

## Introdução às Ciências Florestais

## Inventário de Recursos Florestais

Paula Soares

27 de fevereiro de 2015

### Sumário:

Inventário de recursos florestais - conceitos básicos

Aparelhos usados na medição de árvores

Trabalho prático e avaliação - próxima aula (6 março)

## Introdução

### Silvicultura (Forestry)

É a ciência, a arte, o negócio, a prática de conservar e gerir florestas e áreas florestais de modo a fornecer de modo sustentável produtos florestais, a manter a saúde e estabilidade das áreas florestais, assim como quaisquer outros valores associados às florestas considerados desejáveis pelo produtor/gestor florestal

(Ford-Robertson, 1971)

### Gestão Florestal

A atividade florestal implica a tomada de decisões sobre a relação entre o homem e a floresta, em particular sobre o modo como o homem a modifica para alcançar os seus objectivos - **gestão florestal**

## Introdução

### Inventário e monitorização de recursos florestais

- ✓ Os gestores de recursos florestais (políticos, gestores privados e públicos, florestais...) necessitam de **dados fiáveis** nos quais possam basear as suas opções de gestão
- ✓ Os programas de inventariação e monitorização de recursos florestais fornecem esta informação
- ✓ O **inventário** de recursos florestais implica a caracterização de uma determinada área florestal enquanto que a **monitorização** de recursos florestais tem como objetivo a avaliação das alterações dos recursos, tentando avaliar as causas das mudanças observadas assim como verificar se os planos de gestão florestal estão a decorrer de acordo com o previsto

## Introdução

### O que é então o Inventário Florestal?

É o conjunto de técnicas que nos permite obter os dados para a caracterização de um ecossistema florestal

## Introdução

### Para tal recolhe-se informação variada:

- ✓ definição da tipologia dos povoamentos florestais
- ✓ informação sobre a área de cada tipo de povoamento
- ✓ características das árvores e dos povoamentos
- ✓ características de outra vegetação presente
- ✓ recursos cinegéticos e aquícolas
- ✓ recursos hídricos
- ✓ outra informação (cada vez mais...)

## Introdução

### Evolução da floresta (Kimmins, 1997)

	Estágio desenvolvimento	Resultados
Pre-silvicultura	Exploração	→ Depleção de recursos
Estágio 1	Silvicultura baseada na produção	→ Falha em atingir os objectivos de conservação e sustentabilidade
Estágio 2	Silvicultura baseada na ecologia	→ Produção sustentada de madeira compatível com a manutenção do equilíbrio do ecossistema
Estágio 3	Silvicultura baseada na sociedade	→ Silvicultura baseada na ecologia e que permite manter um vasto conj. de condições e valores desejados pela sociedade

## Introdução

As necessidades de informação sobre os recursos florestais por parte dos gestores têm contribuído para a evolução da silvicultura

anos 50	anos 60	anos 70	anos 80	anos 90	anos 2000
lenho	lenho	lenho	lenho	lenho	lenho
	recursos múltiplos	recursos múltiplos	recursos múltiplos	recursos múltiplos	recursos múltiplos
		biomassa	biomassa	biomassa	biomassa
			stocks de carbono	stocks de carbono	stocks de carbono
				biodiversidade produtos não-lenhosos	biodiversidade produtos não-lenhosos
					outros usos do solo?

## Inventário Florestal

### Os principais elementos são:

- ✓ cartografia e avaliação de áreas
- ✓ caracterização dos povoamentos florestais, incluindo a avaliação de:
  - existências, acréscimos, percas, regeneração
  - estado sanitário
  - sub-bosque (composição e biomassa)
- ✓ caracterização da vida selvagem
- ✓ avaliação de recursos hídricos
- ✓ ....

## Um inventário usa diversas fontes de dados

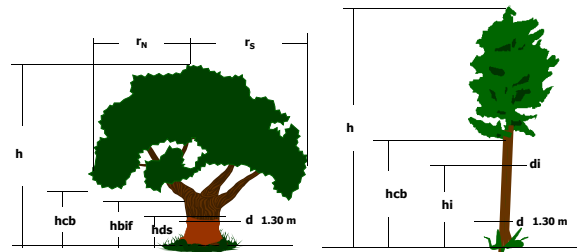
### Fontes de informação

- ✓ dados cartográficos
- ✓ dados provenientes de detecção remota
  - fotografia aérea
  - imagens de satélite
- ✓ medição e observação de campo
- ...

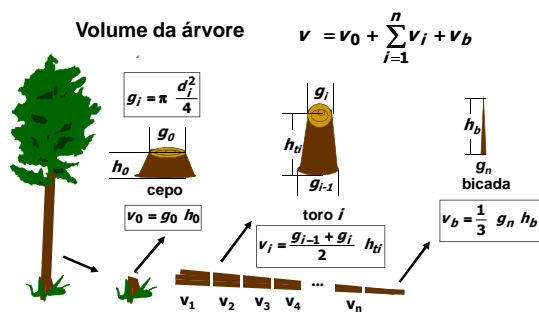
Na prática é frequente utilizar-se uma combinação de informação de diversas fontes

## Variáveis dendrométricas

## Variáveis dendrométricas ÁRVORE - medição direta e indireta



## Variáveis dendrométricas ÁRVORE - medição indireta



## Volumes da árvore

Volume total com casca

Volume total sem casca

Volume mercantil com casca (sem cepo e sem bicada)

Volume mercantil sem casca (sem cepo e sem bicada)

## Volumes da árvore

Portugal:

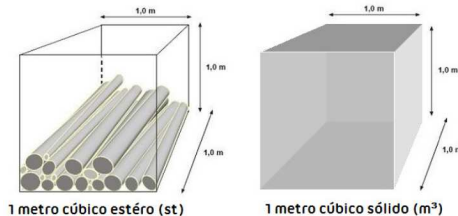
Pinheiro bravo - 20% do volume total corresponde a casca (variável com a idade)

Eucalipto - 18% do volume total corresponde a casca (variável com a idade)

Sobreiro

## Volumes da árvore

Estere: volume aparente de uma pilha cúbica com 1 m de largura x 1 m altura x 1 m profundidade



volume real = vol. aparente da pilha x coeficiente de empilhamento

## Volumes da árvore



Fatores de conversão (eucalipto):

$m^3$  sem casca = esteres sem casca x 0.67  
 esteres sem casca =  $m^3$  sem casca x 1.5

Variável com a espécie, classe de diâmetro, retidão dos toros...

## Volumes da árvore

Volume por categorias de aproveitamento

repartição do volume por categorias de aproveitamento – estas definem-se de acordo com diâmetros mínimos de desponta e/ou comprimentos dos toros

Ex.:

Madeira de classe superior:  $d_i > 25$  cm e comprimento toro de, pelo menos, 3 m

Madeira de segunda:  $20 < d_i \leq 25$  cm ou  $d_i > 25$  cm desde que comprimento toro inferior a 3 m

Madeira para peças de pequena dimensão:  $12 < d_i \leq 20$  cm

Rolaria e trituração:  $6 < d_i \leq 12$  cm

Bicada:  $d_i \leq 6$  cm

## Variáveis dendrométricas ÁRVORE - estimação

As variáveis dendrométricas de medição difícil são, muitas vezes, estimadas com equações de regressão



Por exemplo:

altura da árvore:

$$h = h_{dom} e^{\left(\frac{1}{d} - \frac{1}{d_{dom}}\right) \left(-2.713 - 0.207 h_{dom} + 0.0557 \frac{N}{1000}\right)}$$

volume da árvore:

$$v = 3.739 \frac{d^{1.815}}{100000} h^{1.145}$$

## Variáveis dendrométricas POVOAMENTO

Variáveis avaliadas em parcelas de área conhecida, reduzidas ao ha

Geralmente são:

- somas
- médias
- distribuições de frequência de variáveis da árvore



## Variáveis dendrométricas POVOAMENTO - exemplos

### Altura dominante ( $h_{dom}$ )

média das árvores mais grossas (na proporção de 100 árv/ha)

### Densidade (N)

número de árvores vivas por ha

### Área basal (G)

soma das áreas seccionais (g) das árvores vivas da parcela por ha

### Volume total (V)

soma do volume (v) das árvores da parcela por ha

## Variáveis dendrométricas POVOAMENTO - determinação

### Medição (direta ou indireta)

de todas as árvores da parcela (d e, por vezes, h)

de árvores amostra ou modelo (d e h)

### Estimação

nas árvores não modelo

## Informação não dendrométrica

## Informação de carácter geral

**Data da medição:** dia, mês, ano

**Identificação da equipa:** medidor, anotador

**Tempo:** deslocação à parcela, medição da parcela (orçamento)

**Tipo de parcela:** inventário, permanente, ensaio....

### Caracterização geral da parcela de inventário

Localização e coordenadas  
Acesso à parcela  
Tempos de trabalho  
Verificação da fotointerpretação  
Caracterização fisiográfica  
Outras características  
Observações e inquirição local  
Classificação das espécies

### Caracterização geral da parcela de inventário

**Localização** (em gabinete): nº carta militar; coordenadas GPS  
**Árvores de referência** (3 árvores mais próximas do centro da parcela): distância ao centro (m) e azimute (°, g)  
**Área**  
**Parcelas localizadas na bordadura povoamento/estrato**: distância do centro da parcela ao limite do povoamento medida perpendicularmente a este  
**Acessibilidade**: boa; má  
**Pedregosidade**: muita; média; nula  
**Erosão**: acentuada; pouco acentuada; nula

### Caracterização geral da parcela de inventário

**Fogo**: indícios; ano fogo; danos arvoredos (parcial/total); corte  
**Caracterização fisiográfica**:  
- exposição (bússola): N, S, E, O, NE, SE, NO, SO  
- altitude (GPS)  
- declive (Vertex/Blum-Leiss/Clisímetro)  
- fisiografia: vale, encosta,.....  
**Sinais de desbaste**  
**Avaliação da necessidade de realizar melhoramentos culturais**:  
desbaste; desrama; monda; limpeza matos

### Caracterização geral da parcela de inventário

**Verificação da fotointerpretação**  
Verificar a veracidade da classificação atribuída ao estrato durante a fotointerpretação (de acordo com as normas de fotointerpretação)  
Situações em que o estrato observado é diferente do estrato fotointerpretado:  
✓ erro de fotointerpretação  
✓ substituição de espécie  
✓ conversão

## Caracterização geral da parcela de inventário

### Verificação da fotointerpretação

A verificação da fotointerpretação refere-se à mancha na qual a parcela se insere e não apenas à parcela; para uma correta verificação da fotointerpretação há que ter em conta a área mínima definida para a fotointerpretação

Ex.

se a área mínima for de 5.000 m<sup>2</sup> e a parcela corresponder a uma pequena mancha de eucalipto, com cerca de 1.000 m<sup>2</sup>, no meio de um povoamento puro de pinheiro bravo, então a ocupação de solo PbPb estará correcta.

## Caracterização da diversidade vegetal

### Ocupação do sub-coberto

- ✓ Utilização agrícola
- ✓ Pastagem artificial
- ✓ Pastagem natural
- ✓ Matos

### Estrutura vertical do povoamento

- ✓ Coberto por espécie

- ✓ Coberto total

### Regeneração natural

- ✓ Abundância
- ✓ Avaliação de árvores menores

## Codificação das árvores

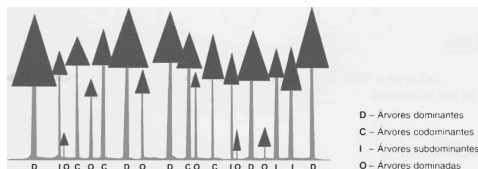
### Classe social

Árvores dominantes (D)

Árvores co-dominantes (C)

Árvores sub-dominantes (S)

Árvores dominadas (O)



## Codificação das árvores

### Identificação das árvores de bordadura

#### Fitossanidade

Especificar a parte afectada (copa, tronco)

Descrever e classificar o tipo de danos (sinais e sintomas)

Especificar o tipo de agente que produziu o dano

#### Codificação das árvores

Código de estado

Código de forma



## O papel da amostragem no Inventário Florestal

## A necessidade de amostrar

### Em consequência:

- ✓ da grande extensão da maior parte das áreas em estudo
- ✓ do elevado consumo de tempo de algumas das técnicas de medição
- ✓ do facto de algumas técnicas de medição implicarem a destruição dos indivíduos (árvore ou povoamento) a medir

## A necessidade de amostrar

### Em consequência:

- ✓ da grande extensão da maior parte das áreas em estudo
- ✓ do elevado consumo de tempo de algumas das técnicas de medição
- ✓ do facto de algumas técnicas de medição implicarem a destruição dos indivíduos (árvore ou povoamento) a medir

**A inventariação e monitorização de recursos florestais são, quase sempre, baseadas em técnicas de amostragem**

## A necessidade de amostrar

### O facto das variáveis do povoamento serem avaliadas com base em amostragem tem como consequência:

- ✓ O resultado do inventário florestal não ser exato, vindo afetado do erro de amostragem o qual se deve ao facto de não se ter medido o povoamento todo mas apenas um conjunto maior ou menor, de parcelas
- ✓ O erro de amostragem ser tanto maior quanto menos parcelas se medirem
- ✓ O erro de amostragem ser tanto maior quanto maior for a variabilidade da população

## Avaliação do crescimento

### Repetição de inventários

Com a exceção de alguns inventários que se realizam apenas uma vez (ex. venda após corte final, venda de uma propriedade, partilhas), os inventários são geralmente repetidos ao longo do tempo com o objetivo de avaliar as alterações verificadas entre as medições, com a conseqüente avaliação do crescimento

## Parcelas de inventário

## Forma das parcelas

As formas mais utilizadas são o retângulo, o quadrado, o círculo e a faixa

A razão perímetro/área deve ser a menor possível para minimizar as árvores que se encontram no limite da parcela pois são uma fonte de erro - teoricamente, a forma mais vantajosa é o círculo e a forma mais desfavorável é a faixa

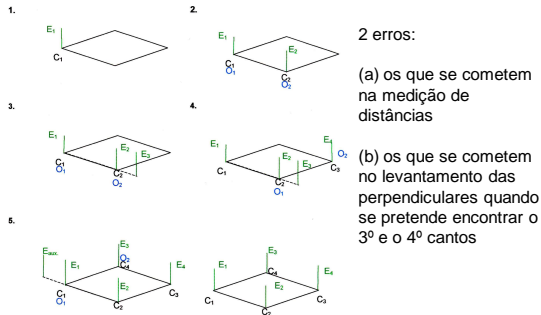
## Dimensão das parcelas

### Áreas mais comuns em parcelas circulares de inventário e respectivos raios

Espécie(s)	Área (m <sup>2</sup> )	Raio (m)
Eucalipto	400	11.28
Pinheiro, eucalipto	500	12.64
Pinheiro, sobreiro jovem	1000	17.84
Sobreiro denso	1256.64	20
Sobreiro pouco denso	2827.43	30

A área da parcela está inversamente relacionada com a densidade do povoamento.

### Instalação de parcelas quadradas ou retangulares



### Parcelas em terreno declivoso

Uma parcela circular em terreno declivoso corresponde a uma elipse no plano horizontal (com menor área do que a pretendida)



$$A = \Pi r^2 \quad A = \Pi r^2 \cos \beta$$

Hoje em dia existem vários aparelhos para a medição da distância horizontal com correção automática do declive

Medição de declives:  
hipsómetro Blum-Leiss,  
clisímetro, Vertex

$$\text{dist}_{\text{inclinada}} = \frac{\text{dist}_{\text{horiz}}}{\cos \beta}$$

### Erros de observação e medição

### Erros de medição e observação

#### O problema:

- ✓ Existem sempre erros associados ao ato de medir um objeto
- ✓ Os erros de medição são de extrema importância para a correção dos resultados do inventário
- ✓ É importante notar que o erro que se associa geralmente a um inventário é o erro de amostragem, assumindo-se que os erros das medições e das equações utilizadas para estimar algumas das variáveis dendrométricas são negligenciáveis
- ✓ No trabalho de campo há, portanto, que minimizar os erros de medição e observação

## Erros de medição e observação

Os erros associados às medições podem ter várias causas:

- ✓ Particularidades do objeto a ser medido
- ✓ Imprecisões do aparelho de medição
- ✓ Influências físicas ou topográficas
- ✓ Incertezas do procedimento de medição
- ✓ Imperfeições dos sentidos humanos

Na prática, uma operação de medição é afetada por diversas fontes de erro sendo geralmente bastante difícil identificar as várias componentes do erro total

## Variáveis dendrométricas da árvore



## Idade

A idade é uma variável muito importante para a gestão dos povoamentos regulares

A sua determinação nem sempre é fácil:

Observação

Contagem de verticilos (ex. pinheiro bravo – *Pinus pinaster*)

Contagem de anéis de crescimento após abate

Extracção de verrumadas e posterior contagem de anéis

## Diâmetro à altura do peito

A medição mais frequente é o diâmetro à altura do peito - altura de 1.30 m a partir do solo

As razões pela preferência da medição do diâmetro a esta altura são:

- ✓ a facilidade com que a operação de medição é realizada comparativamente à medição a outras alturas como a base da árvore
- ✓ o facto da influência das raízes na forma da árvore estar bastante reduzida a 1.30 m do solo

## Diâmetro à altura do peito

Porque é importante o diâmetro à altura do peito?

- ✓ É uma variável a que facilmente se tem acesso, podendo ser medida em todas as árvores das parcelas de inventário
- ✓ Em comparação com outras variáveis da árvore, as medições de diâmetro são mais fiáveis
- ✓ Os erros de medição e as suas causas são reconhecíveis e as causas podem ser limitadas a um valor mínimo através de instrumentos e métodos de medição adequados e através de uma execução cuidada das operações de medição

## Diâmetro à altura do peito

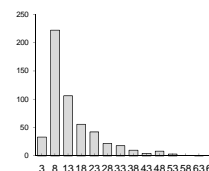
- ✓ É a base para o cálculo de outras variáveis; ex. área seccional à altura do peito ou área basal da árvore ( $g = \pi d^2/4$ )
- ✓ O  $d$  afecta o volume quadraticamente uma vez que o volume da árvore ( $v$ ) é o produto da área basal ( $g$ ), altura ( $h$ ) e factor forma ( $f$ ):

$$v = g h f$$

- ✓ Pelo contrário, a altura e o factor forma entram apenas linearmente na expressão do volume

## Diâmetro à altura do peito

- ✓ A distribuição de diâmetros (nº de árvores em cada classe de diâmetros) de um determinado povoamento é um importante resultado de um inventário, pois fornece uma valiosa informação sobre a sua estrutura, constituindo uma base importante para decisões económicas e de planeamento



## Diâmetro à altura do peito

- ✓ Tendo por base os diâmetros à altura do peito pode-se calcular a área basal do povoamento e o volume do povoamento
- ✓ A área basal é um importante parâmetro para a caracterização da densidade de um povoamento

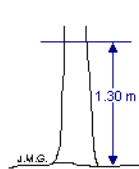
## Regras para a medição de diâmetros

Qualquer que seja o aparelho utilizado, há que haver uma especial atenção para que a medição seja feita exatamente a 1.30 ou a uma distância racional deste ponto sempre que surjam irregularidades no fuste

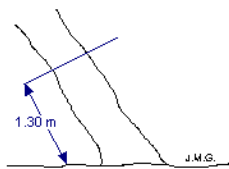
Em qualquer caso, antes da medição, deverá ser retirada a casca solta, líquenes ou fetos que estejam presentes no tronco no local de medição escolhido

Os casos em que a altura de medição não seja 1.30 m do solo deverão ser devidamente assinalados na ficha de campo ou nouro instrumento de registo que esteja a utilizar

## Regras para a medição de diâmetros

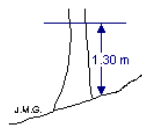


Árvore normal  
em terreno  
plano

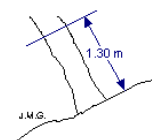


Árvore inclinada  
em terreno  
plano

## Regras para a medição de diâmetros

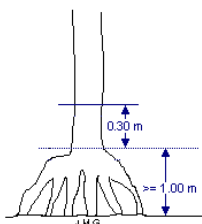


Árvore direita  
em terreno  
inclinado

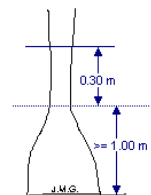


Árvore inclinada  
em terreno  
inclinado

### Regras para a medição de diâmetros

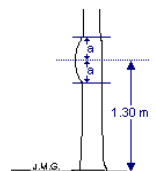


Árvore com raízes aéreas mais altas que 1 m

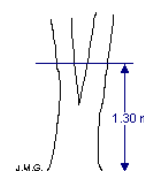


Árvore com embasamento com altura maior que 1 m

### Regras para a medição de diâmetros

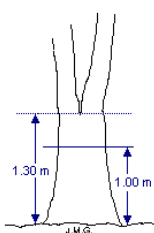


Árvore com deformação a 1.30 m

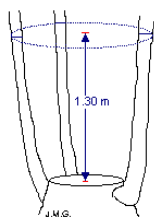


Árvore bifurcada abaixo de 1.30 m

### Regras para a medição de diâmetros



Árvore bifurcada a 1.30 m ou acima



Rebentamentos de toça

### Instrumentos de medição de diâmetros

Os aparelhos usados para a determinação do diâmetro da árvore são os dendrómetros, sendo os mais usuais:

- ✓ a suta de braços paralelos
- ✓ a fita de diâmetros



## Instrumentos de medição de diâmetros

Para a medição de diâmetros a alturas superiores a 1,30 m temos:

- ✓ a suta finlandesa
- ✓ o relascópio de espelhos de Bitterlich
- ✓ o telerelascópio de Bitterlich



TerraGes

## Sutas

Suta: barra graduada com dois braços paralelos, um fixo e outro móvel, perpendiculares à barra



São usadas quando o diâmetro da árvore não excede 60 cm

São de aço ou de liga de alumínio

## Sutas

**Características requeridas:**

- ✓ leves, robustas e estáveis face às condições climatéricas
- ✓ ambos os braços devem estar no mesmo plano e perpendiculares à barra no momento de medição, quando a pressão é aplicada na direcção do tronco. O braço móvel deve deslizar facilmente.

Existem também as chamadas sutas electrónicas que possibilitam a leitura e armazenamento automático dos diâmetros

## Fitas de diâmetros

Fitas de diâmetro: fitas métricas com 2 graduações, uma em cm e outra em cm/ $\pi$ . Assumindo uma seção circular, esta última corresponde ao diâmetro.



No início têm um espigão para fixação à árvore

Devem ser de um material tal que o comprimento e as graduações não sejam afetadas pelas condições climatéricas



## Erros associados à medição do diâmetro

Para uma abordagem sistemática do tipo de erros que podem ocorrer na determinação dos diâmetros faz-se a seguinte classificação:

- ✓ Erros decorrentes das características do objeto a medir
- ✓ Erros dos instrumentos
- ✓ Erros de medição

## fita de diâmetros *versus* suta

### Vantagens da fita

- ✓ mais cómoda para transportar e utiliza-se facilmente mesmo quando as árvores são muito grossas
- ✓ é apropriada sempre que se procede a estudos de crescimento que impliquem a medição periódica das mesmas árvores, assegurando um maior grau de consistência

## fita de diâmetros *versus* suta

### Desvantagens da fita

- ✓ menos durável, não é tão rápida e fácil de manusear e necessita de maior cuidado para assegurar que a fita não está torcida ou descaída
- ✓ teoricamente as medições com a fita são enviesadas e correspondem a sobrestimações de área basal, excepto no caso de seções perfeitamente circulares (o círculo é a figura que, para a mesma área, tem o menor perímetro)
- ✓ testes de campo sugerem que este erro é da mesma ordem de grandeza que o causado pela pressão dos braços da suta no tronco

## variáveis relacionadas com o diâmetro

### Há 2 variáveis importantes relacionadas com o diâmetro:

Perímetro ou circunferência à altura do peito (c)

$$c = 2 \pi r = \pi d$$

Área basal ou área seccional (g)

$$g = \pi \frac{d^2}{4}$$

## Casca

**Casca - conjunto de tecidos que cobre externamente o câmbio; a camada exterior do tronco das árvores**



Medidor de espessura da casca

## Casca

**Razões pelas quais a avaliação da casca é importante:**

- ✓ o volume é normalmente calculado com casca
- ✓ a casca pode ter valor comercial (ex., cortiça)
- ✓ a determinação da espessura da casca é necessária quando se faz a medição do crescimento em diâmetro com base em pequenas verrumadas extraídas à altura do peito

## Casca

**Variáveis que interessa determinar na casca:**

- ✓ Espessura  
medidor de espessura de casca
- ✓ Volume  
geralmente estimado por diferença entre os volumes com e sem casca
- ✓ Peso da casca – referido ao peso seco  
por medição direta, com balança, obtém-se o peso verde; o peso seco obtém-se por determinação do teor de humidade (secagem na estufa) numa amostra  
pode-se obter também por estimacão (ex., com equações de peso de cortiça)

## Causas de erro na medição da ec

**Incorrecta penetração do medidor**

- ✓ se for elevada a pressão no estilete de perfuração pode-se atingir o tecido lenhoso com a consequente sobreestimação da espessura da casca; esta ocorrência é mais frequente durante a Primavera, quando se inicia um novo período de crescimento

**Deficiente colocação do disco de apoio**

## Regras para a medição da ec

A ec deverá ser medida estando o operador virado de costas para o centro da parcela e no mesmo ponto onde se colocou o braço da suta quando foi feita a medição do diâmetro

Não se deve pressionar o estilete de perfuração com violência e logo que se sinta a resistência própria do encosto ao lenho deve-se parar

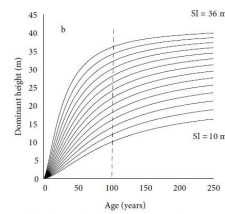
O disco de apoio deve estar completamente ajustada à superfície da casca

Faz-se a leitura com aproximação ao milímetro

## Altura da árvore

A altura da árvore pode ser obtida por medição ou por estimativa

É usada para os cálculos do volume, da biomassa e do acréscimo em volume



Associada à idade permite a determinação da qualidade da estação e a caracterização do estado de desenvolvimento do povoamento

## Altura da árvore

A altura é medida desde o nível do solo e pode ser medida até vários pontos da árvore. Ex.:

- ✓ altura total (h)  
até ao ponto vivo mais alto da árvore (flecha, ramo...)
- ✓ altura da base da copa (hbc)  
até à zona dos primeiros ramos vivos; geralmente considera-se o início da copa quando existem ramos vivos em, pelo menos, 3 dos quadrantes da copa
- ✓ profundidade da copa (pfc)  
o complemento da altura da base da copa em relação à altura total ( $h - hbc$ ) é designado por profundidade da copa, variável muito utilizada em estudos de crescimento

## Métodos para medição da altura

Os métodos de determinação da altura em árvores em pé podem ser classificados como:

- ✓ métodos diretos  
usando varas telescópicas encostadas à árvore
- ✓ métodos indiretos  
usando aparelhos ópticos, hipsómetros
- ✓ estimativa com relações hipsométricas

### Medição direta – vara telescópica

Vara telescópica: vara extensível que mede a altura das árvores abrangidas pelo comprimento da vara total ou parcialmente distendida

Para árvores até 5 m este método tem interesse principalmente em povoamentos com uma densidade que dificulte a utilização de hipsómetros

A aplicabilidade da vara fica sempre limitada pela altura das árvores presentes no povoamento e pelo comprimento da vara

A medição direta das alturas é sempre mais rigorosa do que com qualquer outro método de avaliação

### Medição indireta - hipsómetros

Os métodos indiretos usam aparelhos mecânicos ou eletrônicos que medem ângulos verticais em relação ao plano horizontal – hipsómetros

Os mais atuais medem também distâncias - distanciômetros

Colocam-se a uma distância da árvore, fixa no caso dos instrumentos não medirem distâncias, e permitem calcular as alturas com base em princípios trigonométricos

### Hipsómetros Blum-Leiss e Haga

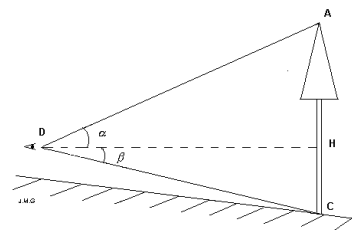


Não mede distâncias

A correção dos declives é feita após a medição

### Hipsómetros Blum-Leiss e Haga

$$\begin{aligned} AC &= AH + HC \\ AH &= \text{tg } \alpha \text{ DH} \\ HC &= \text{tg } \beta \text{ DH} \\ AC &= \text{DH} (\text{tg } \alpha + \text{tg } \beta) \end{aligned}$$



Os aparelhos dão diretamente AC e AH, em função da distância horizontal (DH)

## Hipsómetros Blum-Leiss e Haga

### Desvantagens destes aparelhos

- ✓ a altura ser obtida através da soma de duas componentes, que são encontradas com duas leituras separadas
- ✓ se a medição for feita em terreno declivoso as leituras ainda têm que ser corrigidas após a medição do declive
- ✓ é necessário estacionar a uma distância fixa medida com um dispositivo óptico associado ao aparelho, a qual é praticamente impossível de executar em povoamentos densos por falta de luz ou por falta de visão

## Hipsómetro Vertex

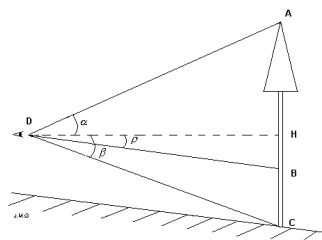
O Vertex mede distâncias, ângulos e temperatura do ar. Utiliza um recetor ultrassom para medição de distâncias medindo mesmo com obstáculos na direção da mirada. O Vertex é constituído por 2 unidades: o hipsómetro e a mira (*transponder*).

A primeira leitura a fazer com o Vertex é a da distância.



## Hipsómetro Vertex

$$\begin{aligned}AC &= 1.30 + AH + HB \\AH &= \operatorname{tg} \alpha \cdot DH \\HB &= \operatorname{tg} \rho \cdot DH \\AC &= 1.30 + DH (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \rho)\end{aligned}$$



O aparelho fornece directamente a altura

## Regras para a medição de alturas

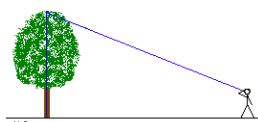
A escolha do ponto a partir do qual se vão fazer as medições é importante:

- ✓ a base e a flecha da árvore têm de ser bem visíveis, permitindo realizar as respetivas miradas com precisão. Caso a base da árvore não seja bem visível em consequência do mato, pode optar-se por definir todas as leituras ao nível do d somando-se no fim 1.30 m a todas as alturas
- ✓ evitar a forma desfavorável do tronco
- ✓ evitar que os ramos ou a densidade do povoamento ou do sub-bosque impeçam uma boa visão do conjunto
- ✓ evitar o efeito da inclinação do tronco

### Regras para a medição de alturas

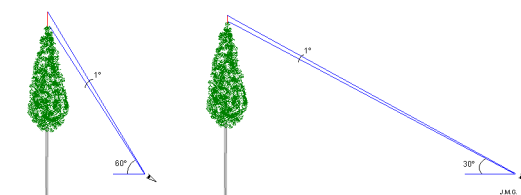
A mirada para o topo da árvore, no caso das árvores que não tenham uma flecha bem definida, deve ser efetuada tangente ao ponto mais alto da copa.

As árvores de copa redonda exigem um maior cuidado na medição da altura do que as de copa cônica – ex., pinheiro manso.



### Regras para a medição de alturas

A distância de medição deve ser maior ou igual à altura da árvore, de modo a evitar ângulos de mirada muito grandes que implicam erros elevados em termos de altura.



### Regras para a medição de alturas

As árvores que bifurcam abaixo de 1.30 m do solo são consideradas duas árvores distintas medindo-se portanto as alturas de cada uma separadamente.

Nas árvores que bifurcam acima de 1.30 m mede-se uma altura fazendo pontaria para a penada/tronco mais alta(o).

Os métodos e instrumentos de medição devem estar de acordo com a exatidão requerida.

### Erros na medição de alturas

Na determinação das alturas os erros podem ser classificados em:

- ✓ erros decorrentes das características do objeto a medir
- ✓ erros dos instrumentos
- ✓ erros de medição

## Erros na medição de alturas

### Erros relativos ao objeto

- ✓ características do povoamento
- ✓ medição de árvores sem flecha definida
- ✓ medição de árvores inclinadas

## Erros na medição de alturas

### Erros dos instrumentos

- ✓ Com a utilização do *Vertex* e do Laser muitos dos erros foram minorados. Estes são instrumentos bastante fiáveis quando usados nas condições ideais.

É importante que:

- verifique o aparelho diariamente e o calibre;
- não toque no sensor de temperatura na parte frontal do instrumento;
- nunca calibre o instrumento antes deste ter atingido a temperatura ambiente.

## Erros na medição de alturas

### Erros de medição

A medição da altura das árvores requer prática, habilidade e boa visão. A maior parte dos erros ocasionados podem ser minimizados com o treino e aferição de resultados.

As causas principais de erros de medição são:

- ✓ má técnica de recolha das leituras: não verificar as regras elementares da medição de alturas
- ✓ manuseamento incorrecto do aparelho
- ✓ má visão
- ✓ não calibração frequente dos aparelhos

## Relações hipsométricas

A medição de todas as árvores de um povoamento é morosa e dispendiosa. Assim usam-se relações hipsométricas - equações que permitem estimar as alturas das árvores a partir do diâmetro e de outras variáveis do povoamento. As relações hipsométricas podem ser:

- ✓ relações hipsométricas locais

função do diâmetro a 1.30 m, ajustadas para aplicação no povoamento onde se procedeu à colheita dos dados e eventualmente em povoamentos semelhantes

- ✓ relações hipsométricas gerais

função do diâmetro a 1.30 m e de variáveis do povoamento tais como altura dominante, idade e densidade, desenvolvidas para aplicação generalizada a uma espécie numa determinada região

**Funções matemáticas mais utilizadas para a modelação das relações hipsométricas locais**

Função	Autor
$h = a_0 + a_1 d + a_2 d^2$	Staabler (1954)
$h = A \left( 1 - e^{-a_0 d} \right)$	Meyer (1940)
$\ln h = a_0 + a_1 \frac{1}{d}$	Michailoff (1943)
$h = a_0 + a_1 \ln d$	Henriksen (1950)
$\ln h = a_0 + a_1 \ln \ln d$	Stoffels e van Soest (1953)
$h = \frac{d}{a_0 + a_1 d}$	Prodan (1965)
$h = a_0 + a_1 \frac{1}{d} + a_2 \frac{1}{d^2}$	Curtis (1967)

**Tabela 10. Algumas relações hipsométricas gerais disponíveis em Portugal Pinheiro bravo**

Região e referência	Expressão matemática	Parâmetros
Oliveira do Hospital Pb irregular > 70% (Tomé et. al., 1992)	$h = h_{dom} \left( 1 + \beta_0 h_{dom} e^{\beta_1 h_{dom}} \left( 1 - e^{-\beta_2 \frac{d}{d_{dom}}} \right) \right)$	$\beta_0 = 0.064900$ $\beta_1 = 0.118975$ $\beta_2 = 2.096149$
Oliveira do Hospital Pb irregular 40-70% (Tomé et. al., 1992)	$h = h_{dom} \left( 1 + \beta_0 h_{dom} e^{\beta_1 h_{dom}} \left( 1 - e^{-\beta_2 \frac{d}{d_{dom}}} \right) \right)$	$\beta_0 = 0.045470$ $\beta_1 = 0.063144$ $\beta_2 = 1.627603$
Oliveira do Hospital Pb irregular < 40% (Tomé et. al., 1992)	$h = \beta_0 + \beta_1 h_{dom} + \beta_2 \frac{N}{1000} + \beta_3 \frac{1}{d}$	$\beta_0 = 2.570941$ $\beta_1 = 0.038451$ $\beta_2 = 0.017549$ $\beta_3 = 9.999696$
Oliveira do Hospital Pb regular – bastiô (Tomé et. al., 1992)	$h = e^{\left( \beta_0 + \beta_1 \ln(h_{dom}) + \beta_2 \frac{1}{d} \right)}$	$\beta_0 = 3.254522$ $\beta_1 = 0.089488$ $\beta_2 = -10.117536$
Oliveira do Hospital Pb regular – alto fuste (Tomé et. al., 1992)	$h = e^{\left( \beta_0 + \beta_1 \ln(h_{dom}) + \beta_2 \frac{1}{d} + \beta_3 \frac{1}{d} \right)}$	$\beta_0 = 0.564569$ $\beta_1 = 0.898333$ $\beta_2 = 164.892105$ $\beta_3 = -13.307492$