

# Manual para medições de detritos de madeira grossa em parcelas RAINFOR

T.R. Baker, K.J. Chao

Versão 2 - Maio 2011



## **Introdução**

O detrito de madeira grossa (CWD) é um depósito importante de carbono nos ecossistemas de florestas tropicais, com estimacões máximas de  $>60\text{Mg ha}^{-1}$ , ou até 33% da biomassa das árvores que está via acima do solo com  $\geq 10$  cm de diâmetro [1]. As reservas de CWD variam amplamente entre florestas, em relação à variação da estrutura florestal, historial de perturbações e factores ambientais, tais como a fertilidade do solo.

Por exemplo, existe evidência de perturbações prévias onde as reservas são substancialmente maiores que a quantidade estimada sobre condições de estado estáveis [3].

Este manual estabelece os protocolos para responder às seguintes perguntas:

1. Qual é o padrão de reservas de CWD nas parcelas da RAINFOR?
2. Que factores ambientais se correlacionam com as reservas de CWD na rede da RAINFOR?
3. As reservas de CWD estão em equilíbrio com os resultados de mortalidade de árvores nas parcelas da RAINFOR?

## **Métodos**

Os métodos baseados em parcelas e os de intercepção linear estão disponíveis para as medições de CWD; ambos os métodos foram utilizados em estudos existentes de reservas de CWD em parcelas da RAINFOR. Os métodos baseados em parcelas são úteis para estudos que comparam reservas de CWD, com os resultados de mortalidade de árvores dentro das parcelas permanentes existentes de 1ha. Os métodos de intercepção linear, por sua vez, são úteis para avaliar questões sobre as reservas de CWD em grandes escalas – para avaliar, por exemplo, o grau até qual as parcelas são representativas de paisagens mais amplas.

## **Medições de campo**

### **Medições baseadas em parcelas**

#### *Árvores mortas caídas e ramos*

Deve medir-se a longitude e o diâmetro em ambas as extremidades de todas as peças de madeira caída, incluindo lianas, com diâmetro superior a 10cm dentro da parcela. Note que:

- Para troncos estreitos com menos de 10 cm de diâmetro, as medições fazem-se apenas até ao ponto onde o tronco se diminui a menos de 10cm.
- Os ramos superiores a 10cm agarrados a troncos caídos devem ser medidos em separado, em segmentos aproximadamente lineares.
- Para árvores com raízes tanto dentro como fora da parcela, as medições da longitude devem fazer-se até à borda da parcela.

- Para medições nas bases de troncos caídos, com troncos de apoio (contrafortes), os diâmetros devem ser medidos por cima dos contrafortes.
- Só se necessita de medir um diâmetro no centro do caule de palmeiras mortas, caídas, porque os caules das palmeiras mantêm uma forma e diâmetro similar ao longo do seu comprimento.
- Se a peça de CWD não é aproximadamente circular, ou está parcialmente enterrada pela folhagem e o solo, e é difícil medir o seu diâmetro, então devem-se medir duas dimensões perpendiculares ao longo do eixo mais longo e perpendicular a esse eixo.
- As peças de madeira com uma circunferência superior a 180 graus mas que não são completamente circulares devem-se medir como se fossem um círculo sólido; uma subsequente correcção de espaço vazio representa a madeira que falta para calcular o volume de CWD.

### *Árvores mortas em pé (snag)*

O diâmetro das árvores mortas em pé mede-se a 1.3m de altura, ou na parte mais baixa do tronco sem raízes contrafortes. Note que:

- A altura da árvore morta em pé (*snag*) deveria ser medida com um clinómetro ou com um telemetro a laser.
- Se um tronco decresce em tamanho abaixo de 10cm, a altura deve ser medida no ponto onde tem 10cm de diâmetro.
- O diâmetro do lado pequeno das *snags* deveria ser medido a partir do tronco formado pela copa caída.
- Se a copa da ponta partida não for encontrada, os diâmetros das pontas finais pequenas das árvores mortas em pé devem ser estimadas de forma visual.
- As dimensões dos ramos maiores >10 cm de diâmetro ainda agarrados à árvore morta em pé devem ser estimadas de forma visual.
- Para tocos com altura menor a 1.3m, deve-se medir a altura e o diâmetro da copa.

### *Classes de decomposição*

O estado de decomposição deve ser classificado no campo numa das 5 classes, baseadas nas características simples da madeira morta:

Classe 1: Madeira sólida, caída recentemente, com casca da árvore intacta e ramos finos ainda agarrados.

Classe 1.5: Madeira sólida, mas sem ramos finos e com casca da árvore que se começa a desprender.

Classe 2: Madeira não sólida, em pobres condições, mas onde é difícil empurrar um prego na madeira com a mão.

Classe 2.5: Mole, madeira podre, onde um prego pode ser empurrado facilmente dentro de la madeira.

Classe 3: Mole, madeira podre, que se desfaz com facilidade quando pisada.

Alguns estudos usam apenas três classes de decomposição (ex. combinam a classe 1 com a 1.5, e a classe 2 com a 2.5): num estudo no Perú [4] as três classes de deterioração revelaram padrões comparáveis às 5 classes de deterioração.

Se for necessário, o sistema de 5 classes pode ser simplificado ao sistema de 3 classes quando os dados são analisados.

#### *Cálculo do volume de CWD*

O volume das palmeiras mortas e tocos deve ser calculado como um cilindro. Para as outras peças, o volume de CWD,  $V$  (m<sup>3</sup>) deve ser calculado usando a seguinte fórmula de Smalian:

$$V = L \left[ \frac{\pi(D_1/2)^2 + \pi(D_2/2)^2}{2} \right]$$

onde  $L$  (m) corresponde ao comprimento da peça de CWD, e  $D$  é o diâmetro (m), em cada ponta. A fórmula de Smalian dá o volume correcto se cada peça de CWD é um tronco de um parabolóide quadrático ou um cilindro. Se o tronco se estreita como um tronco de um cone, então a fórmula de Smalian levará a um cálculo exagerado do volume, proporcional ao comprimento e ao grau do estreitamento.

#### **Amostragem da linha de intersecção**

A amostragem da linha de intersecção proporciona um método rápido para obter estimações a nível das reservas de CWD e permite a amostragem para a calibração das classes de decomposição e medição de espaço vazio de CWD fora das parcelas permanentes. Recomenda-se um total de 2km de corte transversal em linha, dividido em várias unidades pequenas, para proporcionar uma precisão razoável: cinco, cortes transversais de 400m produzirão estimações de CWD com um erro padrão de 20% da média numa floresta do sudoeste Amazónico [1]. Idealmente, os cortes transversais em linha devem estar separados a mais de 20m, para manterem a independência, e serem estabelecidos em direcções aleatórias na paisagem, para evitar influências de eventos de mortalidade direccionais devido à topografia ou à direcção do vento dominante. Várias vezes, os cortes transversais em linha estabelecem-se em 2 direcções perpendiculares combinando a facilidade do estabelecimento com estes objectivos:

- Para cada peça de CWD que cruza o plano perpendicular passando através do os cortes transversais em linha, dever ser registado o diâmetro e a classe de deterioração.
- Para peças de CWD não circulares, devem ser feitas 2 medições ao longo do eixo mais longo e perpendicular a esse eixo, e a média geométrica calculada para se usada no cálculo do volume de CWD.

### Árvores mortas em pé

A amostragem da linha de intersecção apenas proporciona informação sobre a madeira morta caída. Se apenas se utiliza a amostragem da linha de intersecção, então deve-se utilizar cortes transversais em linha com 10m de largura, em ambos lados da linha transversal [5], para medir também todas as árvores mortas em pé e tocos, tal como se descreve na secção anterior.

### Cálculo do volume de CWD

O volume de CWD calcula-se assim:

$$V = (\pi^2 \times \Sigma d_i^2) / 8L$$

onde  $V$  é o volume de CWD por unidade de área,  $d_i$  é o diâmetro (cm) do tronco  $i$  e  $L$  (m) é o comprimento da linha transversal [6]. A variância do volume ( $\sigma^2$ ) para  $n$  transectos é ponderado com os comprimentos do transecto ( $L_j$ ), como recomenda De Vries [7] citado em [2], assim:

$$\sigma^2 = [\Sigma L_j (V_j - \bar{V})^2] / [(n-1) \times \Sigma L_j]$$

### Densidade das classes de decomposição e medições de espaço vazio

Uma variedade de estudos calibraram as subjectivas classes de decomposição nas diferentes florestas do Amazonas [4]. Os valores de densidade obtidos para as diferentes classes de decomposição são específicos ao local, mas podem ser estimados a partir da composição das espécies de árvores vivas envolventes [4]. Em florestas húmidas, neo-tropicais, em terras baixas, a densidade de cada classe de deterioração de CWD ( $\rho_d$ , g cm<sup>-3</sup>) está intimamente relacionada com a densidade da madeira viva a nível da parcela [4]. Assim,  $\rho_d$  foi estimada como uma função da média de densidade da madeira das árvores vivas na parcela. Para estimar três classes de decomposição:

$$\rho_{d=1} = 1.17 [\rho_{BA_j}] - 0.21$$

e

$$\rho_{d=2} = 1.17 [\rho_{BA_j}] - 0.31$$

onde  $\rho_{d=1}$  y  $\rho_{d=2}$  representam as densidades de CWD em classes de deterioração ( $d$ ) um e dois respectivamente, e  $\rho_{BA_j}$  (g cm<sup>-3</sup>) é a densidade da madeira de árvores vivas da

parcela  $j$ , ponderado pela sua área basal. Para o CWD em deterioração classe três, utiliza-se o valor médio da densidade por detritos em “classe de deterioração três”, a partir de estudos publicados sobre florestas húmidas, neo-tropicais, em terras baixas, ( $0.29 \text{ g cm}^{-3}$ ), como se sugeriu em [4].

#### *Medições da densidade de classes de decomposição*

- Para a calibração específica a cada sítio das classes de decomposição, recolhem-se amostras para medições de densidade em intervalos de 5cm desde o centro de cada peça escolhida de CWD em uma de quatro direcções escolhidas aleatoriamente (parte de cima, parte de baixo, esquerda, direita).
- Para peças relativamente duras, pode-se utilizar uma serra eléctrica para cortar uma secção radial cilíndrica, e pedaços de madeira sólidos e cilíndricos ou rectangulares de cada secção radial com um machete. Os métodos de amostragem com uma broca eléctrica podem ser adequados quando a madeira é particularmente dura (ex. [2]).
- O volume destas amostras calcula-se por medição directa usando um calibrador vernier em três dimensões de comprimento ( $l_1$ ,  $l_2$  y  $l_3$ ) para uma peça de forma rectangular sólida, ou rádio ( $r$ ) e comprimento ( $l$ ) para uma amostra cilíndrica, ou determinam-se volumes de amostras de forma irregular pela medição do deslocamento a 0.5mm da água dentro de um cilindro de plástico graduado.
- A amostragem de CWD muito decomposto (classe 3) leva-se a cabo com um recipiente de volume desconhecido.
- As amostras são secas a  $65^\circ\text{C}$ , pesadas e a densidade calcula-se como massa seca dividida pelo volume fresco.

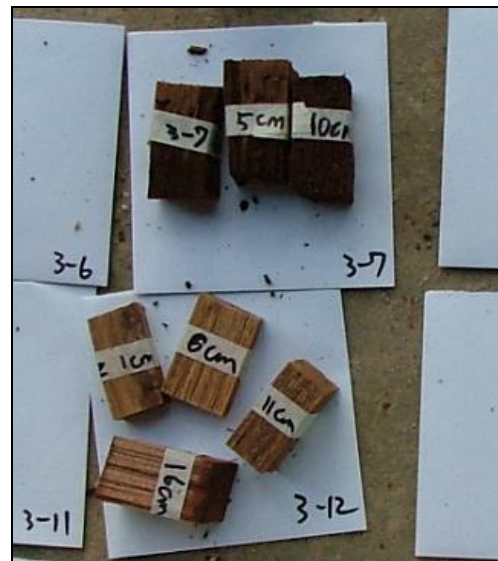


Fig 1. Recolhendo amostras de CWD para calibrar a densidade das diferentes classes de decomposição

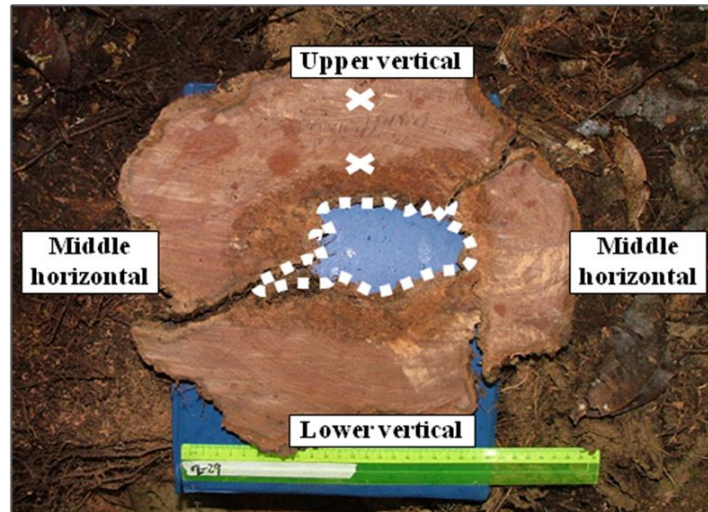


Fig 2. Localização de amostras para calibrar a densidade das classes de decomposição (x) e a definição de espaço vazio (pontos)

### *Espaço vazio*

O espaço vazio das diferentes classes de decomposição podem-se medir fazendo cortes transversais de amostras aleatórias de peças de CWD estratificadas por classe de decomposição.

- Os cortes transversais das peças de CWD seleccionadas devem ser feitos no ponto onde a linha cruza la peça, onde se fez a verificação da decomposição.
- Devem tirar-se fotos digitais dos cortes transversais, com um instrumento de escala, como uma régua.
- O espaço vazio, definido como uma região rodeada de mais de 180 graus de CWD sólido, mede-se como a proporção da área total ocupada por um espaço vazio calculado usando o programa *ImageJ*. Tenha em conta que o espaço vazio pode-se estender até ao exterior da peça de CWD, para peças de CWD incompletas, que não completamente circulares.

### **Calculando a massa de CWD**

Para estimar a média da massa de CWD,  $M$  ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ), em cada classe de decomposição,  $n$ , o volume externo de CWD ( $V$ ,  $\text{m}^3$ ) multiplica-se pela proporção média de espaço sólido de madeira ( $S = 1 - \text{proporção de espaço vazio}$ ) e pelos valores de densidade da madeira ( $\rho$ ,  $\text{g cm}^{-3} \equiv \text{Mg m}^{-3}$ ) das diferentes classes de decomposição. Se o espaço vazio, a densidade da madeira e as medições de volume para cada parcela ou transecto não estão correlacionados [1], o erro padrão para  $M$  pode-se calcular assumindo erros aleatórios independentes [8], como:

$$SE(M)_n = (M)_n \left( \sqrt{\left(\frac{(SE_V)_n}{V_n}\right)^2 + \left(\frac{(SE_S)_n}{S_n}\right)^2 + \left(\frac{(SE_\rho)_n}{\rho_n}\right)^2} \right)$$

A massa total média de CWD calcula-se somando a massa de cada classe de decomposição, e o erro padrão calculado de maneira conservadora como a soma de erros das classes constituintes [8].





## Referencias

1. Baker, T.R., et al., *Low stocks of coarse woody debris in a south-west Amazonian forest*. *Oecologia*, 2007. **153**: p. 495-504.
2. Keller, M., et al., *Coarse woody debris in undisturbed and logged forest in the eastern Brazilian Amazon*. *Global Change Biology*, 2004. **10**: p. 784-792.
3. Rice, A., et al., *Carbon balance and vegetation dynamics in an old-growth Amazonian forest*. *Ecological Applications*, 2004. **14**: p. 555-571.
4. Chao, K.J., O.L. Phillips, and T.R. Baker, *Wood density and stocks of coarse woody debris in a northwestern Amazonian landscape*. *Canadian Journal of Forest Research*, 2008. **38**: p. 795-805.
5. Palace, M., et al., *Necromass in undisturbed and logged forests in the Brazilian Amazon*. *Forest Ecology and Management*, 2007. **238**: p. 309-318.
6. van Wagner, C.E., *The line intersect method in forest fuel sampling*. *Forest Science*, 1968. **24**: p. 469-483.
7. De Vries, P.G., *Sampling Theory for Forest Inventory. A Teach-yourself Course*. 1986, Berlin: Springer-Verlag.
8. Taylor, J.R., *An Introduction to Error Analysis*. 2nd ed. 1997, Sausalito, USA: University Science Books.
9. Palace, M., M. Keller, and H. Silva, *Necromass production: studies in undisturbed and logged Amazon forests*. *Ecological Applications*, 2008. **18**: p. 873-884.
10. Chambers, J.Q., et al., *Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in central Amazon forest*. *Forest Ecology and Management*, 2000. **5348**: p. 1-12.