



Universidade Federal do Espírito Santo
Centro de Ciências Agrárias
Departamento de Ciências Florestais e
da Madeira



CAPÍTULO I

Princípios de Mensuração

Professor Gilson Fernandes da Silva

1 - INTRODUÇÃO

Segundo HUSCH *et al.* (1992), o conhecimento é uma extensão da aquisição e do acúmulo sistemático de observações ou medições de objetos concretos e de fenômenos naturais. Assim sendo, as medições são os requerimentos básicos para a extensão do conhecimento.

No setor florestal, o conhecimento sobre os recursos existentes se dá por meio da medição ou estimação de atributos das árvores e das florestas, além de muitas características das áreas sobre as quais as árvores estão crescendo, por meio de instrumentos e métodos apropriados.

A palavra dendrometria deriva dos vocábulo gregos "*dendro*" = **árvore** e "*metrum*" = **medida**. Conseqüentemente, a dendrometria trata das **medições ou variáveis de medida na árvore**. Por muito tempo, considerou-se sinônimos ao termo dendrometria as expressões **dasometria** (*dasos* = **floresta**), **silvimetria** (*silvi* = **floresta**) e **mensuração florestal**.

Definição: A dendrometria ocupa-se da medição de atributos da árvore, como altura, diâmetro e área basal.

Importância: Como ferramenta de quantificação de características das árvores, a dendrometria está associada a uma série de disciplinas e processos dentro da Engenharia Florestal.

⇒ Disciplinas e áreas relacionadas à Dendrometria

- ✓ Inventário Florestal
- ✓ Manejo Florestal
- ✓ Economia Florestal
- ✓ Silvicultura
- ✓ Exploração florestal
- ✓ Ecologia florestal
- ✓ Trabalhos de pesquisa envolvendo árvores ou povoamentos

2 - CONCEITOS BÁSICOS EM MENSURAÇÃO

Sendo a dendrometria a ciência que se ocupa em medir atributos das árvores, para melhor compreendê-la é essencial ter claro os conceitos do que seja medir ou mensurar. Ellis (1966) citado por Husch *et al.* (1993) e por Batista (2001), apresenta uma definição formal de medida:

“Uma medida é uma atribuição de números a coisas de acordo com uma regra determinativa e não-degenerativa”.

REGRA DETERMINATIVA: Sob condições constantes, os mesmos números, ou amplitude de números, são atribuídos aos mesmos objetos.

REGRA NÃO-DEGENERATIVA: números diferentes são atribuídos a objetos diferentes, ou a objetos iguais sob condições diferentes.

⇒ Fatores que governam a escolha das medidas

- ✓ Facilidade e a velocidade com que as medidas podem ser realizadas.
- ✓ Exatidão com que elas podem ser feitas.
- ✓ A correlação entre as medidas e as características para as quais se deseja uma estimativa.

⇒ Classificação das medidas

Medidas diretas ➡ Estão ao alcance da medição ➡ Determinação

Exemplos: Diâmetros e circunferências das árvores, comprimento dos troncos, espessura da casca

Medidas indiretas ➡ Não estão ao alcance ➡ Estimação

Exemplos: Altura e volume das árvores em pé

3 - UNIDADES DE MEDIDAS

3.1 - Breve Histórico

✓ Os sistemas de Pesos e Medidas são o resultado de uma evolução gradual sujeita a muitas influências. É difícil, portanto, estabelecer um percurso lógico e claro para o seu aparecimento.

✓ Contar, foi talvez a forma mais primitiva de medir. As comunidades pré-históricas utilizavam as unidades dos seus produtos principais para se expressarem nas trocas. Por exemplo: um agricultor avaliava (media) uma ovelha em "mãos cheias de trigo" ou outro grão das suas produções.

✓ O sistema de medida por unidades de troca durou milênios. O desenvolvimento e aplicação de medidas lineares - antes do aparecimento das de peso e capacidade - apareceram entre 10.000 e 8.000 anos a.C. As unidades de medida nesses tempos baseavam-se na comparação com objetos naturais.

✓ Depois começaram a utilizar-se algumas dimensões do corpo humano como padrão de medidas lineares. Por exemplo: os egípcios chamavam a distância entre o cotovelo e a extremidade do dedo médio de Braça.

✓ De acordo com INMETRO (2013), *“A necessidade de medir é muito antiga e remonta à origem das civilizações. Por longo tempo, cada país, cada região, teve seu próprio sistema de medidas. Essas unidades de medidas, entretanto, eram geralmente arbitrárias e imprecisas, como por exemplo, aquelas baseadas no corpo humano: palmo, pé, polegada, braça, côvado.”*

✓ *“Isso criava muitos problemas para o comércio, porque as pessoas de uma região não estavam familiarizadas com o sistema de medir das outras regiões, e também, porque os padrões adotados eram, muitas vezes, subjetivos”.*



✓ A necessidade de converter uma medida em outra era tão importante quanto a necessidade de converter uma moeda em outra. Na verdade, em muitos países, inclusive no Brasil dos tempos do Império, a instituição que cuidava da moeda também cuidava do sistema de medidas.

3.2 - O Sistema Métrico Decimal

Em 1789, o Governo Republicano Francês pediu à Academia de Ciência da França que criasse um sistema de medidas baseado numa "constante natural", ou seja, não arbitrária. Assim, foi criado o Sistema Métrico Decimal, constituído inicialmente de três unidades básicas: **o metro**, que deu nome ao sistema, **o litro** e **o quilograma**. (posteriormente, esse sistema seria substituído pelo Sistema Internacional de Unidades - SI).

⇒ O Metro

- ✓ Inicialmente foi definido como a décima milionésima parte do comprimento do meridiano terrestre entre os paralelos de Dunkerque e Barcelona ([cerca de 1/4](#)).
- ✓ Foi materializado por uma barra de platina de secção retangular, com 25,3 mm de espessura e com 1 m de comprimento de lado a lado. Essa medida materializada, datada de 1799, é conhecida como o "metro do arquivo".
- ✓ Em 1960 foi redefinido como **o comprimento de onda do isótopo 86 do *Krypton***; e em 1983 voltou a ser redefinido como **o comprimento do percurso efetuado pela luz, no vácuo, em 1/299.792.458 segundos**, medida que é reproduzível em laboratório.

⇒ O Litro

A unidade de medir a grandeza volume, no Sistema Métrico Decimal, foi chamada de litro e definida como "o volume de um decímetro cúbico". O litro permanece como uma das unidades em uso com o SI, entretanto, recomenda-se a utilização da nova unidade de volume definida como o metro cúbico.

⇒ O Quilograma

Corresponde à "massa de um decímetro cúbico de água na temperatura de maior massa específica, ou seja, a 4,44°C". Para materializá-lo, foi construído um cilindro de platina iridiada, com diâmetro e altura iguais a 39 milímetros.

⇒ Sistema Métrico Decimal: Unidades lineares, de área e de volume.

quilômetro	hectômetro	decâmetro	metro	decímetro	centímetro	milímetro
1000 m	100 m	10 m	1 m	0,1 m	0,01 m	0,001 m
km	hm	dam	m	dm	cm	mm

Exemplos: $1 \text{ dam} = 10 \text{ m} = 100 \text{ dm} = 1000 \text{ cm} = 10000 \text{ mm}$

$3,2 \text{ m} = 0,32 \text{ dam} = 0,032 \text{ hm} = 0,0032 \text{ km}$

km^2	hm^2	dam^2	m^2	dm^2	cm^2	mm^2
10^6 m^2	10^4 m^2	10^2 m^2	1 m^2	10^{-2} m^2	10^{-4} m^2	10^{-6} m^2

Exemplos: $34 \text{ cm}^2 = 0,34 \text{ dm}^2 = 0,0034 \text{ m}^2 = 0,000034 \text{ dam}^2$

$13,6 \text{ hm}^2 = 1360 \text{ dam}^2 = 136000 \text{ m}^2 = 13600000 \text{ dm}^2$

km^3	hm^3	dam^3	m^3	dm^3	cm^3	mm^3
10^9 m^3	10^6 m^3	10^3 m^3	1 m^3	10^{-3} m^3	10^{-6} m^3	10^{-9} m^3

Exemplos: $0,003 \text{ dam}^3 = 3 \text{ m}^3 = 3000 \text{ dm}^3 = 3 \times 10^9 \text{ mm}^3$

$642 \text{ dam}^3 = 0,642 \text{ hm}^3 = 0,000642 \text{ km}^3$

3.3 - O Sistema Internacional de Unidades (SI)

Embora muitos países tenham adotado o sistema métrico decimal, inclusive o Brasil, o desenvolvimento científico e tecnológico passou a exigir medições cada vez mais precisas e diversificadas.

Por isso, em 1960, o sistema métrico decimal foi substituído pelo **Sistema Internacional de Unidades - SI**, mais complexo e sofisticado, adotado também pelo Brasil em 1962 e ratificado pela Resolução nº 12 de 1988 do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - Conmetro, tornando-se de uso obrigatório em todo o Território Nacional.

⇒ Como escrever as unidades SI ? (Inmetro, 2013)

As unidades SI podem ser escritas por seus nomes ou representadas por meio de símbolos.

Exemplos:

Unidade de comprimento

nome: metro

símbolo: m

Unidade de tempo

nome: segundo

símbolo: s



Os nomes das unidades SI são escritos sempre em letra minúscula.

Exemplos:

quilograma, newton, metro cúbico

Exceções:

No início da frase e “grau Celsius”

A Resolução Conmetro 12/88 estabelece regras para a formação do plural dos nomes das unidades de medir.

Exemplos:

Ver Tabela 1 na sequência.

Tabela 1 - Principais unidades SI

GRANDEZA	NOME	PLURAL	SÍMBOLO
comprimento	metro	metros	m
área	metro quadrado	metros quadrados	m ²
volume	metro cúbico	metros cúbicos	m ³
ângulo plano	radiano	radianos	rad
tempo	segundo	segundos	s
velocidade	metro por segundo	metros por segundo	m.s ⁻¹
aceleração	metro por segundo por segundo	metros por segundo por segundo	m.s ⁻²
massa	quilograma	quilogramas	kg
massa específica	quilograma por metro cúbico	quilogramas por metro cúbico	kg.m ⁻³
vazão	metro cúbico por segundo	metros cúbicos por segundo	m ³ .s ⁻¹

Fonte: Inmetro (2013)

O acento tônico recai sobre a unidade e não sobre o prefixo.

Exemplos:

micrometro, hectolitro, milisegundo, centigrama

Exceções:

quilômetro, hectômetro, decâmetro, decímetro, centímetro e milímetro

O grama pertence ao gênero masculino. Por isso, ao escrever e pronunciar essa unidade, seus múltiplos e submúltiplos, faça a concordância corretamente.

Exemplos:

dois quilogramas; quinhentos miligramas; duzentos e dez gramas; oitocentos e um gramas

O prefixo quilo (símbolo *k*) indica que a unidade está multiplicada por mil. Portanto, não pode ser usado sozinho.

Certo	Errado
quilograma; kg	quilo; k

Use o prefixo quilo de maneira correta.

Certo	Errado
quilômetro	kilômetro
quilograma	kilograma
quilolitro	kilolitro

Símbolo não é abreviatura. O símbolo é um sinal convencional e invariável utilizado para facilitar e universalizar a escrita e a leitura das unidades SI. Por isso mesmo não é seguido de ponto.

Unidade	Certo	Errado
segundo	s	s. ; seg.
metro	m	m. ; mtr.
quilograma	kg	kg. ; kgr.
hora	h	h. ; hr.

O símbolo não é escrito na forma de expoente.

Certo	Errado
250 m	250 ^m
10 g	10 ^g
2 mg	2 ^{mg}

O símbolo é invariável, não é seguido de “s”.

Unidade	Certo	Errado
cinco metros	5 m	5 ms
dois quilogramas	2 kg	2 kgs
oito horas	8 h	8 hs

Ao escrever uma unidade composta, não misture nome com símbolo.

Certo	Errado
quilômetro por hora km/h	quilômetro/h km/hora
metro por segundo m/s	metro/s m/segundo
quilômetro por hora km/h	quilômetro/h km/hora

Toda vez que você se refere a um valor ligado a uma unidade de medir, significa que, de algum modo, você realizou uma medição. O que você expressa é, portanto, o resultado da medição, que apresenta as seguintes características básicas.

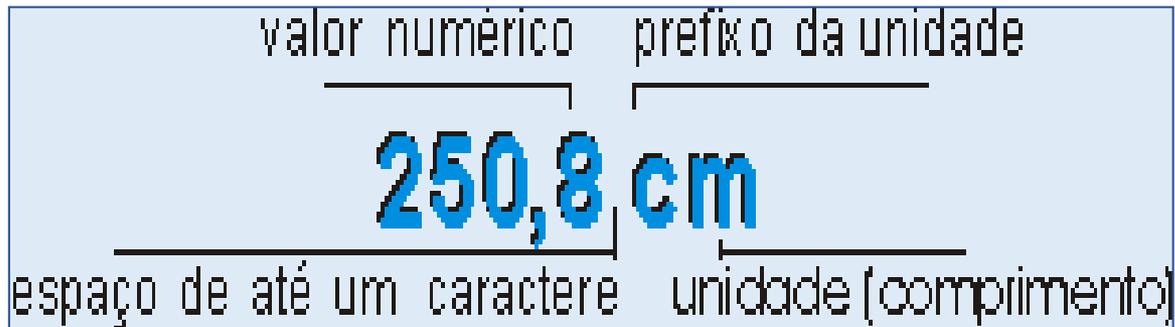


Tabela 2 - Unidades fora do SI, em uso com o SI

GRANDEZA	NOME	PLURAL	SÍMBOLO
tempo	minuto	minutos	min
tempo	hora	horas	h
tempo	dia	dias	d
ângulo plano	grau	graus	°
ângulo plano	minuto	minutos	'
ângulo plano	segundo	segundos	''
área	hectare	hectares	ha
volume	litro	litros	l ou L
massa	tonelada	toneladas	t

Fonte: Inmetro (2013)

4 - CONVERSÃO DE UNIDADES

Em algumas situações em dendrometria, as medidas necessitam ser convertidas, como por exemplo:

- Alguns instrumentos fornecem estimativas no *Sistema Inglês* (polegadas, pés etc);
- Deseja-se expressar o resultado final de uma operação em uma unidade diferente daquela originalmente medida (ex. metro quadrado para hectare);
- Há a necessidade de efetuar cálculos envolvendo duas medidas com unidades diferentes (ex. diâmetro em centímetros e espessura da casca em milímetros).



Sistema Internacional x Sistema Inglês

Embora o **SI** seja aceito na maioria dos países do mundo, o **sistema inglês** de medidas constitui a base da mensuração florestal nos Estados Unidos, Inglaterra, Canadá e Austrália, onde a ciência florestal está bastante evoluída.

Sendo assim, é muito importante em dendrometria saber converter medidas de um sistema para o outro.

5 - ERROS DE MEDIÇÃO

Em geral, toda grandeza física tem um *valor verdadeiro*. O valor verdadeiro é o valor exato da grandeza.

Conseqüentemente, o erro de uma medição é a diferença entre o valor da medida e o valor exato da grandeza em questão.

Assim sendo, quanto maior a incerteza sobre o valor da medida, maior será o erro da medida.

Para realizar uma medida de uma grandeza física qualquer de forma correta, deve-se:

- a) Escolher um instrumento adequado para a medida;
- b) aprender o procedimento de utilização do instrumento e;
- c) aprender a ler a escala de medida desse instrumento.

A não observância destes itens acarreta em erros de medição. Entre os erros de medição, têm-se as seguintes categorias:

a) Erros aleatórios: São resultantes de variações aleatórias da medida devido a fatores não controlados. Ex: a presença de corrente de ar quando se está realizando uma medida de massa em uma balança muito sensível.

b) Erros sistemáticos: Têm causas diversas e influem na medida sempre num mesmo sentido, para mais ou para menos em relação ao verdadeiro valor da grandeza. Ex: a falta de calibração de um instrumento.

c) Erros grosseiros: Estes não são erros do ponto de vista da teoria dos erros. São considerados enganos que operador comete durante a medição ou nos cálculos durante a análise dos dados.

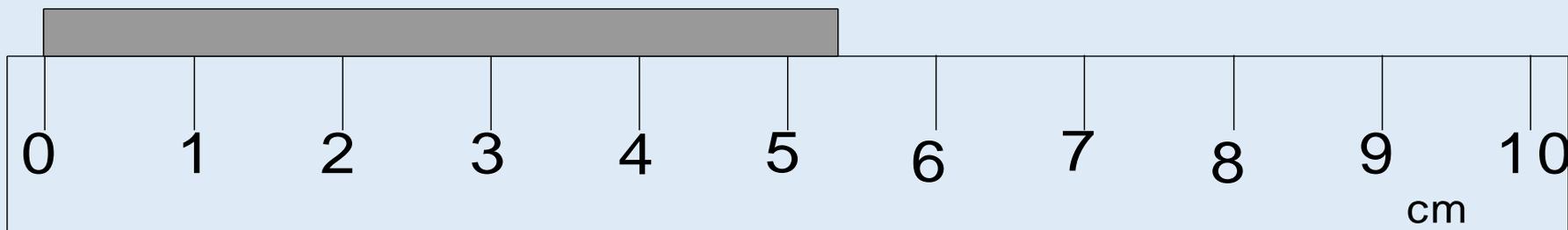
6 - EXATIDÃO E PRECISÃO DE UMA MEDIDA

EXATIDÃO: É um conceito qualitativo e refere-se a quanto os valores medidos se aproximam do verdadeiro valor da grandeza. Quanto maior a exatidão de uma medida mais próxima ela estará do verdadeiro valor da grandeza.

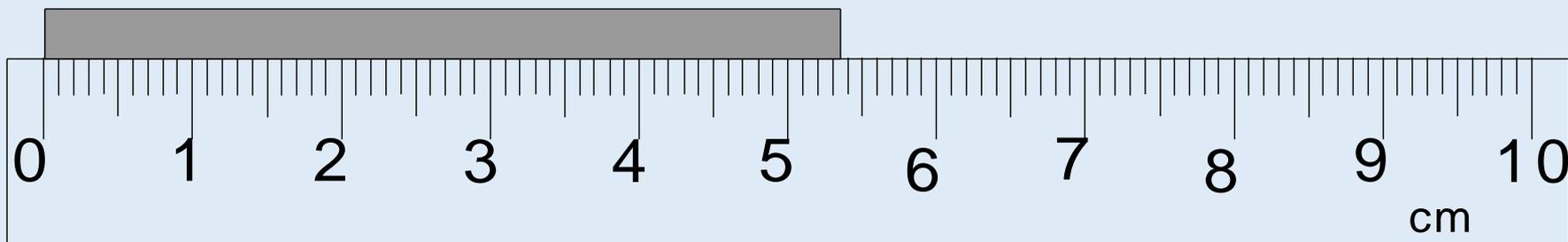
PRECISÃO: Também é um conceito qualitativo e é usado para caracterizar a magnitude dos erros presentes na medida. Quanto menor a magnitude dos erros maior a precisão da medida.



* Régua A



* Régua B



7 - ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

- ✓ Considerando as réguas da figura anterior, na régua A a menor divisão é **1 cm** e na régua B é **0,1 cm**.
- ✓ Realizando-se a medida com a régua A, conclui-se que o comprimento (L) da barra está **entre 5 cm e 6 cm**. Realizando-se a medida com a régua B esse valor está **entre 5,3 cm e 5,4 cm**.
- ✓ Esses resultados podem ser para a **régua A** **$L = 5,?$** cm e para a **régua B** **$L = 5,3?$** cm.

✓ Embora o valor de L não seja conhecido, pode-se estimá-lo fazendo uma avaliação visual. Por exemplo, pode-se dizer que para a régua A, L é igual a $5,3$ cm e para a régua B L igual a $5,34$ cm.

✓ Um outro leitor poderia dizer que as leituras são $L = 5,4$ cm em A e $L = 5,33$ cm em B. Ambos podem estar corretos.

✓ O **dígito estimado** no valor de uma medida é chamado de **algarismo significativo duvidoso**. Os **demaís dígitos** que compõem o valor da medida são chamados de **algarismos significativos exatos**.

✓ Na medida $L = 5,3$ cm, o número 5 é o algarismo significativo exato e o número 3 é o algarismo significativo duvidoso. Na medida $L = 5,34$ cm, os números 5 e 3 são algarismos significativos exatos e o 4 é o algarismo significativo duvidoso.

Observações importantes:

1) Não se deve fazer uma medida com mais de um algarismo duvidoso independente do instrumento de medição empregado.

2) Considere que o diâmetro de uma árvore foi medido com o mesmo aparelho sob as mesmas condições, encontrando-se os resultados a seguir:

1,122 m

112,2 cm

1122 mm

Pergunta: Qual das três medidas é a mais precisa?

Resposta: Todas têm a mesma precisão.

Qual das unidades então seria a mais adequada?

Esta escolha depende do aparelho de medição a ser utilizado. Contudo, o uso de medidas com mais precisão do que o necessário provoca desperdício de tempo e dinheiro.

8 - CRITÉRIOS DE ARREDONDAMENTO

O processo de arredondamento nada mais é do que desprezar ou descartar alguns algarismos, mantendo-se apenas aqueles que expressam o número com um certo grau de precisão.

Quando operações aritméticas são realizadas, frequentemente há a necessidade de arredondar os resultados obtidos, para que estes reflitam adequadamente a confiabilidade do valor.

Sendo assim, arredondamentos são necessários para que os resultados tenham um número apropriado de algarismos significativos.

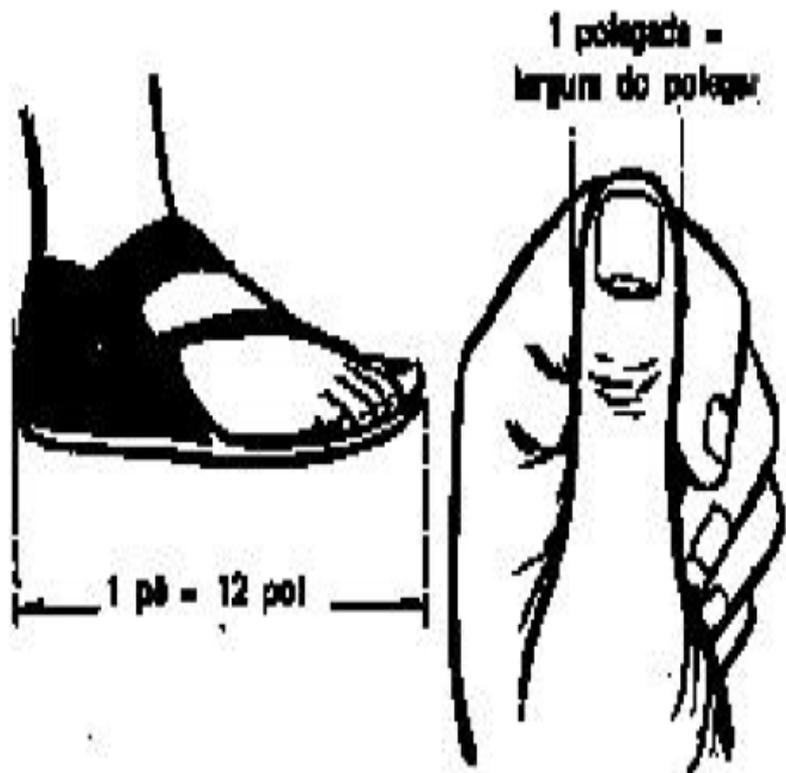
Estes arredondamentos são efetuados no algarismo menos significativo de um número, ou seja, naquele algarismo significativo mais à direita do número.

Exemplo de critério de arredondamento

- a) Se o algarismo à direita daquele que será o menos significativo do resultado for igual ou menor do que 4, o resultado deverá ser arredondado para baixo e;
- b) Se o algarismo à direita daquele que será o menos significativo do resultado for maior ou igual a 5, o resultado deverá ser arredondado para cima.

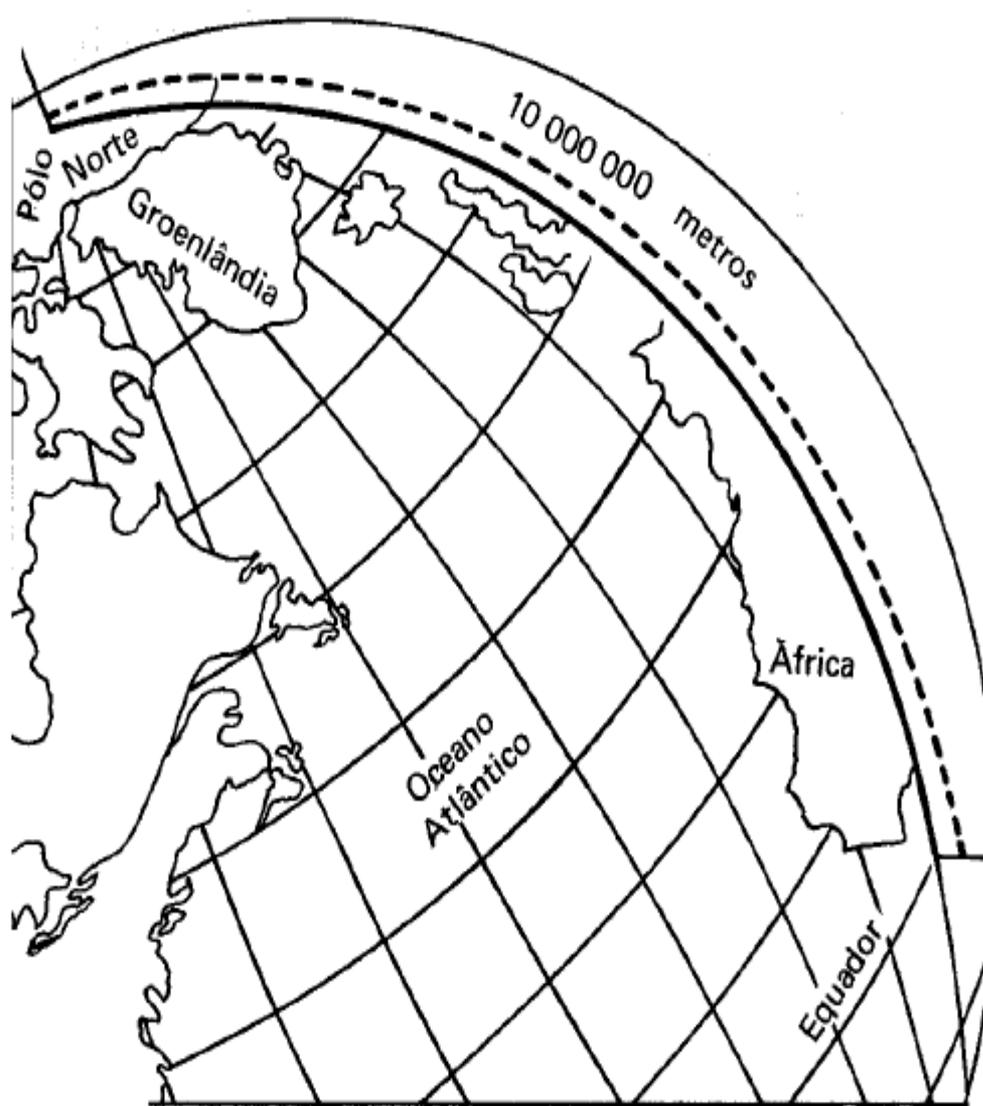


FIM

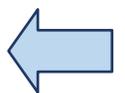


Os povos antigos - os egípcios, os babilônios, os assírios, os chineses, os persas e os gregos - possuíam padrões diferentes de comprimento. A unidade de comprimento dos babilônios era o dedo (aproximadamente 16mm). Usavam também o cúbito, que equivalia a 30 dedos. O pé e a polegada foram, em geral, para esses povos, as unidades padrões.

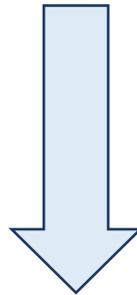




A distância do Pólo Norte ao Equador é de quase 10 000 000 metros.



QUANTO VALE UM SEGUNDO ???????



Tempo correspondente a 9.192.631.770 ciclos de radiações emitidas entre dois níveis de energia do átomo de césio 133.



Exemplos de algumas conversões frequentemente realizadas em Dendrometria:

$$1\text{cm} = 10\text{ mm}$$

$$1\text{m} = 100\text{ cm}$$

$$1\text{ hectare} = 10.000\text{ m}^2$$

$$1\text{ m}^3 = 1.000.000\text{ cm}^3$$



Exemplos de alguns fatores de conversão:

Pés (feet) em metros 0,3048

Metros em pés (feet) 3,2808

Metros em polegadas (inches)..... 39,3700

Polegadas em centímetros 2,5400

Pés quadrados (sq.ft) em metros quadrados..... 0,0929

Metros quadrados em pés quadrados..... 10,7640

Acres em hectares (ha) 0,4047

Hectares (ha) em acres 2,4710

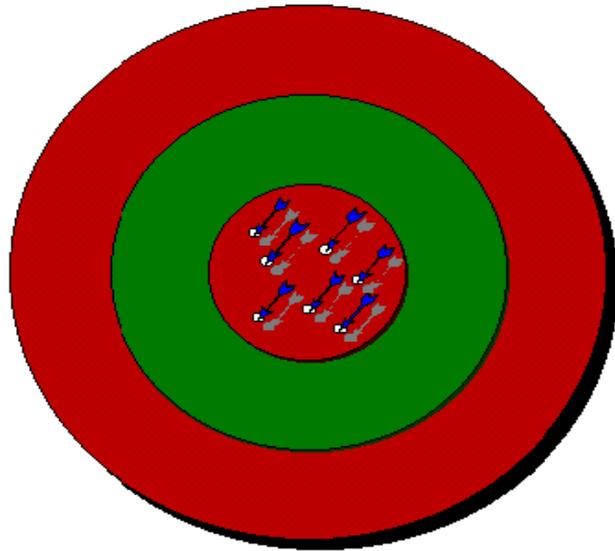
Pés cúbicos (cubic. ft.) em metros cúbicos..... 0,0283

Metros cúbicos em pés cúbicos (cubic. ft.)..... 35,3100

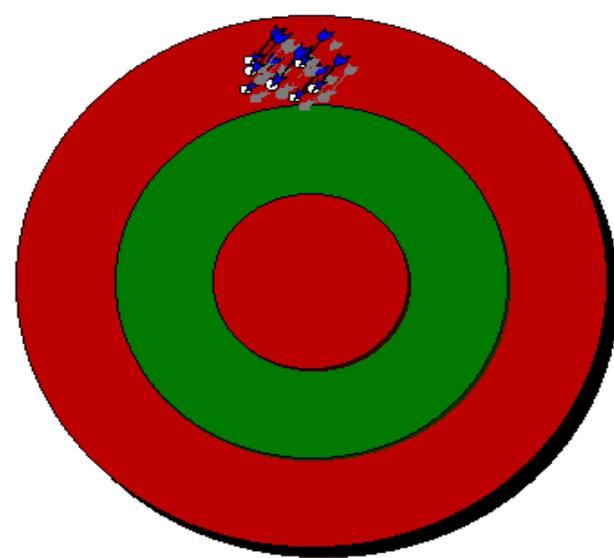
Libra em kilo..... 0,4536

Kilo em libra..... 2,2046

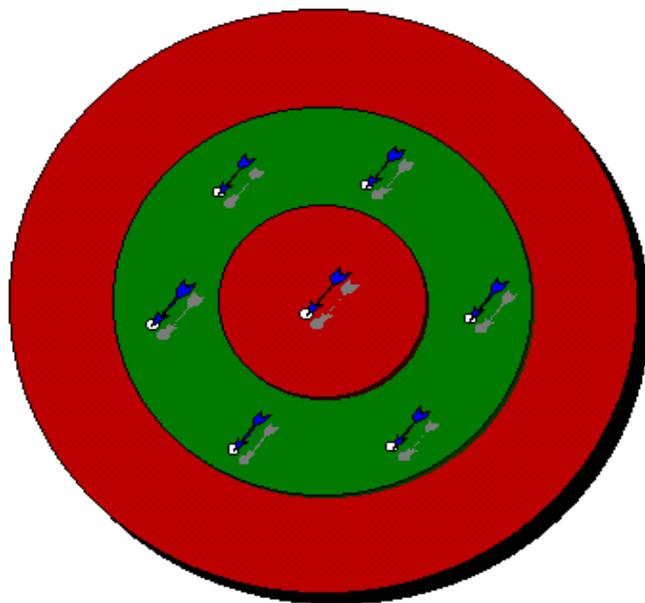




Preciso e Exato



Preciso e Inexato



Impreciso e Inexato



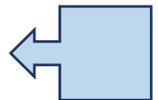
Exemplo de arredondamento

40,4 \longrightarrow 40

7,65 \longrightarrow 7,7

0,434 \longrightarrow 0,43

Este critério é um dos mais utilizados na prática em diversos algoritmos e *softwares*, como o Excel, por exemplo. Por este motivo, ele será o adotado nesta disciplina!!!!



REFERÊNCIAS

- HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. 3 ed. Florida: Krieger Publishing Company, 1993. 402 p.
- BATISTA, J.L.F. **Mensuração de árvores**: uma introdução à mensuração florestal. Piracicaba: ESALQ/USP, 2001.
- INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Regulamento técnico da qualidade para telhas cerâmicas e telhas de concreto**. Portaria n.º 5, de 8 de janeiro de 2013. Disponível em: <www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001955.pdf>