Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior de Agronomia

Departamento de Engenharia Florestal

Manuais de utilização
Relascópio de espelhos de Bitterlich e Telerelascópio

Susana Barreiro, Margarida Tomé e Manuel Luís

Revisto a: 21 Setembro de 2005

GIMREF	**Grupo de Inventariação e Modelação de Recursos Florestais**
Relactório Técnico do GIMREF, PT 2/2004	

Manuais de utilização do relascópio de espelho de Bitterlich e do tele-relascópio

O relascópio de espelho de Bitterlich

I Introdução 1

II Relascópio de espelho de Bitterlich 1

II.1 Descrição do relascópio 1

II.2 Descrição da mira 3

II.3 Descrição das escalas 3

III Medição de alturas 4

III.1 Procedimento para a medição da distância 4

III.2 Procedimento para a medição da altura 6

IV Medição de diâmetros 7

IV.1 Procedimento para a medição de diâmetros 7

V Medição de diâmetros e alturas conjugadas a níveis superiores do tronco 8

V.1 Procedimentos para a medição conjugada de diâmetros e alturas 8

VI Método da altura formal de Bitterlich 10

VI.1 Procedimentos para a determinação da altura formal absoluta da árvore 11

VII Estimativa da área basal por hectare de um povoamento 12

VII.1 Procedimento para a estimativa a área basal por hectare 13

VIII Estimativa da altura média do povoamento. Procedimento de Hirata 15

VII.1 Procedimento para a estimativa da altura média de um povoamento 15

IX Cálculo do declive 16

IX.1 Procedimento para a determinação do declive 17

O tele-relascópio

I Introdução 1

II O tele-relascópio 1

II.1 Descrição do tele-relascópio 1

II.2 Descrição da régua graduada 3

II.2.1 Régua graduada em cm 3

II.2.2 Régua graduada em mm 3

II.3 Descrição da escala 4

III Procediemntos para a medição de diâmetros e alturas 6

III.1 Montagem do telerelascópio 6

III.2 Determinação da unidade taqueométrica (UT) 7

III.3 Leitura do diâmetro e altura ao nível do dap 8

III.4 Determinação da altura total da árvore 9

III.5 Medições conjugadas de diâmetros e alturas 10

III.5.1 Cubagem rigorosa pelo método tradicional – fórmula de Smalian 11

III.5.2 Cubagem rigorosa pelo método Hohenadl – fórmula de Huber 13

IV Particularidades do tele-relascópio 15

IV.1 Vantagens 15

IV.2 Desvantagens 16

Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior de Agronomia

Departamento de Engenharia Florestal

Manual de utilização
Relascópio de espelhos de Bitterlich

Susana Barreiro, Margarida Tomé e Manuel Luís

GIMREF — **Grupo de Inventariação e Modelação de Recursos Florestais**

I Introdução

O relascópio de espelho de Bitterlich é um aparelho multifacetado quanto ao seu espectro de utilização, permitindo:

- a medição de alturas totais ou parciais de árvores, comportando-se como um hipsómetro;
- a realização de medições conjugadas de diâmetros e alturas a qualquer nível do tronco;
- a obtenção de estimativas da área basal por hectare de um povoamento;
- a obtenção de estimativas da altura média do povoamento (através do procedimento de Hirata e da estimativas do número de árvores por hectare);
- A concretização do método da altura formal para a cubagem da árvore individual e/ou dos povoamentos;
- ao cálculo de declives.

II O relascópio de espelho de Bitterlich

O aparelho é composto por várias componentes:

- o aparelho propriamente dito;
- uma mira vertical graduada própria do instrumento, essencial para a medição das alturas e dos diâmetros;
- um suporte toráxico para evitar que o medidor o segure durante muitas horas seguidas.

II.1 Descrição do relascópio

Na **Figura 1** pode ver-se o relascópio de espelhos em si. A componente essencial do aparelho é um tambor no qual estão coladas as escalas e que gira em torno de um eixo horizontal.

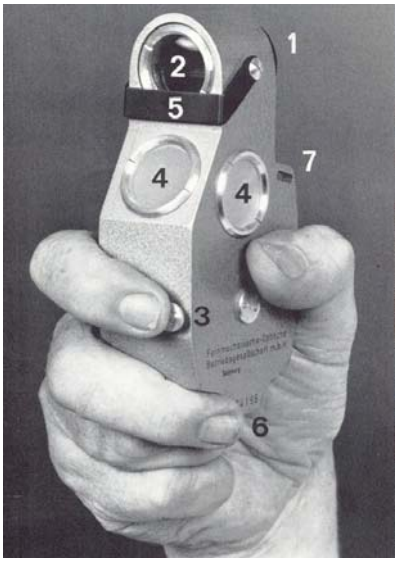


Figura 1 – O relascópio de espelhos de Biterlich.

O relascópio possui uma ocular (1) e uma objectiva (2). O botão libertador/fixador do tambor das escalas (3) assemelha-se a um parafuso e situa-se na frente do aparelho. A iluminação das escalas é feita através de três janelas de iluminação (4), para facilitar as miradas o aparelho possui em frente à objectiva uma pala metálica (5) que permite reduzir a intensidade luminosa. Para facilitar a sua utilização, o relascópio possui na base um orifício com rosca (6) que permite fixá-lo a um suporte ou transportá-lo ao peito possuindo para isso dois orifícios por onde passa uma correia (7).

Efectuando uma mirada, observa-se um campo de visão circular (**Figura 2**). No semi-círculo superior vêem-se directamente os objectos exteriores, enquanto que no inferior se encontram as bandas e as imagens das escalas. A linha que divide os dois semi-círculos é denominada “linha de pontaria ou linha de mira”.

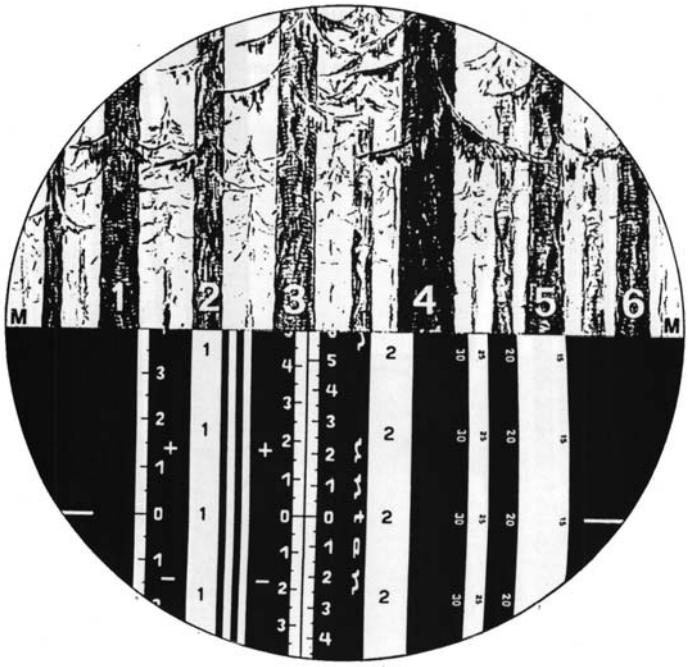


Figura 2 - Exemplo do que se vê ao espreitar pela ocular.

II.2 Descrição da mira

Na **Figura 3** pode ver-se a mira que acompanha o relascópio. Esta mira tem o comprimento de 2 metros, e caracteriza-se por possuir ambas as extremidades e o centro assinalados. Deve prender-se verticalmente no tronco da árvore ou objecto em relação ao qual se pretende determinar a distância horizontal. O aparelho permite a colocação do operador a distâncias fixas de 15, 20, 25 ou 30 m da árvore.

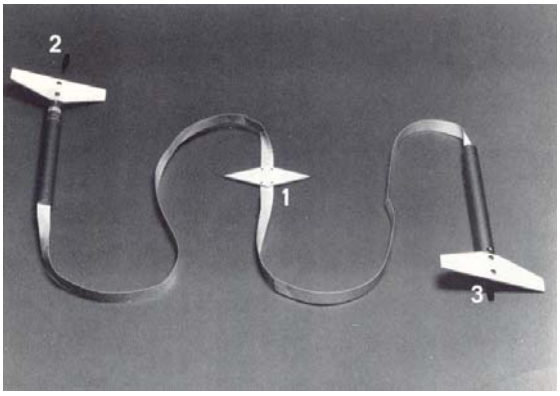


Figura 3 – A mira do relascópio.

II.3 Descrição das escalas

Quando se comprime o botão, o tambor fica livre, caso contrário está fixo em posição de repouso. Se soltarmos o tambor e observarmos as bandas e as escalas em toda a sua extensão, verificamos que o seu perfil não é uniforme. Tal circunstância é propositada, pois pretendeu-se desse modo corrigir automaticamente o efeito devido à eventual inclinação do terreno, através da variação das larguras das bandas.

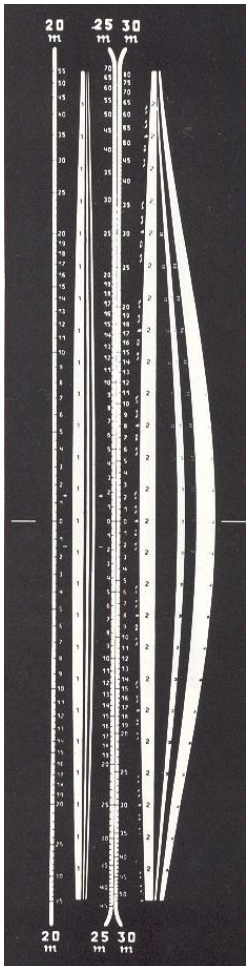


Figura 5 - Vista geral das escalas.

As escalas em número de 11 apresentam-se como pequenas faixas verticais brancas sobre fundo negro devidamente graduadas e podem dividir-se em 3 grupos:

- Escalas de numeração;
- Escalas hipsométricas;
- Escalas de distâncias.

As primeiras contêm as bandas de numeração 1, 2 e 4; a segunda é usada para a avaliação de alturas a distâncias horizontais fixas de 20, 25 e 30 metros; a terceira para a determinação indirecta das distâncias horizontais fixas de 15, 20, 25 e 30 metros.

Como já vimos, o perfil das bandas não se mantém constante ao longo de todo o comprimento das escalas. A maior largura das bandas verifica-se para o plano de pontaria horizontal. Para pontarias inclinadas os perfis das bandas, convenientemente calculados, introduzem automaticamente a correcção imposta pelo aumento da distância à árvore, como consequência do declive.

III Medição de alturas

Antes de se proceder a qualquer medição da altura da árvore o operador deverá colocar-se a uma distância horizontal da árvore de 15, 20, 25 ou 30 metros, recorrendo para isso à escala pretendida.

III.1 Procedimento para medição da distância

O relascópio está construído de modo a medir distâncias horizontais de 15, 20, 25 e 30 m. Para esse efeito, a mira de 2 m deve ser colocada verticalmente no tronco da árvore a medir.

Se, por exemplo, pretender realizar uma observação a 20 m de uma certa árvore, deve proceder da seguinte forma:

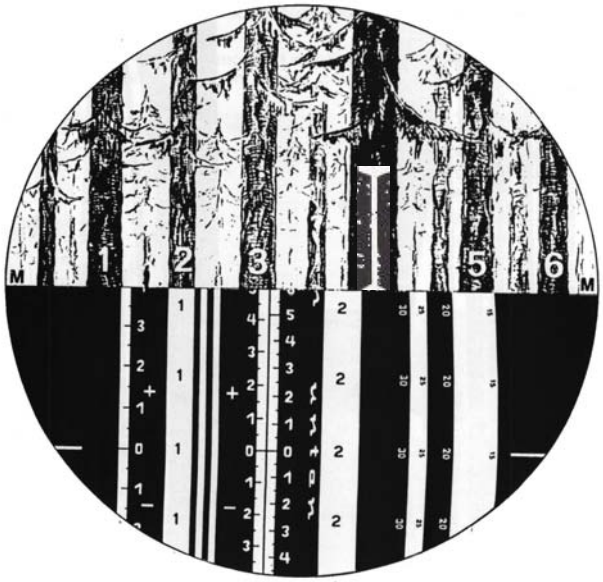


Figura 6 - Vista geral das escalas quando se realiza uma mirada com o aparelho na posição vertical.

1) Coloque a mira na árvore.

2) Estacione-se num ponto de boa observação e que lhe pareça distar da árvore cerca dos tais 20 metros.

3) Com o aparelho na posição vertical, efectue uma mirada para que a linha de pontaria se sobreponha ao centro da mira (**Figura 6**). Comprima o botão, soltando o tambor, e espere que este pare de oscilar. Ao parar, liberte o botão fixando as bandas em relação ao declive entre os olhos do operador e o centro da mira.

4) Rode o aparelho 90º, no sentido directo e ajuste a parte inferior da banda 2 (onde está escrita a palavra “unten”), com a parte inferior da mira (**Figura 7**).

Figura 6 - Vista geral das escalas quando se realiza uma mirada com o aparelho na posição horizontal a uma distância de 20 m da árvore com a mira.

5) Agora aproxime-se ou afaste-se da árvore até que todo o comprimento da mira fique entre a base da banda 2 e a parte superior da banda dos 20 metros, assinalada com o número 20. A distância horizontal é então de 20 metros.

III.2 Procedimento para medição da altura

O relascópio de espelhos de Bitterlich, tal como o Blume-Leiss, é aplicável para distâncias fixas do ponto de observação à árvore. Possui por isso 3 escalas de medição de alturas para diferentes distâncias: 20, 25 e 30.

Antes de se proceder a qualquer medição da altura da árvore o operador tem de se colocar a uma distância horizontal da árvore igual a 15, 20, 25 ou 30 m recorrendo para isso à escala pretendida.

Como vimos no ponto II.1.3, o relascópio tem três escalas destinadas à medição de alturas. A primeira a contar da esquerda (**Figuras 5** e **6**), assinalada nos extremos (superior e inferior) com o número 20, é utilizada quando o ponto de observação se situa à distância de 20 metros. Mais ao centro temos as escalas para os 25 e os 30 metros. Entretanto, viu-se que o aparelho permite medir distâncias horizontais de 15 metros, esta possibilidade também é aproveitada para a medição das alturas. Nestes casos procede-se à leitura das alturas na escala dos 30 metros e divide-se a altura obtida por dois.

Após determinada a distância realizam-se, a partir do mesmo ponto de observação, as miradas para o topo (Ltopo) e para a base (Lbase) da árvore em questão. Para tal, pressiona-se o botão que solta o pêndulo onde se inserem as escalas, realizando-se as miradas e lendo os respectivos valores na escala das alturas eleita par o efeito. O cálculo da altura, tem a seguinte fórmula genérica baseada no princípio dos triângulos rectângulos (ver Tomé, 2002):

$$H = \text{Ltopo} - \text{Lbase}$$

Ao fazer a leitura na escala, as miradas abaixo de zero, medições descendentes, tomam o sinal negativo, enquanto que as miradas acima do zero, medições ascendentes, tomam o sinal positivo.

$$H = -\text{Ltopo} - (-\text{Lbase}) = \text{Lbase} - \text{Ltopo} \quad \text{(medição descendente)}$$

$$H = +\text{Ltopo} - (+\text{Lbase}) = \text{Ltopo} - \text{Lbase} \quad \text{(medição ascendente)}$$

$$H = +\text{Ltopo} - (-\text{Lbase}) = \text{Ltopo} + \text{Lbase} \quad \text{(terreno plano)}$$

IV Medição de diâmetros

O relascópio apresenta entre as escalas de medição de alturas dos 20 m e dos 25 m, uma sequência de bandas pretas e brancas: uma banda larga branca referenciada com o número 1, e em seguida quatro bandas estreitas alternadamente pretas e brancas. A largura da banda larga branca, banda 1, corresponde exactamente à largura da sequência das quatro bandas estreitas, as quais são iguais entre si, portanto, com largura igual a ¼ da largura da banda 1.

A **Figura 7** exemplifica o princípio em que se baseia a determinação de qualquer diâmetro (d) ao longo do fuste quando o operador se coloca a uma distância conhecida da árvore (dist). Este processo possibilita estimar qualquer diâmetro a qualquer altura do tronco fazendo sobrepor a combinação de bandas (l) que se ajustam à largura do diâmetro do tronco que se pretende medir.

$$\frac{r}{l} = \frac{dist}{d} \quad \Rightarrow \quad d = dist \ \frac{l}{r}$$

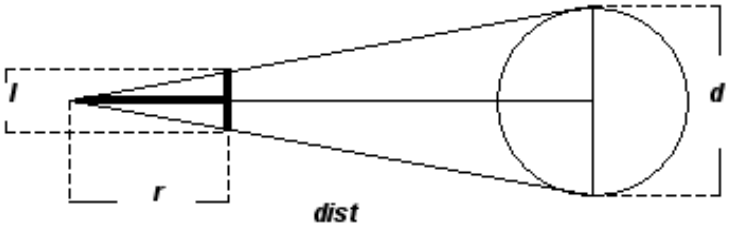


Figura 7 - Determinação de um diâmetro (d) da árvore a partir do valor da distância (dist) e da combinação de bandas (l) utilizada para fazer a coincidência com o d.

IV.1 Procedimento para a medição de diâmetros

1) primeiro referencie o nível do tronco onde procederá à medição (exº o nível do dap);
2) localize-se num ponto de observação a uma das distâncias pretendidas (como atrás descrito);
3) prima o botão libertador das escalas e sobreponha a banda 1 e as diferentes combinações das bandas estreitas entre si até conseguir sobrepor o diâmetro que se pretende medir com uma combinação de bandas

O **Quadro 1** fornece a equivalência das bandas medidas para diâmetros em centímetros, em função da distância do ponto de observação à árvore.

Quadro 1 – Conversão das combinações de bandas em diâmetros em centímetros para as possíveis distâncias do ponto de observação à árvore.

Distância horizontal (m)	Diâmetro (cm) a que se sobrepõem exactamente a banda ou conjunto de bandas:							
	1e	2e	3e	1L	1L + 1e	1L + 2e	1L + 3e	1L + 4e
15	7,5	15,0	22,5	30,0	37,5	45,0	52,5	60,0
20	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0
25	12,5	25,0	37,5	50,0	62,5	75,0	87,5	100,0
30	15,0	30,0	45,0	60,0	75,0	90,0	105,0	120,0

V Medição de diâmetros e alturas conjugadas a níveis superiores do tronco

O relascópio permite obter diâmetros a níveis superiores do tronco, haverá primeiro que referenciar a altura onde se pretende proceder à medição. Esta talvez seja uma das suas características mais interessantes. Esta particularidade do aparelho tem importantes repercussões, pois vai permitir recolher dados ao longo do tronco para a cubagem da árvore sem necessidade de se proceder ao seu abate.

V.1 Procedimento para a medição conjugada de diâmetros e alturas

Supondo que se pretende cubar uma árvore em toros de 3 metros a partir do nível do dap deve proceder da seguinte forma:

1) Coloque-se a uma distância fixa como descrito no ponto III.1;

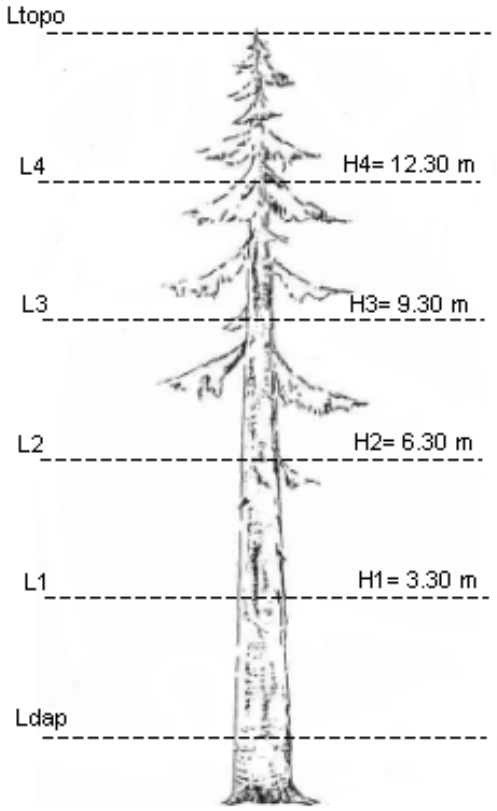
2) Referencie a altura onde se pretende proceder à primeira medição, neste caso 1.30 m (Ldap);

3) Na escala das alturas correspondente à altura escolhida, faça uma mirada ao nível do dap e outra ao nível do topo da árvore e anote os respectivos valores das leituras das alturas (Ldap e Ltopo) e anote ainda o valor da leitura do diâmetro ao nível do dap;

4) Determine a altura total da árvore. Supondo que Ltopo=17 e Ldap=3, virá:

H = Ltopo – Ldap + 1.30
H = 17 - 3 + 1.30
H = 15.3

5) Determine os valores das leituras da altura correspondentes aos valores das alturas: 3.30 m, 6.30 m, 9.30 m, 12.30 m e 15.30 m;



As leituras ao longo do fuste determinam-se da seguinte forma:

L4 = H4 - Ldap - 1.30
L4 = 12.30 + 3 - 1.30
L4 = 14

L3 = H3 - Ldap - 1.30
L3 = 9.30 +3 - 1.30
L3 = 11

L2 = H2 - Ldap - 1.30
L2 = 6.30 + 3 - 1.30
L2 = 8

H1 = L1 - Ldap + 1.30
L1 = H1 - Ldap - 1.30
L1 = 3.30 + 3 - 1.30
L1 = 5

6) Procure na escala das alturas o valor de cada uma das leituras (L1, L2, L3 e L4) e proceda à medição dos diâmetros como descrito no ponto V.1;

7) Recorra ao **Quadro 1** para converter as combinações de bandas no respectivo valor do diâmetro em cm.

A colocação da banda 1 e das 4 bandas estreitas contíguas entre as escalas de altura, a de 20 à esquerda e as de 25 e 30 à direita, serve exactamente esse propósito.

Também neste caso, convém afirmar mais uma vez que o aparelho apresenta o perfil das bandas de forma a compensar o aumento da distância das árvores ao ponto de observação,

devido ao declive. Deste modo, uma vez livre o tambor, torna-se indiferente efectuar miradas horizontais ou inclinadas.

VI Método da altura formal de Bitterlich

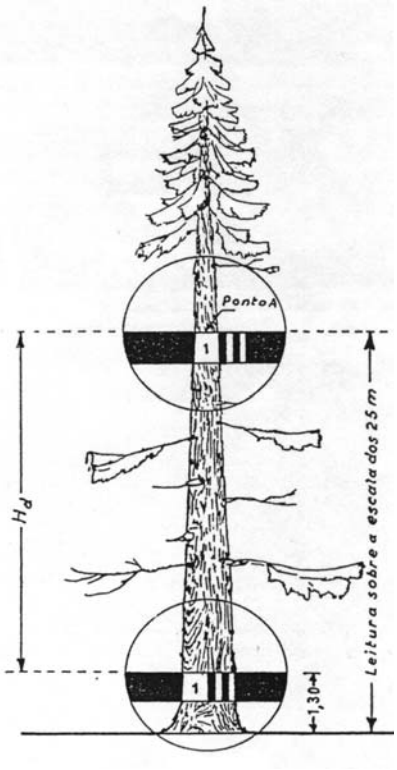


Figura 8 – Exemplificação do método da altura formal.

A construção do relascópio de espelhos de Bitterlich veio tornar possível e expedito o método de cubagem de Pressler com a árvore em pé. Este método recorre à determinação da altura directriz que se define como sendo a altura da árvore para a qual o diâmetro do tronco iguala o valor de dap/2 (**Figura 8**).

Para a implementação do método, Bitterlich propõe a determinação de uma altura formal, obtida pelo produto da altura total da árvore (h) pelo seu coeficiente de forma (f), determinada em função da altura directriz de Pressler.

$$hf = k_B \, d \, (Ld/2 – Lbase)$$

O operador deve escolher uma das quatro combinações de bandas apresentadas no **Quadro 2** para proceder à leitura da altura ao nível do dap. Depois deverá registar o valor da altura correspondente ao local do fuste cujo diâmetro iguale metade da largura da combinação de bandas escolhida.

Quadro 2 – Combinação de bandas para o método da altura formal e o respectivo factor de conversão.

Combinação de bandas		**k_B**
dap	**d/2**	
1L + 4 e	1L	2/3
1L + 2 e	3e	8/9
1L	2e	4/3
2e	1e	8/3

VI.1 Procedimento para determinar a altura formal absoluta da árvore

1) Coloque-se num ponto tal que, uma vez solto o tambor, consiga fazer coincidir exactamente uma das quatro combinações de bandas com o dap da árvore a medir (**Figura 9**);

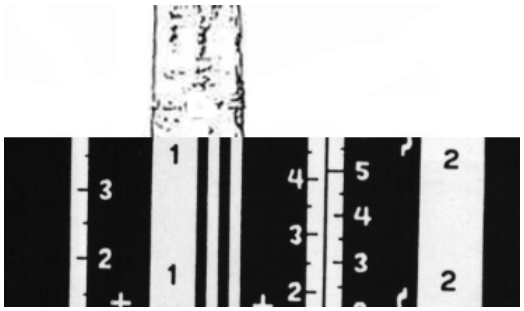


Figura 9 – Exemplo de uma mirada feita para o nível do dap com a banda larga mais as 4 estreitas.

No exemplo apresentado a combinação de bandas escolhida para a comparação do diâmetro à altura do peito foi a primeira, 1L+4e;

2) Prima o botão libertador do tambor e com o tambor solto, faça pontaria ao longo do fuste até que metade da largura da combinação de bandas escolhida anteriormente coincida com o diâmetro do tronco (**Figura 10**);

3) Leia na escala dos 25 m (**Figura 5**) o valor da leitura da altura correspondente a metade da leitura do diâmetro (Ld/2);

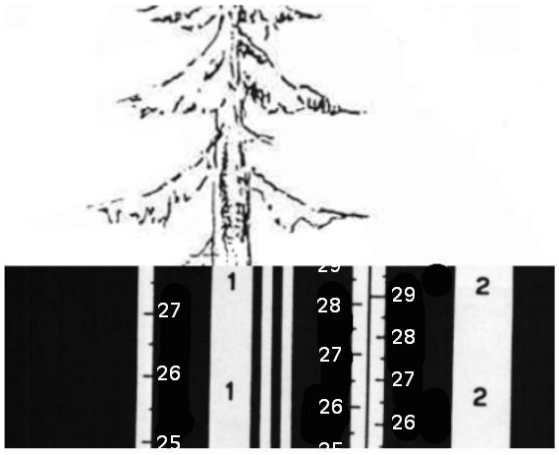


Figura 10 – Exemplo de uma mirada feita para o nível do d/2 com a banda larga ou as 4 estreitas.

No exemplo apresentado a combinação de bandas escolhida para a comparação do diâmetro à altura do peito foi a primeira, 1L+4e, portanto, metade desta largura será 1L ou 4e.

Ld/2 = 29

4) Faça uma mirada para a base da árvore (Lbase) pressionando o botão libertador do tambor das escalas e registe o valor a leitura na escala dos 25 m (**Figura 11**);

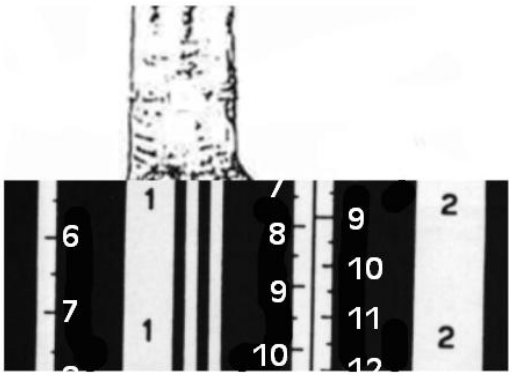


Figura 11 – Exemplo de uma mirada feita para a base da árvore.

No exemplo apresentado a combinação de bandas escolhida para a comparação do diâmetro à altura do peito foi a primeira, 1L+4e, portanto, metade desta largura será 1L ou 4e.

Lbase = -7

5) A altura formal é dada pela fórmula:

$$hf = k_B \, d \, (Ld/2 - Lbase)$$

Por exemplo, suponha que recorreu à combinação de bandas 1L+4e ao nínel do dap e que obteve as seguintes leituras:

Ld/2 = +29
Lbase = -7
dap = 30 cm

hf = 2/3 0.30 (29 - (-7)) = 14.4 m

Nota:
Este método apesar de não exigir que o operador se coloque a uma distância predeterminada da árvore a medir, exige que as leituras sejam sempre feitas na escala dos 25 m (veja a explicação dos princípios em que se baseia o método da altura formal em Tomé, 2004).

VII Estimativa da área basal por hectare de um povoamento

O relascópio permite também a determinação da área basal por hectare. Para a determinação desta variável do povoamento pode recorrer-se à banda 1, às 4 bandas estreitas, a combinações entre ambas, bem como à banda 2. Com todas as combinações de bandas possíveis, podem obter-se 9 combinações de bandas diferentes **Quadro 3**.

Quadro 3 – Bandas e combinação de bandas utilizadas para estimar a área basal por hectare e os respectivos factores de área basal.

Combinação de bandas	Factor de área basal
1e	1/16
2e	1/4
3e	9/16
banda1	1
banda1+1e	1+9/16
banda2	2
banda1+2e	2+1/4
banda1+3e	3+1/16
banda1+4e	4

O operador deve fazer miradas para o nível da altura do peito (1.30 m) e completar um giro de 360º comparando a largura do tronco ao nível do dap com a largura da combinação de bandas escolhida, a qual tem associado um factor que multiplicado pelo número de árvores seleccionadas permite obter a área basal.

A escolha de uma ou outra combinação de bandas para a realização do giro não é indiferente e vai depender de:

- características do povoamento na vizinhança do ponto escolhido para o giro;
- diâmetros das árvores;
- densidade de árvores.

Se obtiver poucas árvores na contagem, significa que optou por uma combinação de bandas larga de mais para o povoamento em causa, resultando numa amostragem deficiente. Se, pelo contrário, o número de árvores for muito elevado, significa que optou por uma combinação de bandas estreita de mais. Este último caso pode ocasionar enganos na contagem e maior probabilidade de encontrar árvores pouco visíveis.

VII.1 Procedimento para a estimativa da área basal por hectare

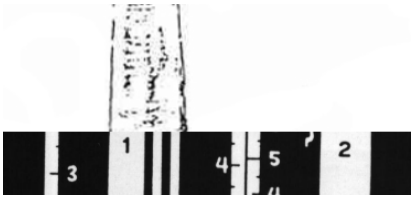
1) Segure o relascópio na posição vertical no ponto a partir do qual pretende realizar a estimativa;

2) Estacionado no ponto de observação, seleccione uma combinação de bandas com a qual deverá comparar os diâmetros à altura do peito (dap) de todas as

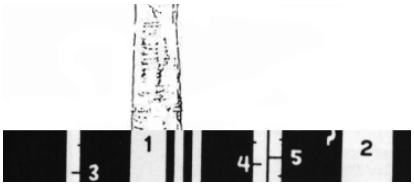
árvores que o rodeiam procedendo a um giro de 360º, suponha que escolhe banda1+2e;

3) Estabeleça um critério para realizar o giro, por exemplo, comece por comparar as árvores na direcção do Norte e vá-se deslocando no sentido dos ponteiros do relógio;

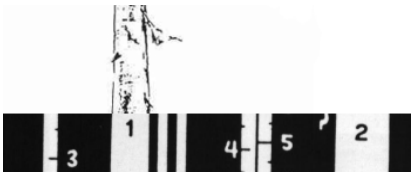
4) Proceda à comparação dos dap das árvores com a largura da combinação de bandas que seleccionou e proceda à contagem das árvores segundo o critério abaixo descrito



árvore com dap **superior** à combinação de bandas escolhida, conta **1**



árvore com dap **igual** à combinação de bandas escolhida, conta ½;



árvore com dap **inferior** à combinação de bandas escolhida, conta **0**

5) Contabilize as árvores numa tabela de frequências;

banda	banda1+2e				
$n_i = 1$	~~IIII~~	~~IIII~~	~~IIII~~	~~IIII~~	I
$n_i = 1/2$	<u>III</u>				
$N_{(10-30)}$	21+3/2=22.5 ≈ 23				

Supondo que realizou o giro com a combinação de bandas banda1+2e e que contou 21 árvores com dap superior à largura da combinação de bandas escolhida, 3 com largura igual e 9 com largura inferior.

6) Durante a totalidade do giro a combinação de bandas deve ser mantida, podendo apenas optar por outra combinação no caso de, após a contagem, ter sido obtido um número de árvores inferior a 10 ou superior a 30.

7) A área basal por hectare para o ponto escolhido é calculada da seguinte forma:

No caso do exemplo apresentado, o N é igual a 23 e o factor de área basal é 2+1/4 (banda1+4e), portanto a área basal por ha será:

$G = N\ k$

$G = 23\ (2+1/4)$

$G = 25.3\ m^2ha^{-1}$

VIII Estimativa da altura média do povoamento. Procedimento de Hirata

Este método, à semelhança do método utilizado para determinar a área basal por hectare permite obter uma estimativa da altura média do povoamento. Hirata propõe um método de amostragem pontual em que se realizam pontarias verticais. O método consiste na contagem de árvore cujas alturas são vistas segundo ângulos superiores a determinado ângulo limite de pontaria vertical (β).

Recorrendo a um ângulo limite de 60º 34', virá $\tan(\beta) = \sqrt{\pi} = 1.772$.

VIII.1 Procedimento para a estimativa da altura média do povoamento

1) Situe-se no ponto onde pretende fazer o giro de 360º definindo um cone (**Figura 12**);

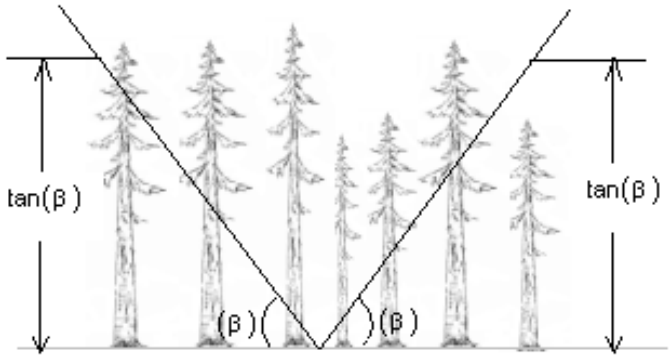


Figura 12 – Exemplo de uma mirada para a determinação da altura média do povoamento pelo método de Hirata.

2) Estabeleça um critério para realizar o giro, que pode ser o mesmo que utilizou para a estimativa da área basal por hectare;

3) Realize para cada árvore duas miradas, Lbase e Ltopo, e faça a leitura dos valores na escala dos 25 m;

4) Registe os valores das leituras de Lbase e Ltopo;

Lbase	Ltopo	(Ltopo – Lbase)
17.8	-5.2	23
22.8	0	22.8
20.1	1.7	18.4
21.9	-2.3	24.2

5) Fazendo (Ltopo – Lbase) determina a altura aparente da árvore, se este valor for superior a 1.772 a árvore em questão é contada;

tan (60º34')	1.772				
(Ltopo – Lbase)> 1.772					
z					

6) conhecendo o número de árvores por hectare do povoamento em questão (N) e o número de árvores contadas pelo método de Hirata, a altura média é determinada da seguinte forma:

$$h_m = 100\sqrt{\frac{2\ z}{N}}$$

Se por exemplo

z = 12
N = 957

Então, a altura média virá

h_m = 15.84 m

IX Cálculo do declive

A determinação do declive do terreno é uma operação que se realiza regularmente. Uma vez que o aparelho mede distâncias horizontais e alturas permite a determinação do declive.

IX.1 Procedimento para a determinação do declive

1) Coloque a mira com o ponto central a uma altura igual ao nível dos olhos do operador;

2) Localize-se num ponto de observação a uma das distâncias pretendidas (15 m, 20 m, 25 m ou 30 m), suponha que se encontra a 20 metros da árvore;

3) Faça pontaria para o ponto central da mira (**Figura 13**);

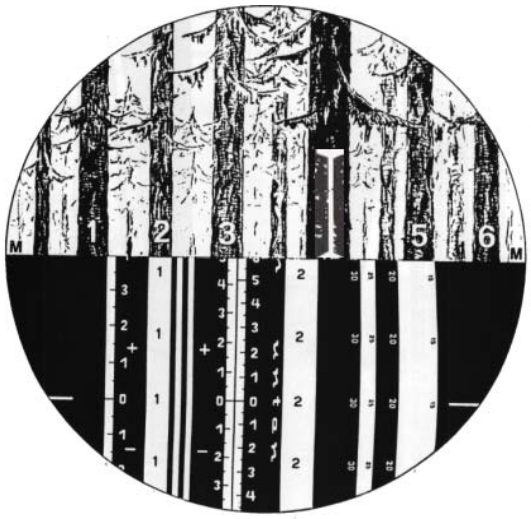


Figura 13 – Exemplo de uma mirada para a determinação do declive.

4) Proceda à leitura na escala das alturas correspondente, neste caso na escala dos 20 m;

$$\text{declive}(\%) = \frac{\left|\text{L altura do ponto central da mira}\right|}{\text{distância do operador à árvore}}$$

Por exemplo, se se localizou à distância de 20 m, e procedeu à leitura para o ponto central na escala dos 20, leitura esta que em valor absoluto apresentou o valor 4, então:

$$\text{declive}(\%) = \frac{|4|}{20} = 20\%$$

Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior de Agronomia

Departamento de Engenharia Florestal

Manual de utilização
Tele-Relascópio de espelho de Bitterlich

Susana Barreiro e Margarida Tomé

GIMREF **Grupo de Inventariação e Modelação de Recursos Florestais**

I Introdução

O tele-relascópio é essencialmente um dendrómetro associado a um hipsómetro que tem como objectivo realizar medições precisas de diâmetros e alturas de árvores individuais. Este aparelho, ao contrário do relascópio, envolve tipos mais simples de escala, permitindo utilizar unidades diferentes das do sistema métrico bastando para isso trocar somente a graduação da régua. As explicações que se seguem são referentes ao sistema métrico.

II O Tele-relascópio

O aparelho requer para a sua utilização, os seguintes componentes:

1) um tripé com coluna ascendente (permite regular a altura do aparelho consoante a altura de quem realiza as medições e corrigir imperfeições quer ao nível das irregularidades do terreno, quer ao nível do declive);

2) uma cabeça basculante onde o aparelho é fixo (permite a execução de movimentos em três planos;

3) uma régua horizontal graduada própria do instrumento (tem igualmente acoplada a si um tripé).

II.1 Descrição do tele-relascópio

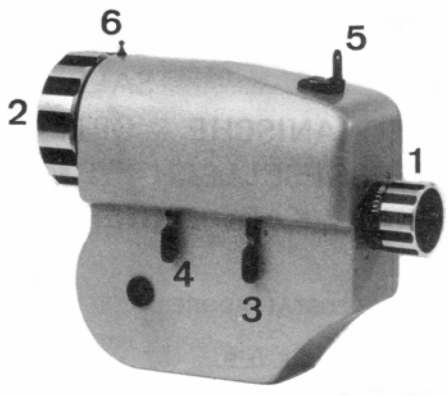
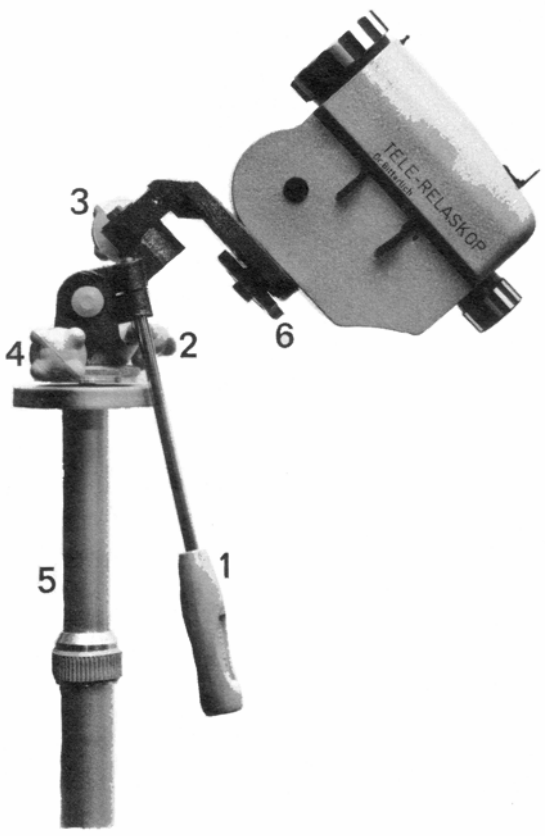


Figura 1 – Vista lateral do tele-relascópio.

Na **Figura 1** pode ver-se que o aparelho em si se assemelha a uma câmara de filmar. Acoplado ao instrumento encontra-se um telescópio com capacidade de aumento até 8 vezes. Para proceder à focagem dos objectos gira-se o aro da objectiva (2). O instrumento possui do lado esquerdo duas alavancas. Destas, a mais próxima da ocular liberta e fixa o movimento do tambor que contém as escalas (3) e a mais próxima da objectiva é utilizada para regular a

luminosidade que incide sobre as escalas (4). Na parte superior do aparelho encontram-se a alça da mira (5) e a mira (6) que permitem alinhar o aparelho relativamente à árvore seleccionada. Olhando-se pela ocular (1) observa-se a escala no semicírculo inferior da visada e no semicírculo superior as árvores a medir (**Figura 2**). A linha divisória entre os dois semicírculos designa-se por " linha de leitura" e é nela que todas as leituras devem ser realizadas.

Figura 2 - Exemplo do que se vê ao espreitar pela ocular.



Na **Figura 3** podem ver-se os parafusos que permitem fixar o aparelho à cabeça basculante (6), que lhe conferem os movimentos (1, 3 e 4) e que a permitem fixar ao tripé (2). O movimento mais comum é a inclinação do aparelho para trás, no sentido do maior valor angular (Ltopo) ou para a frente, no sentido contrário (Lbase). Para tais movimentos recorre-se ao parafuso 1. Foram ainda tomadas precauções no sentido de permitir operar em árvores inclinadas ou de proceder a medições do diâmetro de galhos superiores recorrendo ao parafuso 3. Além disso, o aparelho pode ainda girar em torno do eixo do tripé sobre um círculo graduado em graus, parafuso 4.

Figura 3 - Tele-relascópio montado sobre a cabeça basculante

II.2 Descrição da régua graduada

II.2.1 Régua graduada em cm

A **Figura 4** ilustra a régua horizontal graduada em cm. Esta régua possui 1.20 m de comprimento e está graduada até aos dm, alternando a sua cor de preto para branco de 10 em 10 cm (ou seja de dm em dm). Dentro de cada faixa de 10 cm sucedem-se pequenas faixas da outra cor, cada uma correspondendo a 1 cm. A régua é provida de um nível de bolha e é montada sobre um tripé com coluna ascendente.

Figura 4 – Régua horizontal graduada em cm.

II.2.2 Régua graduada em dm

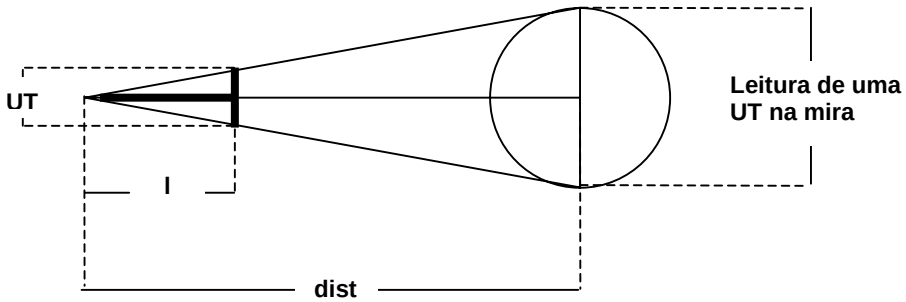
A régua graduada em dm é em tudo igual à anterior, mas não apresenta os dm divididos em cm.

Figura 5 – Régua horizontal graduada em dm.

II.3 Descrição da escala

Na **Figura 6** observa-se a vista geral da escala que permite verificar um estreitamento das faixas no sentido das extremidades com a finalidade de permitir a correcção automática das inclinações.

Na parte central das escalas para diâmetros pode ver-se uma escala em percentagens destinada à medição da altura da árvore. Esta escala foi planeada de forma que a altura de cada objecto, visado acima ou abaixo do horizonte do observador, é dada em termos de percentagens da distância do instrumento até à árvore. Esta condição conseguiu-se fazendo, por construção a UT com uma dimensão tal que a razão entre a distância do olho do operador à escala (l) e a unidade taqueométrica (UT) seja igual a 100:



$$\frac{\text{dist}}{\text{leitura de uma UT na mira}} = \frac{\text{l}}{\text{UT}}$$

$$\text{dist} = \text{leitura de uma UT na mira} \ \frac{\text{l}}{\text{UT}}$$

$$\text{dist} = \text{leitura de uma UT na mira} \ 100$$

A escala das alturas encontra-se dividida ao meio tal como um eixo cartesiano, sendo o máximo 100% e o mínimo –100%. É de salientar o facto de apenas aparecerem registados na escala os múltiplos de 5 e do sinal (+ ou -) de cada escala aparecer somente no valor 5 (onde pode ler-se +5% ou –5% consoante nos encontramos acima ou abaixo do meio da escala) como pode ver-se no primeiro pormenor ampliado da **Figura 6**.

Para visadas que permitam observar valores acima dos 100% estão assinaladas as divisões correspondentes a 5% e a 10%, porém a numeração da escala é feita somente a cada valor

inteiro de 10%, conforme indica a gravação ao lado esquerdo do conjunto das faixas (segundo pormenor ampliado da escala). Quando, ao procedermos à leitura do valor na escala das alturas, não conseguimos visualizar os valores 5% e –5% temos de ter em atenção se os valores crescem ou decrescem no sentido ascendente (parte positiva ou parte negativa, respectivamente) para estarmos seguros do sinal a colocar no valor da leitura.

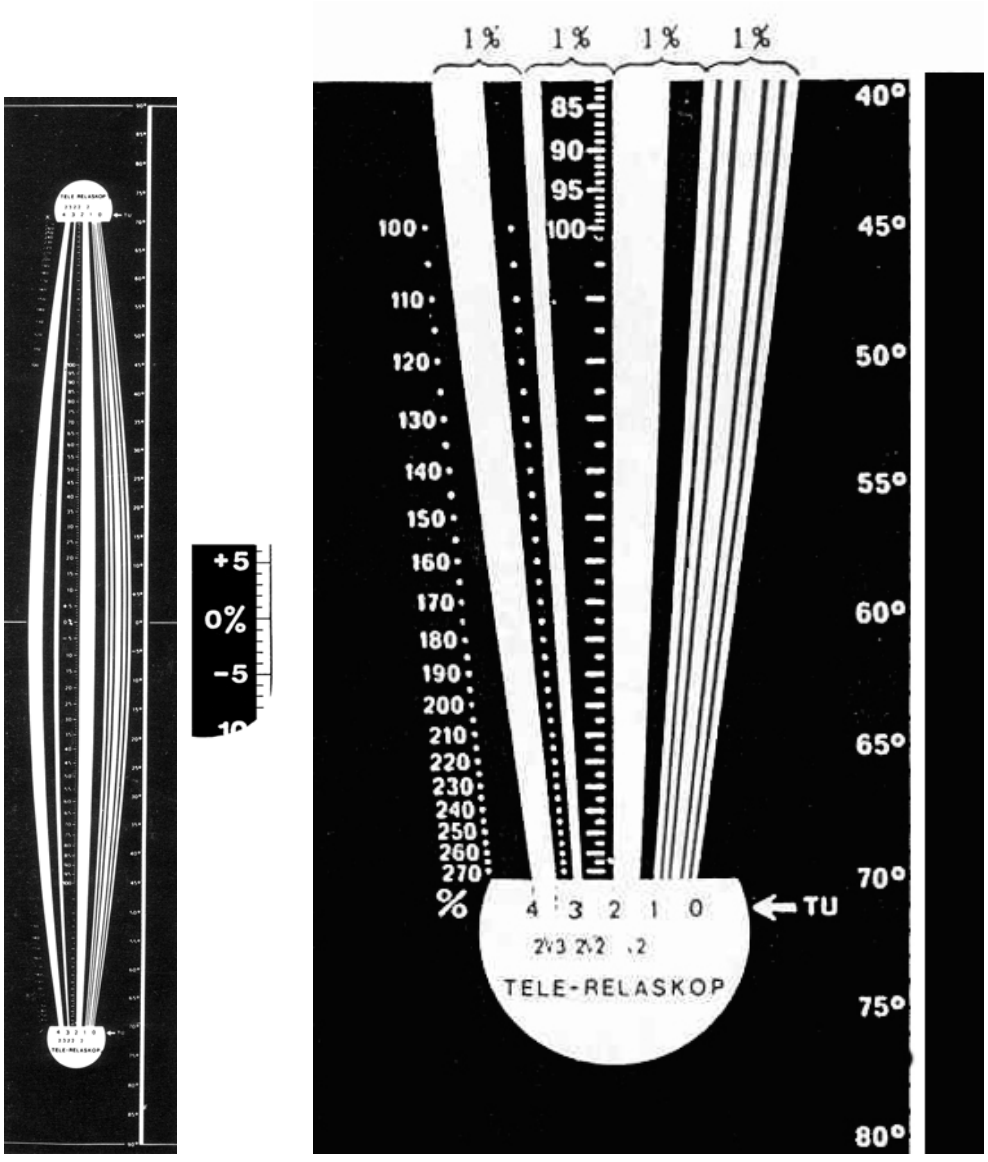


Figura 6 - Vista geral das escalas com dois pormenores ampliados.

Na **Figura 7** pode ver-se a escala dos diâmetros. Esta encontra-se dividida em 4 unidades taqueométricas (UT) todas com a mesma largura. Cada UT inicia-se com uma faixa branca terminando com uma preta, salvo a 4ª UT que está dividida em décimos, sendo composta por 6 faixas brancas e 4 pretas, divididas ao meio por uma fina linha preta.

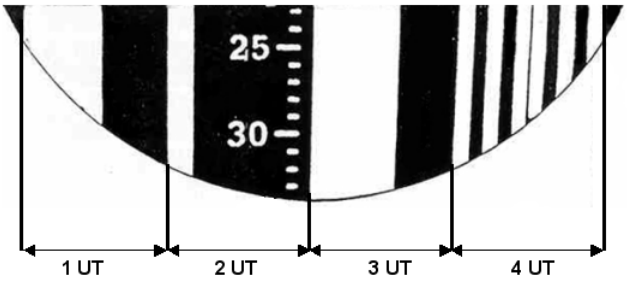


Figura 7 - Vista parcial das escalas do tele-relascópio.

III Procedimento para medição de diâmetros e alturas

O operador deve escolher um ponto de observação que lhe permita visar com nitidez o topo e a base da árvore. O ponto de observação define-se como o local onde o tele-relascópio vai ser montado no tripé. A distância deste ponto à árvore não é importante, mas admite-se que deva ser próxima ao valor da altura da árvore para evitar ângulos de pontaria demasiado elevados, os quais acarretam sempre erros de leitura mais elevados.

III.1 Montagem do tele-relascópio

1) Escolha um ponto de observação que permita visar com nitidez, simultaneamente, a base do tronco e o ápice;

2) O aparelho deve ser montado sobre o tripé e voltado na direcção da árvore que se pretende medir;

3) A régua padrão deve ser montada no seu próprio tripé, junto ao eixo central da árvore a medir. Deve estar colocada à altura de 1.30 m do solo e nivelada (regula-se a posição do nível através da altura dos dois pés do tripé virados na direcção do instrumento e seguidamente faz-se a regulação da altura do pé traseiro do tripé. Note-se que a régua padrão deve estar colocada num plano perpendicular à linha de visada do operador, sendo esta exigência facilitada pela existência na mira de uma haste que se coloca perpendicularmente ao plano da mira e que o operador deve visualizar como um ponto ...

4) Deve proceder-se à focagem conforme já foi dito e deve ajustar-se a ocular de modo a que o objecto esteja perfeitamente visível no campo visual;

III.2 Determinação da unidade taqueométrica (UT)

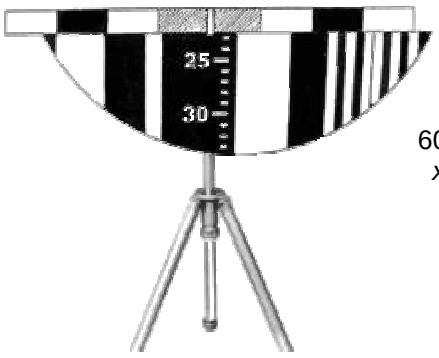
Este aparelho foi concebido para usar unidades relativas, ou seja, não fornece exclusivamente os valores das suas medições em unidades do sistema métrico. A unidade em que se obtêm os valores das medições depende da unidade em que a régua padrão horizontal está graduada, e podem ser metros, pés ou qualquer outra unidade. Assim sendo, o primeiro passo consiste em determinar o valor correspondente a uma UT. Para tal o operador deve proceder da seguinte forma:

1) Solte o parafuso responsável pela rotação do aparelho em torno do eixo do tripé e ainda o parafuso que orienta a altura das visadas (1) de modo a conseguir ver-se a régua horizontal a qual deve estar, como já foi dito, num plano perpendicular à linha visada;

2) Faça uma visada sobre a régua horizontal fazendo coincidir o início da 1ª UT com o início dum rectângulo de 10 cm da régua horizontal;

3) Conte quantos rectângulos de 10 cm da régua ficam entre o ponto onde iniciou a contagem e o fim do primeiro rectângulo de 10 cm que fique alinhado com uma faixa estreita da 4ª UT.

Na **Figura 8** temos um exemplo em que 60 cm da régua correspondem a 3.4 UT, logo pode calcular-se facilmente quantos cm correspondem a uma UT :



60 cm da régua ---------- 3.4 UT
x cm da régua ----------1 UT

x = 17.5 cm

Figura 8 - Exemplo da determinação do valor de uma unidade taqueométrica.

Então, pode concluir-se que, para o exemplo apresentado, uma UT corresponde a 17.5 cm. Este valor tem ainda a particularidade de corresponder à distância em metros a que o operador se encontra da árvore, pela razão já exposta atrás.

Para distâncias inferiores a 30 m, as leituras devem ser feitas uma precisão até às décimas. Todo o aparelho tem um erro de medição associado, para o tele-relascópio o erro na medição dos diâmetros é sempre inferior a UT/10. Visto cometer-se um erro de menos de uma barra estreita (1/10 UT). No exemplo da Figura 8 o máximo valor do erro seria de 1.75 cm. Para distâncias superiores a 30 m, utiliza-se um menor número de UT para proceder quer à determinação do valor da UT, quer para proceder às medições de diâmetros, ou seja, em vez de se iniciar a contagem das UT no início da 1ª UT, começa-se a contar ou no início da 2ª ou da 3ª UT.

A leitura do valor da UT constitui o ponto primordial para todos os cálculos de gabinete subsequentes com vista à conversão dos valores de "unidades relativas" para "unidades absolutas".

III.3 Leitura do diâmetro e da altura ao nível do dap

Terminada a leitura do valor da unidade taqueométrica, a régua graduada pode ser removida e montada no tripé, junto ao eixo central da próxima árvore a medir. O diâmetro é medido com a suta e com o aparelho (**Figura 9**) devendo proceder-se da seguinte forma:

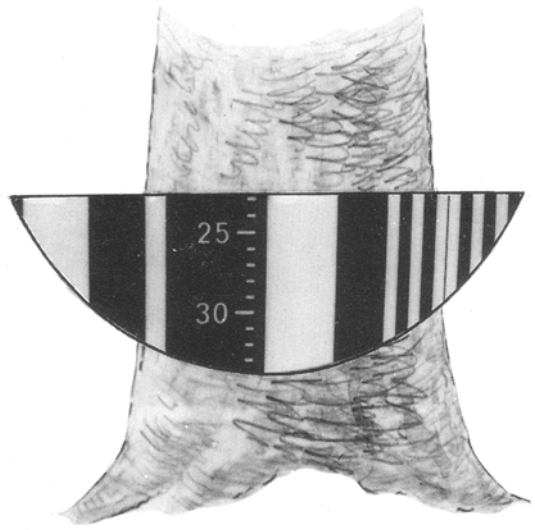


Figura 9 – Exemplo da leitura do valor do diâmetro e da altura ao nível do dap.

1) Solte o parafuso responsável pela rotação em torno do eixo do tripé (4) e rode o aparelho até conseguir ver o tronco da árvore no seu campo de visão;

2) Para ler o valor da altura do dap solte a alavanca responsável pela libertação e fixação do tambor da escala das alturas e quando o tambor finalmente parar, fixe novamente a alavanca, registando o valor. No exemplo apresentado esse valor é igual a –22.8.

3) Faça coincidir o limite esquerdo do tronco da árvore com o início de uma das unidades taqueométricas, de modo que o limite direito do tronco coincida com as faixas estreitas da 4ª UT.

4) Conte e registe o número de UT que ficam entre o início e o fim do tronco, iniciando a contagem na UT correcta. No exemplo apresentado o diâmetro é de 2.35 UT;

17.5 cm ---------- 1 UT
x cm ---------- 2.35 UT

x = 39.38 cm

De acordo com o exemplo apresentado, para uma unidade taqueométrica de 17.5 cm, a um diâmetro de 2.35 UT vai corresponder a um diâmetro de 39.8 cm

III.4 Determinação da altura total da árvore

Uma vez registados os valores da leitura do diâmetro e da altura ao nível do dap passa-se à leitura do valor da altura total, exemplificado na **Figura 9**.

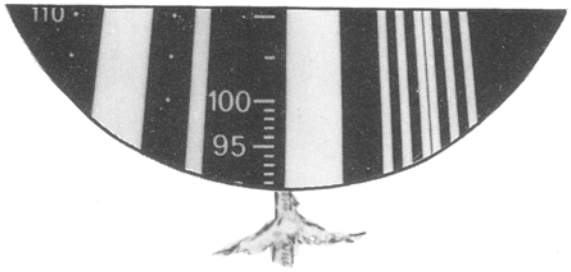


Figura 9 – Exemplo da leitura do valor da altura total da árvore.

1) Solte o parafuso 1, responsável pelo movimento de inclinação do aparelho para trás no sentido do maior valor angular (Ltopo) até conseguir ver o ápice da árvore no seu campo de visão;

2) Se o fuste não se apresentar exactamente direito é possível que tenha de recorrer ao parafuso 3 responsável pelo movimento lateral;

3) Quando o tambor parar, fixe a alavanca e registe o valor. O valor apresentado no exemplo é de 111,5.

$$H = \left[\left(L_{topo} - L_{dap} \right) \frac{UT}{100} \right] + 1.30$$

De acordo com o exemplo apresentado, para uma unidade taqueométrica de 17.5 cm, uma leitura de topo de 111.5 e uma leitura ao nível do dap de –22.8, temos uma árvore com 16.82 metros

Existe uma fórmula alternativa para o cálculo da altura total que não é tão utilizada, uma vez que em situações de campo revela-se muitas vezes difícil visualizar a base da árvore devido à existência de espécies arbustivas ou herbáceas que a encubram.

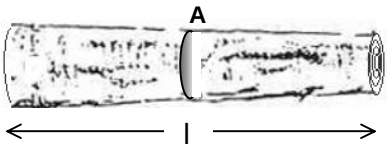
$$H = \left(L_{topo} - L_{base}\right) \frac{UT}{100}$$

III.5 Medições conjugadas de diâmetros e alturas

O tele-relascópio é essencialmente um dendrómetro, isto é, tem como objectivo principal realizar medições conjugadas de diâmetros e alturas, ou seja, permite obter os dados necessários para a cubagem de árvores em pé.

A cubagem rigorosa de uma árvore com o tele-relascopio pode realizar-se pelo método tradicional, no qual o volume dos toros é calculado com base na fórmula de Smalian, ou pelo método de Hohenadl, no qual o volume dos toros é calculado com base na fórmula de Huber. A diferença entre ambos os métodos reside no facto do primeiro exigir a medição dos diâmetros dos extremos de cada toro enquanto que o segundo exige a medição do diâmetro a meio do toro.

Método Tradicional:	**Fórmula de Smalian:**	
	$V_{toro} = \frac{A_1 + A_2}{2}\ l$	A_1 Área seccional do limite inferior do toro (m^2ha^{-1}) A_2 Área seccional do limite superior do toro (m^2ha^{-1}) l Comprimento do toro (m)

Método de Hohenadl:	**Fórmula de Huber:**	
	$V_{toro} = A\ l$	A Área da secção mediana situada a meio dos dois extremos do toro (m^2ha^{-1}) l Comprimento do toro (m)

III.5.1 Cubagem rigorosa pelo método tradicional - fórmula de Smalian

De seguida, descreve-se o procedimento de medição para a cubagem rigorosa com base na fórmula de Smalian.

1) Defina o **comprimento dos toros** que pretende medir, por exemplo 3 metros;

2) Proceda à leitura do diâmetro e da altura ao nível do dap de acordo com o procedimento descrito no ponto III.3 e registe o valor;

3) Proceda à leitura da altura total de acordo com o procedimento descrito no ponto III.4 e registe o valor;

4) Solte a alavanca da escala das alturas;

5) Solte o parafuso 1 e desloque suavemente o aparelho para a frente no sentido do menor valor angular (Ldap) até conseguir ver o valor correspondente à leitura L1;

6) Agora, com uma fórmula análoga à que se utiliza para determinar a altura total da árvore, vamos determinar L1. Sabendo que:

$$\text{Comprimento do toro}_1 = \left[\left(L_1 - L_{dap} \right) \frac{UT}{100} \right]$$

Se o comprimento dos toros = 3
UT = 17.5
Ldap = -22.8

Então: $\frac{300}{UT} + L_{dap} = L_1$-5.66

7) Deixe o tambor das escalas parar e quando conseguir ver o valor de L1 na linha de mirada, fixe o parafuso 1;

5) Solte o parafuso 4 que confere ao tele-relascópio o movimento lateral e faça coincidir o limite esquerdo do tronco da árvore com o início de uma das unidades taqueométricas, de modo que o limite direito do tronco coincida com uma das faixas estreitas da 4ª UT;

6) Conte e registe o número de UT que ficam entre o início e o fim do tronco, iniciando a contagem na UT correcta. No exemplo apresentado na **Figura 10**, o diâmetro correspondente a altura L1 é de 1.1 UT;

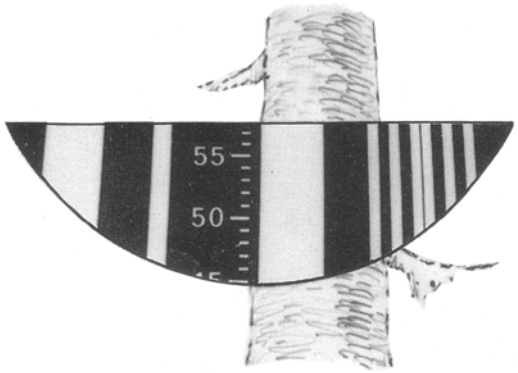


Figura 10 – Exemplo da leitura conjugada para o primeiro toro acima do dap.

7) Solte a alavanca da escala das alturas;

8) Solte o parafuso 1 e desloque o aparelho lentamente ao longo do fuste até conseguir ler o valor correspondente à leitura L2;

Tal como anteriormente, conhecendo:

Comprimento do toro 2 = 3 m

UT = 17.5 cm
L1 = -5.66

$$11.49 = \frac{300}{UT} + L_1$$

9) Deixe o tambor das escalas parar e quando o valor de L2 coincidir com a linha de mirada, fixe o parafuso 1;

10) Solte o parafuso 4 que confere ao tele-relascópio o movimento lateral e faça coincidir o limite esquerdo do tronco da árvore com o início de uma das unidades taqueométricas, de modo que o limite direito do tronco coincida com uma das faixas estreitas da 4ª UT;

Na **Figura 11** esquematiza-se a cubagem ao longo do fuste da árvore. Para obter os valores das leituras L3 e L4, deve proceder da mesma forma que procedeu anteriormente para L1 e L2. Se o comprimento da árvore a partir do valor de 1.30 m não for divisível pelo comprimento dos toros que se pretende, no caso do exemplo apresentado 3 metros, então a bicada pode ser maior ou menor que os toros, o que não constituirá problema desde que se conheça o seu comprimento.

Pode acontecer que os valores das leituras a que se regista o limite de cada toro sejam complicados de fixar com o aparelho. Neste caso deve arredondar-se esse valor para um valor não muito afastado (registando sempre este arredondamento na ficha de campo) e que facilite o procedimento. Por exemplo, para L_1 = -5.66 torna-se quase impossível fixar neste valor para que se proceda à leitura do diâmetro, então arredonda-se para -5.5, -5 ou -6 (qualquer arredondamento é possível) conforme seja mais fácil e económico em termos de

tempo e anota-se o valor do arredondamento. Sempre que fixo o aparelho a cada valor de altura deve proceder-se à medição do valor do respectivo diâmetro a essa altura.

$$H = \left[\left(L_{topo} - L_{dap} \right) \frac{UT}{100} \right] + 1.30$$

$$Compriment\ o\ do\ toro_1 = \left[\left(L_1 - L_{dap} \right) \frac{UT}{100} \right]$$

$$3 = \left[\left(L_1 - L_{dap} \right) \frac{UT}{100} \right]$$

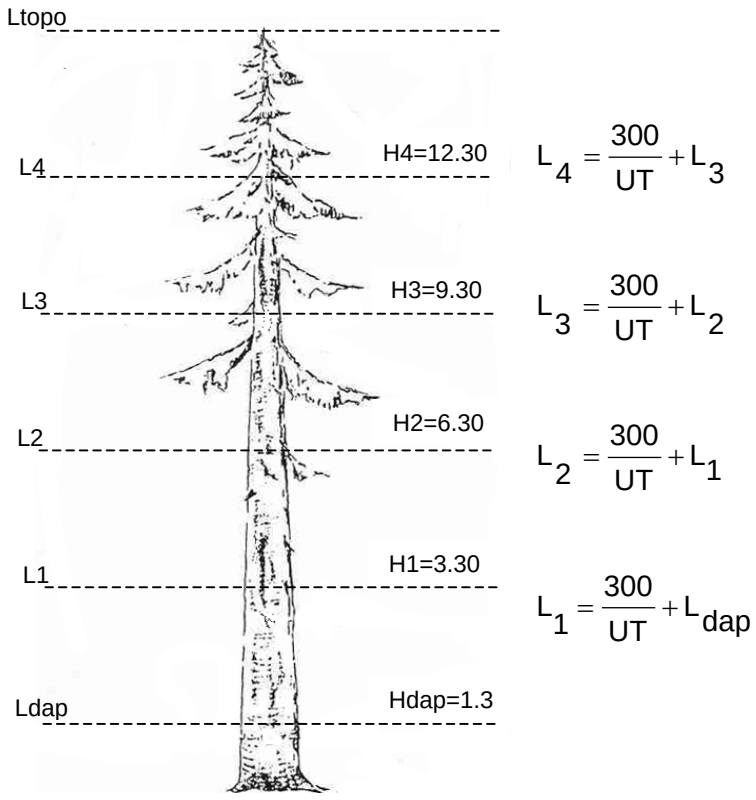


Figura 11 – Esquema do procedimento de medição para a cubagem rigorosa com base na fórmula de Smalian com toros de 3 metros.

III.5.2 Cubagem rigorosa pelo método de Hohenadl – fórmula de Huber

A **Figura 12** ilustra o procedimento de medição para a cubagem rigorosa com base na fórmula de Huber.

1) Defina o **número de toros** que pretende medir, por exemplo 4 toros;

2) Proceda à leitura das alturas da base e do topo e registe os valores;

3) Determine o comprimento de cada toro na unidade relativa;

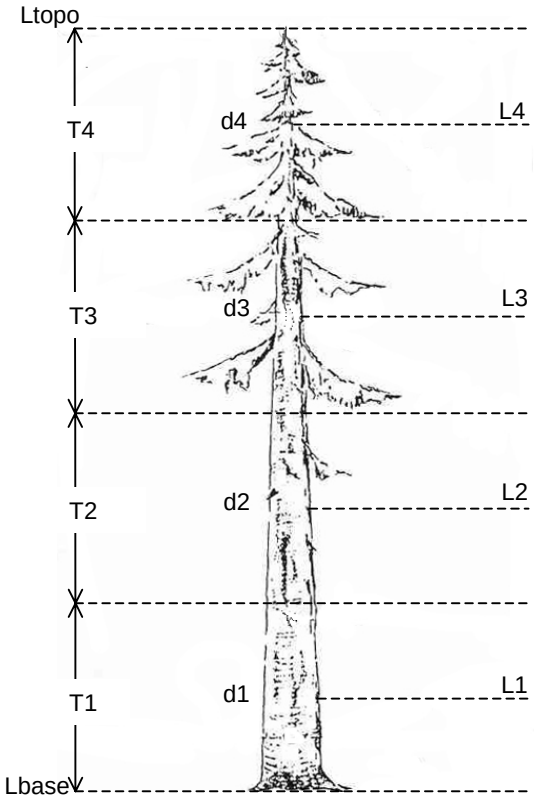
Suponha que Lbase e Ltopo apresentam os valores de 3.2 e 17.1, respectivamente:

O comprimento do toro é dado pela altura relativa da árvore (Ltopo- Lbase) a dividir pelo número de toros pretendido:

comprimento do toro = (17.1-3.2) / 4
= 3.475

4) Proceda à leitura da altura do topo (Ltopo) de acordo com o procedimento descrito no ponto III.4, e de forma análoga, leia a altura da base (Lbase) da árvore registando ambos os valores;

5) Determine as alturas relativas L1, L2, L3 e L4;



Ltopo = L4 + comprimento toro /2
= 15.36 + 1.7375
= 17.0975 =17.1

L4 = L3 + comprimento toro
= 11.885 + 3.475
= 15.36

L3 = L2 + comprimento toro
= 8.41 + 3.475
= 11.885

L2 = L1 + comprimento toro
= 4.9375 + 3.475
= 8.41

L1 = Lbase + comprimento toro /2
= 3.2 + 1.7375
= 4.9375

Figura 12 – Esquema do procedimento de medição para a cubagem rigorosa com base na fórmula de Huber com 4 toros.

6) Solte o parafuso 1 e desloque suavemente o aparelho para a frente no sentido do menor valor angular (Lbase) até conseguir ver o valor correspondente à leitura L1;

7) Deixe o tambor das escalas parar e quando conseguir ver o valor de L1 na linha de mirada, fixe o parafuso 1;

8) Solte o parafuso 4 que confere ao tele-relascópio o movimento lateral e faça coincidir o limite esquerdo do tronco da árvore com o início de uma das unidades taqueométricas, de modo que o limite direito do tronco coincida com uma das faixas estreitas da 4ª UT;

9) Conte e registe o número de UT que ficam entre o início e o fim do tronco, iniciando a contagem na UT correcta.

10) Solte a alavanca da escala das alturas;

11) Solte o parafuso 1 e desloque o aparelho lentamente ao longo do fuste até conseguir ler o valor correspondente à leitura L2;

12) Proceda como anteriormente até ter registado os valores de diâmetro correspondentes a cada leitura de alturas;

IV Particularidades do tele-relascópio

O tele-relascópio possui particularidades vantajosas relativamente a outros aparelhos apresentados, bem como desvantagens.

IV.1 Vantagens

1) Permite determinar a distância a que o aparelho se encontra da árvore;

2) Faz automaticamente a correcção do declive, mas possui ainda uma escala em graus que permite fazer esta leitura, caso seja necessário;

3) Permite efectuar medições conjugadas de diâmetros e alturas para quaisquer valores de diâmetros e alturas pretendidos, enquanto que o relascópio apenas o permite para valores de diâmetros predeterminados.

IV.2 Desvantagens

1) É um aparelho difícil de transportar no campo, uma vez que consiste em dois tripés, uma régua graduada e no aparelho em si;

2) A medição de cada árvore exige o reposicionamento do tripé que suporta a régua para junto da árvore seguinte e a calagem do nível de bolha acoplado à mesma. Ainda poderá acontecer, que para além de mudar a régua se tenha de mudar também o aparelho de local. Estes contratempos consomem muito tempo.