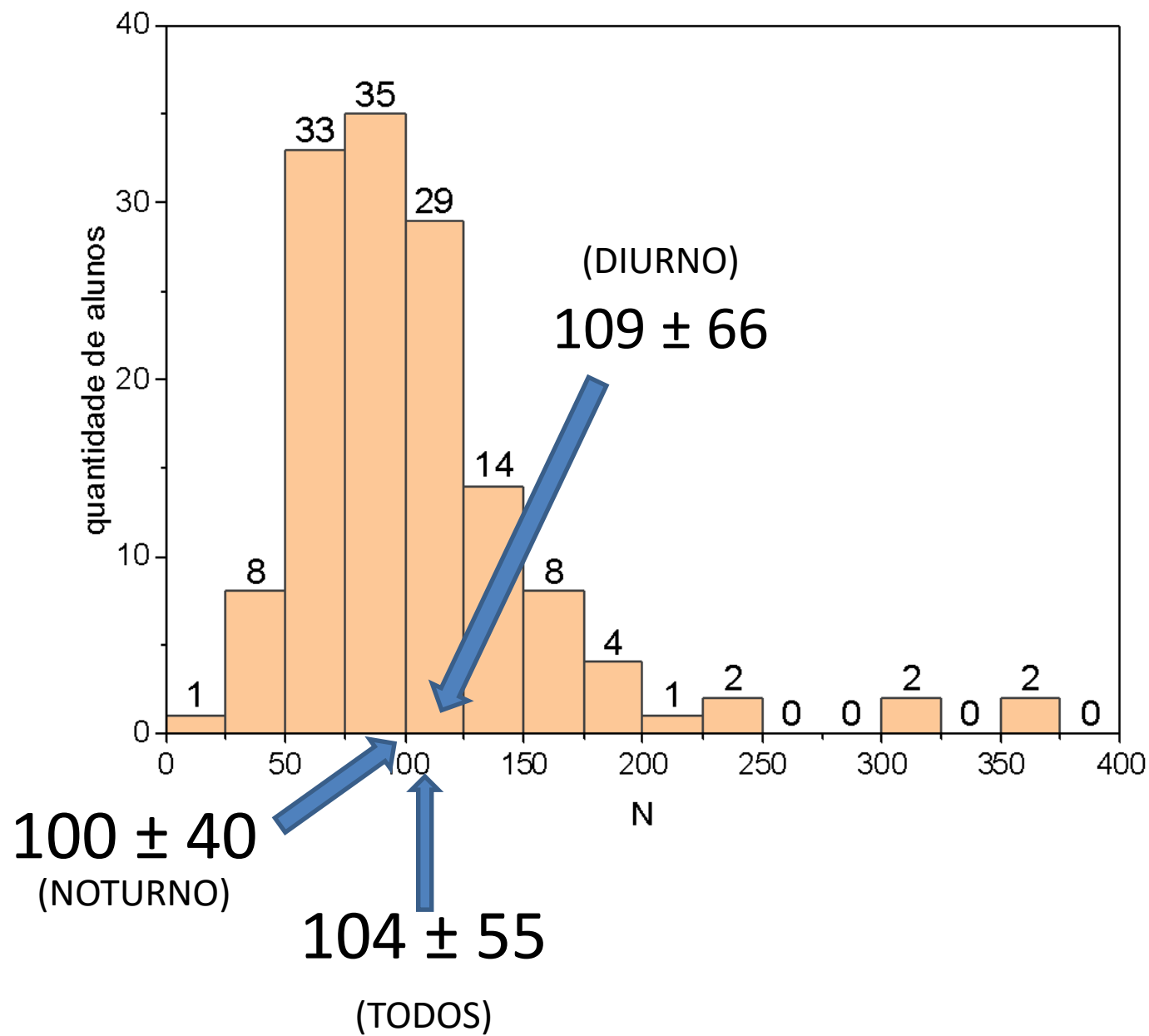
idade < 18 anos $N = 74 \pm 74$ 18 alunos no total



idade = 18 anos $N = 70 \pm 74$ 53 alunos no total







Experimento: Estimativa do número de bolinhas em um vidro

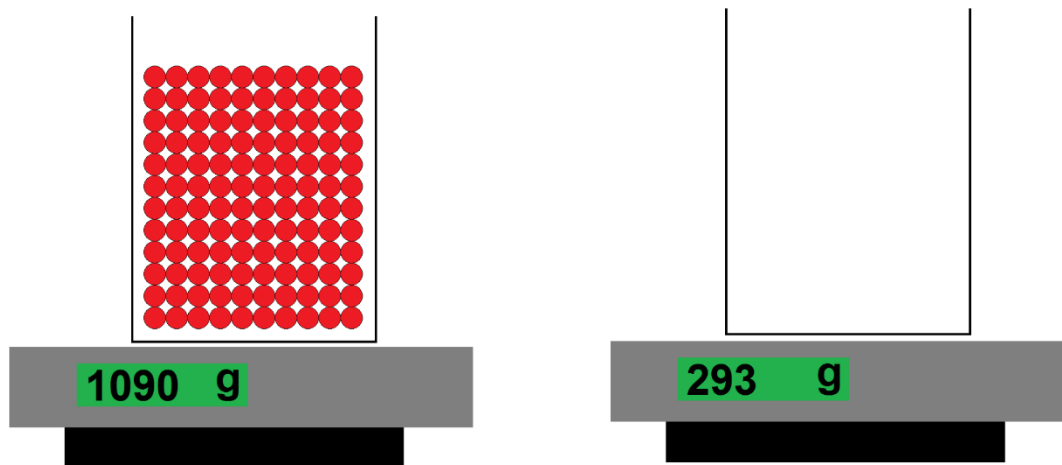
Parte 2 – abrindo o vidro e podendo tirar as bolinhas, sem contar

- MÉTODOS
- PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO
 - Instrumentos
 - Variáveis
 - Cálculos
 - Incertezas

Estimativa por massa

Instrumentos: balança semi-análítica.

Procedimentos: Medição da massa do pote com bolinhas, do pote vazio e de uma única bolinha.



. **Medidas:**

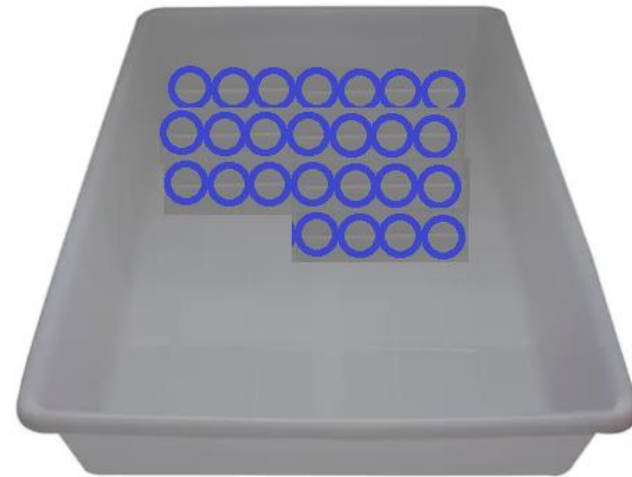
- Massa das bolinhas:
- Massa do pote de vidro vazio:
- Massa do pote com as bolinhas:



Estimativa por área

Instrumentos: Bandeja, régua, paquímetro.

Procedimentos: Medir área da bandeja, área ocupada pelas bolinhas, área de secção das bolinhas.



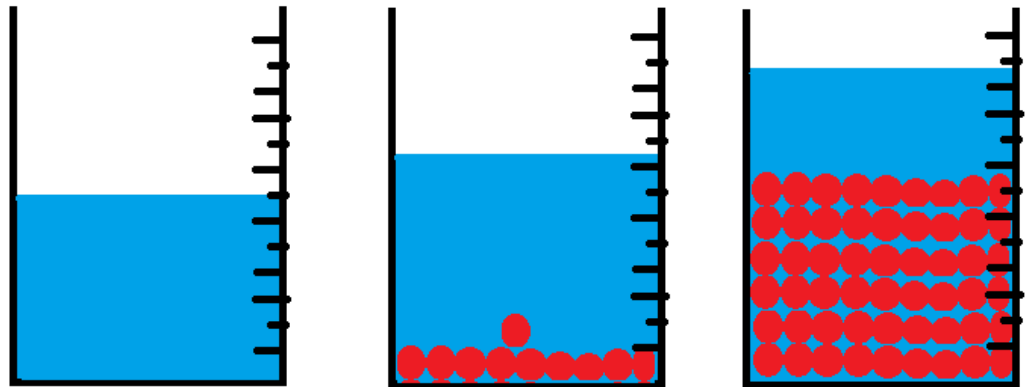
Medidas:

- Área da bandeja:
- Área da bandeja ocupada pelas bolinhas:
- Área de secção do centro das bolinhas:

Estimativa por volume

Instrumentos: Proveta, água.

Procedimentos: Foi medido o volume inicial de água na proveta, adicionou-se 10 bolinhas à proveta e efetuou-se nova medida de volume, e por fim foram colocadas o restante das bolinhas na proveta para leitura do volume.



Medidas:

- Volume inicial da proveta:
- Volume da proveta + X bolinhas:
- Volume da proveta + todas as bolinhas:

Fator de empacotamento (f)

- $f = \frac{\text{Volume preenchido}}{\text{Volume do vidro}}$
- $\text{volume preenchido} = \text{volume do vidro} \times f$
- $\text{Número de bolinhas} = \frac{\text{volume preenchido}}{\text{volume de 1 bolinha}}$
- Fator de empacotamento perfeito – 74%
- Fator de empacotamento estatístico – 63 %

https://en.wikipedia.org/wiki/Sphere_packing#Regular_packing

Na próxima aula veremos:

- Algoritmos significativos
- Exercícios sobre
 - Tratamentos estatísticos de dados
 - Gráficos (linear, log, histograma, box-plot etc)

