



***RAINFOR***  
***manual de campo***  
***para a remediação e***  
***estabelecimento de parcelas***

Oliver Phillips, Tim Baker, Ted Feldpausch e Roel Brienen

com contribuições de

Samuel Almeida, Luzmila Arroyo, Gerardo Aymard, Jerome Chave, Nallaret Dávila Cardozo, Kuo-Jung Chao, Niro Higuchi, Eurídice Honorio, Eliana Jiménez, Simon L. Lewis, Jon Lloyd, Gabriela López-González, Yadvinder Malhi, Abel Monteagudo, David Neill, Sandra Patiño, Julie Peacock, Antonio Peña Cruz, Maria Cristina Peñuela, Adriana Prieto, Carlos Quesada, Fredy Ramírez, Michael Schwarz, Javier Silva, Marcos Silveira, Geertje van der Heijden, Rodolfo Vásquez



*Primeira edição, 2001 | Esta edição, 2009*

## **Introdução**

As florestas tropicais da Amazónia são os ecossistemas mais importantes da Terra. Estes constituem aproximadamente 45% das florestas tropicais do mundo, armazenando cerca de um quinto do carbono existente na vegetação terrestre e processando anualmente, através de fotossíntese e respiração, cerca de 3 vezes o carbono que é liberado na atmosfera pela humanidade mediante queima de hidrocarbonetos (Malhi *et al.* 1999, Malhi & Grace 2000). A Amazónia também contribui com uma grande porção de evapotranspiração da superfície global e uma significativa fracção das espécies conhecidas no mundo. Mudanças relativamente pequenas na estrutura e/ou função destas florestas podem ter consequências globais para a biodiversidade, o ciclo do carbono e as mudanças climáticas.

O projecto RAINFOR (The Amazon Forest Inventory Network, Rede Amazónica de Inventários Florestais, Red Amazónica de Inventarios Forestales) é um esforço de utilizar Parcelas Permanentes a longo prazo (PSPs- *Permanent Sample Plots*) para monitorar a biomassa e a dinâmica das florestas, e relacionar esses dados com solos e clima na região de florestas amazónicas. Muitas das parcelas foram estabelecidas no passado para investigar perguntas específicas de ecologia local ou de gestão florestal. No entanto, recompilando e comparando estes estudos a uma escala regional, começa-se a dispor de um novo e completo nível de informação: informação essa que pode fornecer sinais vitais dentro dos mecanismos estudados, e remarcando as respostas actuais dos ecossistemas amazónicos ao clima e o possível futuro da Amazónia frente às mudanças globais.

Os estudos associados com RAINFOR têm os seguintes objectivos:

1. Quantificar as mudanças na biomassa das florestas a longo prazo e a sua dinâmica até a data actual.
2. Relacionar a estrutura actual, a biomassa e a dinâmica das florestas com climas locais e propriedades do solo.
3. Entender a relação entre produtividade, mortalidade e biomassa.
4. Usar as relações de (1) a (3) para entender como as mudanças climáticas podem afectar a biomassa e a produtividade das florestas amazónicas como um todo, e implementar a escala básica dos modelos de dinâmica de carbono.
5. Examinar a variedade da biodiversidade das árvores da Amazónia e a relação com o solo e o clima.

Um dos problemas potenciais com a análise dos dados provenientes de muitas fontes diferentes é o uso de diferentes metodologias em cada sítio. Por isso, o impacto de qualquer mudança metodológica através do tempo necessita ser avaliado antes que as mudanças aparentemente temporais na dinâmica possam ser consideradas como substanciais. Uma componente importante da RAINFOR é a de motivar a discussão de temas metodológicos e padronização dos protocolos de inventários florestais. Para alcançar este objectivo, este manual dispõe de procedimentos para o estabelecimento e remedição de parcelas que foram desenvolvidas durante o trabalho de campo da RAINFOR no Norte do Perú, Bolívia e Equador durante 2001/2002, e inclui algumas pequenas melhorias desde então.

## **Estabelecimento de Parcelas**

### **A. Localização**

A estratégia pan-amazónica dentro da RAINFOR é a de manter parcelas florestais permanentes através de amplitudes edáficas dentro de cada zona climática e grupos de parcelas regionais (Malhi *et al.* 2001). Novas parcelas deveriam ser localizadas aleatoriamente dentro dos estratos geomorfológicos locais, cumprindo com certos critérios logísticos. As novas parcelas devem:

- Estar localizadas sobre solos de material de origem e tipo de solo homogéneos;
- Ter acesso adequado;
- Ter segurança suficiente a longo prazo de perturbação humana;
- Ter apoio institucional a longo prazo.

No entanto, na maioria dos sítios de investigações amazónicas não se conta com mapas exactos de habitat, o que dificulta a obtenção de uma amostra completa e estratificada em larga escala. Similarmente, a escala local, a identificação do estrato geomorfológico é difícil devido ao facto de não existirem mapas precisos de solos. As imagens por satélite ajudam na identificação dos diferentes tipos de vegetação que podem ser encontrados em determinadas áreas, mas alguns problemas com a escala da resolução e falta de validação do terreno limita a capacidade para antecipar com precisão a sua distribuição exacta. A informação proveniente de residentes locais e botânicos que conhecem a área podem ser bastante úteis. As limitações logísticas também são importantes: não é muito prático localizar uma parcela a mais de uma hora do acampamento, e pode ser difícil incorporar uma parcela de 1 hectare numa floresta dissecada por caminhos.

## **B. Posição**

Dentro dos estratos, as parcelas devem ser localizadas aleatoriamente para evitar influências de "floresta majestosa". Se houver mapas disponíveis, a localização das parcelas pode ser aleatoriamente atribuída antes de se ir para o campo. Se não, no campo, pode haver uma tendência para iniciar uma parcela numa parte particularmente "boa" da floresta. Com mapas disponíveis, a posição do ponto de partida da parcela pode ser ao acaso, colocando-o numa direcção aleatória, com uma distância aleatória superior a 20 metros (ou seja, fora do alcance da vista), do ponto de partida original, potencialmente "influenciador".

## **C. Tempo**

Para minimizar os erros causados pela variação no conteúdo de água nos troncos das árvores, entre medições sucessivas, as parcelas devem ser medidas em intervalos durante o ano e em épocas em que há menor variação anual da disponibilidade de água no solo. Para parcelas nas áreas que apresentam severas variações anuais de chuva, devido ao fenómeno do El Niño, a melhor época do ano é durante a época húmida.

## **D. Orientação**

As instruções N/S e E/O para os eixos principais da parcela são os mais convenientes, mas as excentricidades dos estratos locais podem impedi-lo. As orientações dos eixos principais, latitude, longitude e altitude do centro da parcela devem ser registadas. Tome nota se é real ou se usou um norte magnético.

## **E. Forma**

É importante manter a homogeneidade na parcela, daí que a forma do estrato geomorfológico é uma consideração importante. As parcelas quadradas têm limites inferiores: área radial que as parcelas rectangulares, e assim têm menos problemas com decisões quanto à presença ou ausência de árvores, dentro ou fora dos limites da parcela. No entanto, as parcelas rectangulares serão menos afectadas por linhas de corte na parcela, menos susceptíveis a qualquer influência de "floresta madura" e as dinâmicas que se registem estarão menos influenciadas por eventos de queda de uma árvore só. Ambas as formas são usadas dentro da RAINFOR.

## **F. Tamanho**

O coeficiente de variação da área basal aumenta quando o tamanho da amostra da parcela é menor que 0.4ha na Costa Rica (Clark e Clark 2000). 1ha é um tamanho padrão, maior que a típica escala de árvores caídas, mas suficientemente pequeno para amostrar tipos de solos individuais. 20 x 20m é um tamanho conveniente para uma sub-parcela.

## **G. Topografia**

As novas parcelas para amostras dentro do projecto RAINFOR devem ser estabelecidas num hectare de superfície terrestre que requeira alguma flexibilidade nas orientações e distâncias quando se fecha o último lado da parcela. Os limites internos e externos da parcela estão medidos em segmentos de 20m. Em alguns casos, uma projecção plana de 1ha de floresta tem sido usada (Dallmeier 1992, Condit 1998) e as correcções das vertentes foram aplicadas: a distância a ser medida paralelamente ao solo para cada segmento é dada por:

$$d = 20/\cos\theta$$

Onde  $\theta$  é a inclinação da vertente em graus. As parcelas estabelecidas desta maneira tenderão sempre a incluir uma maior área de superfície terrestre e factores de correcção que permitam uma comparação entre as parcelas em relação à superfície do terreno que necessita ser calculada.

## **H. Visibilidade**

A realocização das parcelas tem que ser possível, mas qualquer marca permanente não deve chamar muito à atenção! Nos quatro vértices da parcela é possível colocar estacas de plástico bem enterradas no solo, com aproximadamente 10 cm, visíveis sobre a superfície do solo.

Também seria conveniente colocar estacas a cada 20m em redor das extremidades da parcela, isto é especialmente importante quando há uma intenção séria de monitorar a parcela por um longo período de tempo para reduzir os erros de medição associados aos limites de árvores seleccionadas. Se possível, no momento de colocar as estacas em todos os cantos e a cada 20m, estas devem ser pintadas com tinta de emulsão vermelho para serem facilmente relocadas no futuro.

## **I. Colocação de cordas na parcela**

Este trabalho pode ser realizado por 4 pessoas: 1 pessoa com a bússola, 1 para cortar a corda, 1 para medir a distância e 1 seguindo atrás estendendo a corda.

Delineando com corda a linha de base da parcela e depois cuidadosamente delineando cada sub-parcela, é o método mais preciso para delimitar parcelas.

Qualquer corte deve ser mínimo – lembre-se que quaisquer impactos podem afectar o crescimento das árvores na parcela e a selecção de outras novas a longo prazo.

## **J. Colocação de placas nas árvores**

A colocação de placas e a identificação de árvores pode ser realizado com umas 3 pessoas. Uma pessoa deve identificar a melhor maneira das árvores serem “plaqueadas” e colocar as placas; outra mede e a terceira toma notas e mapeia um mapa aproximado da parcela.

As árvores são incluídas se mais de 50% das suas raízes estiverem dentro da parcela. As árvores devem ser “plaqueadas” sistematicamente, movendo-se em redor de cada sub-parcela, com a última árvore “plaqueada” em cada sub-parcela, perto do ponto de partida da sub-parcela seguinte.

Martele o prego num ângulo ligeiramente descendente, somente o suficiente para que penetre o tronco e fique fixo, mas deixando espaço suficiente para que a árvore possa crescer livremente sem “absorver” a placa. A placa deve estar a 1.60m de altura, ou exactamente a 30cm acima do POM, e sistematicamente colocadas na mesma direcção ao longo da sub-parcela. É útil marcar uma linha de 30cm no martelo, para que este possa ser utilizado para medir 30 cm sobre o POM para colocar a placa. Em parcelas quadradas de 100 x 100m é útil “plaquear” cada linha sucessiva de sub-parcelas, num lado diferente das árvores, uma vez que isto ajuda a identificar as linhas internas da parcela em futuras ocasiões. Os pregos de ferro são necessários para árvores com madeira externa dura (por ex. palmeiras). Nota:

- As árvores recém-quebradas ou as árvores decíduas podem estar completamente sem folhas, por isso verifique cuidadosamente: se estas estão vivas e estas devem ser “plaqueadas” se o câmbio por dentro do tronco estiver vivo.
- Árvores com múltiplos troncos são “plaqueadas” unicamente no tronco mais largo que é:  $\geq 10\text{cm}$  de diâmetro a 1,30m de altura. Se dois troncos de uma

mesma espécie estiverem muito próximos um do outro, verifique cuidadosamente se as suas raízes para ver se os troncos estão unidos debaixo do solo.

- As árvores caídas devem ser inspeccionadas cuidadosamente para ver se ainda estão vivas, assim como as que estão também de pé. Devem ser “plaqueadas” a 1,60m da base da árvore.
- “Plaqueie” cada tronco da liana que tenha  $\geq 10\text{cm}$  de diâmetro em qualquer ponto dentro dos 2,5m do solo, do mesmo modo se o diâmetro for  $<10\text{cm}$  medir a 1.30 m de altura. VERIFIQUE CUIDADOSAMENTE PORQUE É MUITO FÁCIL NÃO VÊ-LAS! Cada tronco de liana trepadora que reúna este critério E está enraizado separadamente, deve ser considerado como uma planta individual (mas deve-se inspeccionar cuidadosamente o sitio onde o tronco se conecta com o solo para verificar se está realmente enraizado e não está simplesmente coberto de folhagem). Veja a secção detalhada (L) sobre medições de lianas.

#### **K. Medição de árvores**

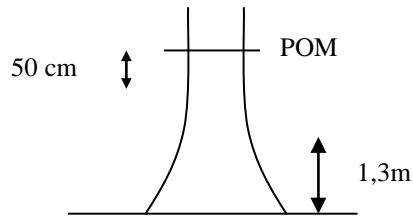
Meça a 1,3m de altura sempre que possível, como o diâmetro padrão de referência de altura (DRH- *Diameter at Reference Height*). Se 1,3m NÃO FOR USADO COMO PONTO DE MEDIDA (“POM”), DE FORMA A EVITAR DISTORÇÕES OU RAÍZES DE SUPORTE, REGISTE A ALTURA DO POM, NO DRH ALTERNATIVO. Use uma vara marcado com 1.3m, pressionando firmemente contra a folhagem no solo mineral perto da árvore, para definir o POM (Swaine et al 1987, Condit 1998). Note que a altura de referência não é a altura vertical acima do solo, mas deve ser medida como a distância em linha recta ao longo do tronco, mesmo que este esteja inclinado ou curvado. Nas parcelas onde as árvores são “plaqueadas” a 1,6m de altura, o POM está localizado a 30 centímetros abaixo da placa, salvo receba indicação de caso contrário.

O ponto de medição exacta deve ser marcado com giz (branco ou amarelo), pelo medidor, e a localização deve ser em seguida pintada com tinta de emulsão (amarela ou vermelha).

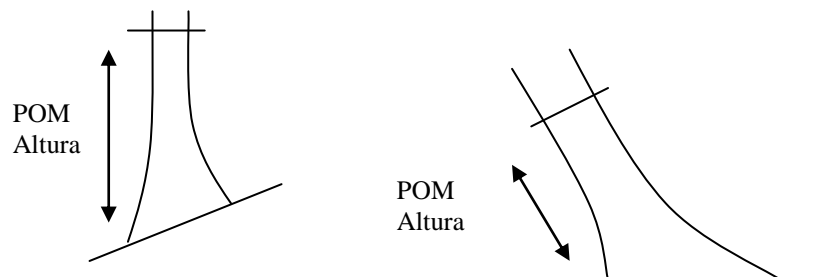
- **Trepadeiras:** A fita diamétrica é passada por baixo de algumas trepadeiras ou raízes sobre o tronco, e em seguida, é movida para trás e para a frente para limpar o POM de restos de tronco solto e detritos. Hemiepífitas, ou lianas que estão entrelaçadas no tronco deverão ser levantadas e não cortadas. Em casos raros, onde as lianas ou estranguladoras estão firmemente agarradas ao tronco

da árvore, o diâmetro pode ser estimado segurando a fita perpendicularmente ao tronco, no POM; ou usando um método óptico (veja abaixo).

- **Sapopemas:** Se a árvore apresenta sapopemas a 1.3m de altura meça o tronco a 50 cm acima do topo da sapopema (Condit 1998). Registre a altura do POM.



- **Deformações:** Se a árvore apresenta uma grande deformidade no tronco a 1,3m de altura, então meça a 2cm abaixo da deformidade (Condit 1998). Registre a altura do POM.
- **Árvores acanaladas:** As árvores que são inteiramente acanaladas devem serem medidas a 1,3m.
- **Declives e árvores caídas ou inclinadas:** O diâmetro da altura de referência (DRH) é sempre calculado do lado mais descendente da árvore, na direção pendente da árvore, e as árvores caídas ou inclinadas são sempre medidas a 1,3m de altura do lado do tronco mais perto do solo. Este procedimento evita confusões em situações comuns, quando as árvores estão num declive e também inclinadas – as árvores geralmente inclinam-se em sentido descendente e estas regras ilustram que não há confusão em relação ao lado da árvore usado para medir o POM. Em árvores caídas é difícil definir com precisão a base do tronco – portanto meça a árvore 30cm abaixo da placa.



- **Árvores com raízes-escora:** Indivíduos com raízes-escora devem ser medidos 50cm acima da raiz-escora mais alta e registrar o POM.
- **Rebrotos:** Em árvores quebradas, mas em pé, ou em indivíduos caídos, o tronco principal e os rebrotos são medidos a 1,3m da base do tronco. Um

indivíduo com rebrotos é incluído somente quando os rebrotos medem mais que 1,3m desde a base do tronco.

- **Múltiplos troncos:** Todos os troncos maiores do que 10cm a 1,3m, são medidos, pintados e registados.
- **Árvores grandes com sapopemas:** As árvores grandes com sapopemas devem ser deixadas pela equipa de medição e medidas separadamente mais tarde: tipicamente leva um dia para duas pessoas medirem as árvores grandes numa parcela. Uma escada é essencial para alcançar o POM de algumas árvores grandes, e em alguns casos 2 escadas poderão ser necessárias para assegurar uma medição precisa. Se o POM não puder ser alcançado, então o diâmetro deve ser medido por um escalador com uma fita métrica ou se for impossível, então deve-se usar uma máquina digital como último recurso. Não recomendamos medições usando o relascópio.

*Para medições com câmara digital:*

Quando o POM não consegue ser alcançado com uma escada ou por um escalador, a máquina digital fornece um método razoável para medir o diâmetro das árvores grandes. Uma foto do tronco da árvore, no POM, é tirada com uma régua ou fita alinhadas horizontalmente. A partir de cada foto, o diâmetro e a escala podem ser medidos em pixels, e o número de pixels por cm pode ser calculado usando um programa de edição de fotos. Este método funciona melhor se um computador portátil também estiver disponível, todas as noites, para fazer o download dos dados digitais e calcular o diâmetro. Desta forma, pode regressar à árvore no dia seguinte, no caso de existirem incertezas.

Registe:

- altura do POM
- altura da câmara
- orientação com bússola da câmara à árvore
- distância horizontal da câmara ao centro da árvore
- longitude da escala de referência
- número da foto
- diâmetro estimado, como referência

O erro é minimizado se: 1) fotografar uma régua ou fita, da mesma medida do diâmetro da árvore. Uma fita velha pode ser cortada e ligada a um ramo ou folha de

palmeira bastante rectos ou esticada entre duas varas; 2) mantendo o ângulo desde a câmara ao POM o mais recto quanto possível. Para isso, as fotos devem ser tiradas à maior distância da árvore quanto possível (pelo menos 5 metros, recomendado 10+m). O máximo zoom possível deve ser usado para garantir que a escala de referência possa ser lida. Usando um alto ISO (por exemplo:  $\geq 800$ ) permite que fotos sejam tiradas sem tripé; 3) Medidas com câmara digital devem ser realizadas no mesmo POM a partir de, pelo menos dois pontos perpendiculares diferentes, devido à assimetria dos troncos, e pintados no mesmo ponto ou lado onde a fotografia foi tirada. A tinta pode ser aplicada colocando um pincel horizontalmente a uma vara longa.

Uma correcção deve ser aplicada a este método óptico uma vez que este estima fraccionadamente abaixo do diâmetro (veja abaixo Correcções para medições ópticas).

## **L. Medição de lianas**

A medição de lianas é um desafio especial nos estudos a longo prazo de parcelas permanentes. Desenvolvemos uma variedade de protocolos para maximizar a comparabilidade a longo prazo em vários locais e em locais individuais ao longo do tempo.

Seleccionar o ponto óptimo de medição (POM) para lianas é particularmente difícil, e não foi bem padronizado ainda dificultando as comparações entre diferentes grupos de pesquisa. ***O nosso protocolo exige que cada fuste de liana seja medido em três pontos diferentes, para maximizar a comparabilidade ao longo no sítio para atingir uma análise tempo-dependente (crescimento, recrutamento e mortalidade) em todo o grupo de dados da RAINFOR, e noutros estudos globais.***

Nós incluímos qualquer liana ou hemiepífita que atinja 10 centímetros de diâmetro em qualquer ponto ao longo do fuste entre 0 e 2,5m acima do solo. 0 (zero) é definido como o último ponto de enraizamento. Para lianas e hemiepífitas, registre as medidas de diâmetro em três pontos:

- (1) a 1,30m ao longo do fuste desde o último ponto de enraizamento (=“d1.3largo”)
- (2) a 1,30m verticalmente acima do solo (em alguns casos: 30cm abaixo do prego nas parcelas onde as plantas foram plaqueadas a 1,6m), (= “d1.3altura”)
- (3) e TAMBÉM no ponto mais largo do fuste a 2,5m do solo (=“dmax”), incluindo qualquer deformidade.

Por favor verifique cuidadosamente qual o ponto máximo de diâmetro – em lianas este ponto está geralmente próximo do solo ou dum nó na ramificação onde um crescimento anómalo pode ser maioritariamente marcado. Descreva nas notas com precisão, o ponto de medição de diâmetro máximo (por exemplo, 'perto do solo', '10cm acima da placa', etc.).

Pinte todos os POM com cuidado com pintura de emulsão vermelha, tal como com as árvores. As placas devem estar a um ponto de medição de 30cm acima do POM (130cm verticalmente acima do solo).

Algumas lianas são formadas por vários feixes/"cabos" unidos (por exemplo: algumas Malpighiaceae) com cabos que progressivamente separam a liana à medida que esta envelhece, e cada cabo engrossa; nestes casos, é difícil medir a liana de maneira que permita estimar a longo prazo o aumento do crescimento radial. Para estas lianas, o diâmetro é estimado apertando a fita de diâmetro em torno de todos os cabos adjacentes originados da mesma raiz. Outras lianas são claramente elípticas em secção transversal (alcançando extremos em algumas "escadas-de-macaco" *Bauhinia* spp); estes fustes devem ser medidos de duas formas: convencionalmente (por exemplo, envolvendo a fita à volta do fuste todo) e medindo duas vezes a distância linear de cada uma das dimensões máxima e mínima e tomando a média geométrica. Seguindo estas convenções, cada liana que alcance  $\geq 10,0$  cm  $d_{max}$  deve ser plaqueada e medida.

Fora isso, podem aparecer dificuldades em decidir onde termina uma liana e onde começa a outra. Deste modo, algumas vezes as lianas estão conectadas uma às outras por debaixo do solo, e isto pode ser muito difícil de estabelecer. Portanto, para facilitar o procedimento, aplicamos o critério que qualquer fuste trepador que entre completamente no solo conta como uma planta independente (= um "apparent genet"). Em caso de dúvida, plaqueie o fuste e comente que pode ser que faça parte de outro fuste já plaqueado. Algumas lianas ramificam-se acima do solo, e nestes casos, cada fuste que se ramifique dentro dos 2,5m de distância vertical do solo e que alcance  $\geq 10$  cm  $d_{max}$ , é medido (como todas as árvores que se ramificam a  $\leq 1,30$ m). Em prática, é extremamente raro que a ramificação de uma liana tenha duas ou mais ramificações  $\geq 10$ cm de diâmetro (em média na Amazônia isto ocorre com uma frequência de  $< 0.1$  por ha).

Para cada fuste de liana (ou ramos ascendentes se é que existe mais do que um), anote o número da árvore(s) em que a copa da liana está, e registre também o número da árvore cuja copa está mais afectada pela liana. O propósito disto é gerar

estimações simples e comparáveis de interações de liana/árvore (por exemplo: estimar até que ponto a infestação por lianas pode aumentar a probabilidade de morte da árvore). Se a árvore que suporta a liana está fora da parcela, não deve ter número, neste caso, o diâmetro da árvore deve ser medido directamente (fita) ou visualmente (método da câmara digital).

## **M. Registo de dados**

Em resumo, os seguintes detalhes devem de ser registados:

### *Árvores:*

- Número da sub-parcela
- Coordenadas X e Y estimadas da parte esquerda inferior da parcela
- Diâmetro a altura de referência (DRH), geralmente 1,3m
- POM, se for diferente de 1,3m
- Escada, ou câmara digital usados
- Forma do tronco (ver apêndice 1 para verificar os códigos)

As medidas múltiplas de árvores com sapopemas devem ser colocadas na mesma linha da ficha de dados, para facilitar a conversão dos valores de Área Basal (AB) e dos registos de troncos individuais para calcular níveis de mortalidade, etc. Medições de árvores com múltiplos troncos são colocadas em linhas separadas. Medições com câmara digital são colocadas em fichas separadas, codificadas em fichas de campo originais.

### *Lianas:*

- Diâmetro a 1,3m ao longo do fuste
- Diâmetro a 1,3m de altura vertical
- Diâmetro máximo a qual nível abaixo de 2,5m
- Árvore(s) em que o dossel da liana está
- Árvore mais afectada pelo dossel da liana

### Sub-parcela

- Esboço do mapa de localização das árvores
- Até aos limites das subparcelas
- Textura do solo e drenagem

### Parcela

- Latitude / Longitude
- Elevação (Altitude)

- Orientação dos limites da parcela
- Marcas locais para ajudar na realocização das parcelas
- Profundidade de enraizamento: para árvores caídas – avaliar a profundidade da área de enraizamento, profundidade da raiz mais profunda; registar se tem uma raiz perpendicular, e qual o diâmetro da raiz perpendicular. Registar a espécie e o DHR da árvore caída, e a sua posição topográfica.

## **N. Altura do tronco principal e altura total da árvore**

Adicionalmente, a altura das árvores deverá ser medida para estabelecer a relação de diâmetro/altura da parcela para construir modelos exactos dos volumes de cada árvore para cada parcela, e testar se a forma da árvore difere em parcelas consoante as diferentes condições ambientais. O objectivo é caracterizar a curva "ideal" altura/diâmetro a partir de condições climáticas e edáficas, e não incluir a influência de árvores danificadas. Três métodos principais são utilizados para medir a altura da árvore: hipsómetro mecânico, hipsómetro eléctrico e laser. Um sistema ultra-sónico de medição de distância com hipsómetros eléctricos (por exemplo, Haglöf Vertex) aumenta o número de árvores que podem ser medidas num dia. O laser pode ser accionado verticalmente para dentro da copa, a partir de vários pontos directamente abaixo da copa da árvore, e registar e a altura pode ser registada, como a altura do observador mais a distância mais longa do retorno do laser. Uma vantagem do "*laser range finder*" é que é impossível calcular exageradamente a altura das copas altas independentes e as medições são mais rápidas do que com um hipsómetro tradicional.

Excluindo as árvores codificadas como: inclinadas, decompostas, quebradas, bifurcadas abaixo dos 5m, caídas ou com rebrotos, seleccione aleatoriamente das fichas de campo da parcela:

- 10 Indivíduos, 10-20 cm DHR
- 10 Indivíduos, 20-30 cm DHR
- 10 Indivíduos, 30-50 cm DHR
- 10 Indivíduos maiores do que 50 cm DHR.

Para ambos hipsómetros, mecânico e electrónico, de um ponto de observação adequado, (ângulos de aproximadamente 45° até ao primeiro ramo são ideais para minimizar o erro de alguma imprecisão na medição do ângulo):

- O ângulo até à base do primeiro ramo principal (a). Um ramo principal é definido

como um ramo de diâmetro maior a 5 cm, com folhas.

- A distância horizontal deste ponto até ao centro da árvore (x)
- O ângulo até à base do tronco (b).

$$\text{Altura do tronco} = x (\tan(a) + \tan(b)).$$

Para medir a altura total da árvore, “(a)” deve ser substituído pelo ângulo até ao topo da copa.

Se no campo, se estabelece que uma árvore não é adequada (impossível conseguir um ponto de observação adequado, por exemplo), então deve ser usado o tronco mais próximo da classe diamétrica correcta.

### **O. Medições da densidade da madeira**

Uma abordagem rápida para avaliar o nível estabelecido pela densidade da madeira também foi desenvolvida. Esta variável é necessária para atingir uma maior precisão nas medições de biomassa, em comparação com aquelas que são baseadas unicamente na área basal de uma parcela, e pode também ser usada como uma medida funcional de composição de espécies florestais. As medições de densidade da madeira no campo fornecem informações sobre espécies (normalmente “não-madeireiras”) que não tenham sido previamente estudadas.

A partir de ramos cortados da coroa para colectas botânicas ou para análise foliar de nutrientes, recolha amostras de 10 cm de comprimento, de pelo menos 1,5cm de diâmetro, e armazene as amostras em sacos plásticos. Ao final da tarde, meça o diâmetro máximo e mínimo de cada extremidade da amostra, medido a 0,1 mm com calibradores. Quando as medições não são possíveis logo após a amostragem, o “volume” fresco é medido depois de uma re-hidratação das amostras em água durante a noite. Seque as amostras ao ar livre no campo (se forem mantidas nos sacos plásticos, fungos começarão a crescer). Secar as amostras durante a noite num secador de herbário. A densidade é calculada como o peso seco sobre o volume fresco. Registe a massa da amostra a 0,01g.

### **P. Colecção botânica**

Para parcelas novas, todos os indivíduos que não possam ser identificados como espécies no campo com 100% de confiança necessitam ser recolhidos. As amostras

devem ser prensadas e transportadas para os herbários relevantes. As morfoespécies duplicadas devem ser identificadas no campo para evitar que se façam recolhas desnecessárias. A recolha botânica, a identificação e a conservação de espécimes são processos especializados e demorados. Para permitir comparações entre-sítios e comparações longitudinais em-sítios de padrões florísticos e mudanças requer planificação, investimento e envolvimento a longo prazo de botânicos. Aqui simplesmente apontamos para estes aspectos, mas não tentamos cobri-los em detalhe. Desenvolvimentos na área de herbários digitais (por exemplo: Atrium: <http://atrium.andesamazon.org/index.php>) e codificação de barras de DNA (por exemplo: Bridge: <http://ecofog.cirad.fr/Bridge/>) estão ajudando a melhorar a precisão no uso coerente dos conceitos de espécies, mas cuidado ao recolher colectas botânicas permanecerá um atributo essencial na monitorização da biodiversidade a longo prazo.

**Q. Sugestão de tempo e pessoal para uma nova parcela de 1-ha**

Localização e colocação de cordas na parcela: 3-4 pessoas, 2 dias

Plaqueamento de árvores, pintura, mapeamento e medição: 4 pessoas, 3 dias

Medição de árvores grandes e da altura das árvores: 2 pessoas, 1 dia e meio

Topografia: 2 pessoas, ½ dia

Recolha botânica: 2-3 pessoas, 10 dias [assumindo um conhecimento médio prévio e média de alfa-diversidade amazónica, 150-200 espécies por ha]

Total ~48 pessoas-dia

Pode que seja necessário fixar algum tempo adicional para atrasos significativos devido à chuva, pausas para descanso e lazer da equipa de trabalho de campo e circunstâncias imprevistas. O tempo de recolhas botânicas é muito variável, sendo sensível às dificuldades (número de espécies), condições climáticas, e às capacidades físicas e conhecimento técnico da equipa.

## **Remedição da parcela**

### **A. Colocação das cordas**

Para realocar parcelas previamente estabelecidas, coloque cordas ao longo das margens da parcela, usando a orientação e a localização de árvores previamente “plaqueada” para ajudar a definir as margens da parcela e, onde se possam colocar estacas de delimitação. Isto é bastante simples, quando a sub-floresta é clara e a maioria das árvores ainda têm as suas placas, mas perde-se muito tempo, quando certas árvores perderam as suas placas e/ou quando as margens das parcelas estejam árvores caídas. O uso de um mapa das árvores previamente desenhado, poderá ajudar. O registo das orientações dos limites da parcela usando uma bússola, obviamente também são uma ajuda, mas lembre-se que, pequenos desvios na orientação podem resultar na exclusão incorrecta ou inclusão de um número maior de árvores que crescem próximo dos limites da parcela. Se seguir as orientações, vá verificando que a corda não exclui nenhuma árvore previamente “plaqueada” ou inclua árvores grandes que obviamente nunca foram “plaqueadas”. Estenda a corda ao longo de cada sub-parcela e siga a sequência de números antigos.

### **B. Medição de árvores e lianas**

Uma pessoa toma notas da informação das árvores na parcela, num caderno com papel resistente a água. O anotador deve usar um mapa qualquer que contenha a posição das árvores, se houver um disponível. Os mapas feitos à mão não são tão precisos, mas são suficientes para dar uma ideia da posição das árvores, em caso da equipa de medição não as conseguir localizar.

Os mesmos protocolos de medição devem ser usados como acima referido. Quando as árvores são remedidas, se o topo das sapopemas cresceu dentro dos 30cm da marca inicial de POM, para além de medir ao nível do POM original, meça o diâmetro 50cm acima do primeiro POM e pinte o novo POM - e não o antigo. Descarte os POMs abaixo, uma vez que as sapopemas tendem a prolongar-se sobre eles com o tempo. Este procedimento assegura que haja sempre medições coerentes de crescimento de diâmetro sem sapopemas.

### C. Lidando com árvores com sapopemas

Em situações em que as parcelas foram estabelecidas usando diferentes protocolos, podem existir problemas com as medições das árvores com sapopemas. Temos desenvolvido diversas abordagens com o objectivo de obter estimações imparciais, acima das sapopemas, da área basal da parcela e crescimento. A abordagem usada depende se as medições prévias foram “boas” ou “más”, e no crescimento subsequente da árvore.

#### Guia de campo para a Alteração de POM

Tipo de alteração de POM	Medida prévia	Medição actual	Protocolo de Campo	D1	D2	Comentários na ficha de campo
<u>Alteração de POM sem sapopemas:</u>	“Boa”: acima de sapopemas e POM registado	Afectada pela forma de tronco irregular, danos no tronco, etc.	<u>2 medidas:</u> i) no POM original (D2 escrito nos comentários); ii) acima da deformidade (D1); pintar novo POM	D@ POM acima do dano/deformidade	D@ POM original	escreva "previamente D@POM ( <u>tronco irregular, tronco danificado</u> , etc.)"
<u>Alteração de POM Antecipada:</u>	“Boa”: acima de sapopemas e POM registado	Medida actual “Boa”, mas perto da sapopema (<50cm)	<u>2 medidas:</u> i) no POM original (D1); ii) acima de sapopemas no novo POM (escreva nos <u>comentários</u> como futura medida); pintar <u>futuro</u> POM	D@ POM original	=D1	escreva "Futuro POM: D@POM (POM actual OK)"
<u>Alteração de POM Standard:</u>	“Boa”: acima de sapopemas e POM registado	POM ligeiramente afectado por pequenas sapopemas	<u>2 medidas:</u> i) no POM original (D2 escrito nos comentários); ii) acima de sapopemas (D1); pintar novo POM	D@ POM acima de sapopemas	D@ POM original	escreva "previamente D@POM (sapopema <u>pequena, intermédia ou grande</u> )"
<u>Alteração de POM Má:</u>	“Má”: à volta de sapopemas, ou diâmetro estimado em POM conhecido	POM muito afectado por grandes sapopemas	<u>2 medidas:</u> i) no POM original (D2 escrito nos comentários); ii) acima de sapopemas (D1); pintar novo POM	D@ POM acima de sapopemas	D@ POM original	escreva "previamente D@POM (sapopema <u>pequena, intermédia ou grande</u> )"
<u>Alteração de POM Desconhecida:</u>	POM não registado ou diâmetro estimado	“Boa”: acima de sapopemas e POM registado	<u>1 medida:</u> acima da sapopema; pintar novo POM	D@ POM acima de sapopemas	=D1	escreva "previamente POM desconhecido" e/ou "D previamente estimado"

Nota: Sistema de anotação para fichas de campo:

(O) Medições circulares para verificação

(v/OK) Assinalar/OK para indicar que medições prévias ou actuais estão OK

(X) Anular medição para indicar que a medição prévia não é de confiança

(?) Medição prévia duvidosa/questionável

(@) Significa “at” – “a”

Actualmente estamos desenvolvendo outras sugestões e análises acerca de como abordar a dificuldade de obter estimativas precisas de crescimento a longo prazo de árvores, cujo POM é alterado (López-González et al., em preparação).

#### **D. Mortalidade e recrutamento**

Para árvores mortas, registre o modo de morte do seguinte modo - caída, partida, de pé (por exemplo: com os ramos intactos).

Existem códigos padrões da RAINFOR para registrar as condições das árvores (vivas ou mortas). Ver Apêndice 1.

Quando se faz o recenseamento, duas pessoas devem remedir as árvores e carregar os pregos, placas e um martelo, e “plaquear” novas recrutadas à medida que são encontrados. Dê o número da placa mais próxima e adicione A, B, etc. para manter o padrão espacial. Marque claramente as árvores novas não-identificáveis (recrutadas) com uma fita colorida rosa ou laranja para mais tarde recolher uma amostra botânica.

#### **E. Detectando erros**

*Pense nas medidas à medida que as regista:* As fichas de dados das parcelas proporcionam muita informação acerca de árvores individuais, por exemplo: tamanho, taxón, e ‘traumas’ prévios (por exemplo: ‘viva, partida’), os quais podem explicar desde quando desapareceram. A história da progressão das medições dá ao anotador dos dados um maior entendimento que pode ser útil (como por exemplo: ajuda a identificar imediatamente se a medida nova pode ser um erro – podem alterações incomuns positivas ou negativas no diâmetro serem explicadas por recentes mudanças no ambiente local ou condições das árvores?). No campo, se a medida dita em voz alta mostra um aumento acima da tendência a longo prazo, ou um decréscimo, o anotador deve perguntar ao medidor para remedir a árvore imediatamente para verificar. A pessoa que anota deve verificar cuidadosamente que nenhuma árvore tenha sido deixada por medir, particularmente árvores caídas. Quando se realiza o recenseamento tente seguir a sequência espacial de números antigos se possível: isto facilita saber qual os números antigos de árvores que perderam as suas placas.

## **F. Sugestões de tempo e pessoal requerido para o recenseamento de parcela de 1-ha**

Localização e colocação de cordas na parcela: 3 pessoas, 0.5 dia

Plaqueamento de árvores, pintura e medição: 4 pessoas, 2 dias

Árvores grandes: 2 pessoas, 1 dia

Recolha botânica de novos recrutados: 1-2 pessoas, 1 dias (menos em árvores de baixa densidade)

Total ~13 pessoas-dia

Pode que seja necessário fixar algum tempo adicional para atrasos significativos devido à chuva, pausas para descanso e lazer da equipa de trabalho de campo e circunstâncias imprevistas. O tempo de recolhas botânicas é muito variável, sendo sensível às dificuldades (número de espécies), condições climáticas, e às capacidades físicas e conhecimento técnico da equipa.

## **G. Processamento de dados**

Mesmo com procedimentos de campo cuidadosos, podem surgir problemas durante o processamento de dados.

### *Recrutados 'improváveis'*

Ocasionalmente, árvores relativamente grandes de espécies de crescimento lento podem 'aparecer' na parcela. Nós assumimos que estas árvores não foram registadas no censo prévio e calculamos o seu DHR prévio usando a mediana da taxa de crescimento das classes de tamanho adequado (10-20, 20-40 e 40+ cm).

### *Dados inexistentes*

Use interpolação linear para estimar os diâmetros das árvores que não tenham sido registadas durante os censos intermédios.

### *Crescimento anormal*

Corrija erros óbvios nos dados de censos prévios no campo. Frequentemente, medições incorrectas podem ser observadas quando uma parcela tem sido recenseada várias vezes, como medições estranhas numa sequência até aí estável. Nestes casos usamos valores interpolados.

Em todos os casos, deve-se manter um registo das medições originais, o erro presumido e a correcção usada. A base de dados Forest Plots inclui facilidades para o registo de todas estas manipulações de dados (ver à parte o manual da base de dados).

Organização dos dados da parcela, um ficheiro Excel por parcela

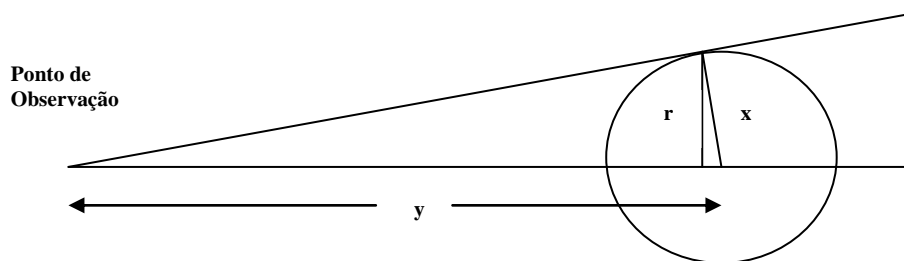
**Folha de Excel:** 3 folhas de trabalho por arquivo, fornecendo detalhes da árvore, liana e sítio.

**Colunas** As folhas para árvores e lianas contêm informação acerca da parcela e o número de troncos, taxonomia, todas as medições de diâmetro e o ponto de medida (POM). Onde se tenham feito duas medições de diâmetro num tronco só, devido ao crescimento de sapopemas sobre o POM original, este dado é incluído numa coluna separada (DDRH2 (2) e POM (2)). A coluna com notas do campo inclui observações úteis no campo (inclinação, forma alargada, etc.); a coluna de notas de dados inclui detalhes de qualquer manipulação dos dados nesse tronco (dados que faltam interpolados, etc.)

**Linhas** Uma linha por tronco. Cada tronco de indivíduos com múltiplos troncos ocupa uma linha.

**H. Correção para medições ópticas com câmara digital do diâmetro da árvore**

As medições ópticas do diâmetro da árvore subestimam o diâmetro verdadeiro:



Onde  $x$  = raio verdadeiro,  $r$  = raio medido, e  $y$  = distância do ponto de observação ao ponto de medição da árvore (=  $a / \cos\alpha$ , onde  $a$  é a distância horizontal ao centro da árvore, e  $\alpha$  = ângulo de elevação desde o ponto de observação ao ponto de medição na árvore). Assumindo que a secção transversal do tronco é circular ao longo da linha de vista, o raio verdadeiro é dado por:

$$x = (0.5 * (y^2 - (y^4 - 4r^2y^2)^{1/2}))^{1/2}$$

Tipicamente, o erro é aproximadamente 0.5% do diâmetro medido. Este aumenta com tamanho da árvore e diminui com distâncias maiores entre a árvore e o ponto de observação.

## **Referências**

Clark, D.B. and Clark, D.A., 2000. Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. *Forest Ecology and Management* 137, 185-198.

Condit, R., 1998. *Tropical forest census plots*. Springer Verlag, Berlin.

Dallmeier, F., 1992. Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas. UNESCO, Paris.

López-Gonzalez, G., Lewis, S.L., Baker T.R., Graham, A.W., Hilbert D.W., Monteagudo Mendoza, A., Peacock, J., Swaine, M.D., Vásquez Martínez, R., and Phillips, O.L. Trees with point of measurement changes: implications and practical methods for reducing bias when calculating growth, basal area, and biomass from long-term forest plot data. In preparation 2008.

Malhi, Y., Phillips, O.L., Baker, T., Almeida, S., Fredericksen, T., Grace, J., Higuchi, N., Killeen, T., Laurance, W.L., Leão, C., Lloyd, J., Meir, P., Monteagudo, A., Neill, D., Núñez Vargas, P., Panfil, S., Pitman, N., Rudas LI, A., Salamão, R., Saleska, S., Silva, N., Silveira, M., Sombroek, W.G., Valencia, R., Vásquez Martínez, R., Vieira, I. and Vinceti, B., 2001. An international network to understand the biomass and dynamics of Amazonian forests (RAINFOR).(2002, in press) *Journal of Vegetation Science*.

Swaine, M.D., Hall, J.B. and Alexander, I.J., 1987. Tree population dynamics at Kade, Ghana (1968-1982). *Journal of Tropical Ecology* 3, 33 1-345.

Veillon, J.P. 1985. El crecimiento de algunos bosques naturales de Venezuela en relacion con los parametros del medio ambiente. *Revista Forestal Venezolana* 29, 5-121.

**APÉNDICE 1: Códigos RAINFOR de árvores para o Trabalho de Campo e para a Base de Dados**

**FLAG 1: CONDIÇÕES DA ÁRVORE VIVA (Se a árvore estiver morta, escreva “0” nesta coluna)**

- a=** Viva normal, deve ser usado este código por si só, a menos que uma árvore seja um recruta ou uma árvore normal com múltiplos troncos (Veja o código 'n' e o código 'h').
- b=** Viva, tronco quebrado e com rebrota, ou pelo menos com floema/xilema. Anote na coluna de comentários a que altura a árvore está quebrada.
- c=** Viva, inclinada  $\geq 10\%$ . O código de inclinada não deve ser usado com o código de caída 'd'.
- d=** Viva, caída (por ex. no chão)
- e=** Viva, árvore acanalada e/ou fenestrada
- f=** Viva, oca
- g=** Viva, podre
- h=** Árvore com múltiplos talos (cada talo com mais de 99mm recebe um número único). Deverá ser sempre acompanhado por outro código – por ex., se a árvore for normal e com troncos múltiplos, utilize 'ah', etc.
- i=** Viva, sem ou com poucas folhas
- j=** Viva, queimada
- k=** Viva, quebrada  $< 1,3\text{m}$  (portanto, o diâmetro a  $1,3\text{m}$  é 0mm)
- l=** Viva, tem liana  $\geq 10\text{cm}$  de diâmetro no talo ou na copa
- m=** Coberta por lianas. Use somente quando pelo menos 50% da copa da árvore está coberta por lianas, mesmo quando uma liana individual não chega a 10cm de diâmetro.
- n=** Novo recruta. Use sempre com outro código - por ex., se a árvore for normal e nova, então use o código 'an'; se a árvore estiver quebrada e for um novo recruta, o código será 'bn'.
- o=** Sofreu danos causados por um raio
- p=** Cortada
- q=** Casca solta/a descamar
- s=** Tem um estrangulador
- t=** É um estrangulador. Escreva também “estrangulador” na coluna dos comentários.
- z=** Viva, com baixa produtividade (quase morta ou morta)

**Nota:** Os códigos de *Condição da Árvore Viva* podem ser usados em conjunto em qualquer combinação. Os únicos códigos de exceção são: 'a', 'c' e 'd'. Por favor leia as notas quando usar estes códigos!

Desenvolvido em 2005, 2006 e 2007 por participantes da RAINFOR (Oliver Phillips, Tim Baker, Kuo-Jung Chao, Eliana Jimenez, Simon Lewis, Jon Lloyd, Julie Peacock, Gabriela Lopez-Gonzalez, Ted Feldpausch)

Questões: [o.phillips@leeds.ac.uk](mailto:o.phillips@leeds.ac.uk)

**FLAG 2: MORTE DA ÁRVORE (Escreva/Insira "1" na coluna Flag2 se a árvore estiver viva)**

**1) Mecanismo Físico da Mortalidade (Como morreu a árvore?)**

- a= Morta em pé
- b= Quebrada (tronco partido)
- c= Desenraizada (raiz virada para cima)
- d= Morta em pé ou quebrada, provavelmente morreu em pé (não desenraizada)
- e= Morta em pé ou quebrada, provavelmente morreu quebrada (não desenraizada)
- f= Morta em pé ou quebrada (não desenraizada)
- g= Quebrada ou desenraizada, provavelmente desenraizada
- h= Quebrada ou desenraizada, provavelmente quebrada
- i= Quebrada ou desenraizada (não em pé)
- k= Desaparecida (localização encontrada, procurámos a árvore, mas não a encontramos)
- l= Assumida morta (localização da árvore não encontrada, por ex. por problemas de falta de coordenadas, mapas pobres, etc.)
- m= Não se sabe como

**2) Número de Árvores no Evento de Mortalidade**

- p= Morreu sozinha
- q= Morreu num evento de morte múltipla
- r= Não se sabe

**3) Matou ou Foi Morta**

- j= Antropogénica
- n= Queimada
- o= Raio
- s= Não se sabe se foi morta ou se matou outras árvores
- t= "Assassina"
- u= Morta por outra árvore, não se sabe mais
- v= Morta por outra árvore que morreu quebrada
- w= Morta por outra árvore que morreu desenraizada
- x= Morta por ramos caídos de uma árvore que morreu em pé
- y= Morta por ramos caídos de uma árvore viva
- z= Morta por estrangulador
- 2= Morta por liana
- 3= Morta por peso de estrangulador / liana [a árvore morreu quebrada ou caída]
- 4= Morta por competição com estrangulador / liana [a árvore morreu em pé]

**Nota:** Selecione um código de cada uma das categorias. Por ex. uma árvore que está em pé, morreu sozinha e foi morta por um raio seria: 'apo'.

No caso de mortes múltiplas, o n.º de árvores que morreram deve ser registado e anotado na **coluna dos comentários**.

No caso de árvores quebradas, a altura da quebra deve ser registada na **coluna dos comentários**.

**Flag 3: Técnica de Medição**

- 0= Medição normal, com fita métrica
- 1= Relascópio
- 2= Máquina fotográfica digital
- 3= Estimada (a olho)
- 4= Escadote, com fita de diâmetro
- 5= Desconhecida

**Flag 4: Alteração de Dados**

- 0= Medição normal (sem modificação retrospectiva)
- 1= Medição extrapolada a partir de medições anteriores ou posteriores
- 2= Medição corrigida no seguimento de um erro tipográfico
- 3= Medição interpolada (medição incorrecta numa sequência de medições correctas)
- 4= Medições estimadas usando taxas de crescimento médias
- 6= O ponto de medição teve de ser alterado - medição anterior correcta
- 7= Taxa de crescimento considerada nula
- 8= Outra transformação - veja notas/ alteração dos dados não explícita
- R= Correção usando a proporção entre uma medição não-afectada e uma medição afectada (ex. por deformação, casca solta)

**Nota:** Somente uma técnica de medição e um código de alteração de dados deve ser seleccionado para cada árvore.

**Comentário:** Tudo o resto! Se uma árvore estiver fora da parcela, insira nos comentários, mas não nos dados do censo.

**APENDICE 2: KEY to the mode of tree death (Kuo-Jung Chao)**

- 1A. Standing with fine dead branches (< 10 cm), and no resprouts in the main trunk ..... *died standing (code: a)*
  
- 1B. Standing stump without fine dead branches and with main trunk on the ground ..... **2**
  - 2a. Stump with dead resprout(s) < 5 cm ..... *died broken (code: b, also note broken height by m)*
  - 2b. Stump without resprouts or with dead resprout(s) > 5 cm ..... **3**
    - 3a. Trunks scattered around with no specific coherent direction ..... *died standing (then broken afterward) (code: a)*
    - 3b. Only with one main trunk on the ground, or a few but with one coherent direction ..... **4**
      - 4a. Vegetation damage noticeable and the fallen trunk with intact dead fine / crown branches (< 10 cm, not resprouts), the trunk on the ground is still hard, and/or the standing stump with jagged end ..... *died broken (code: b, also note broken height by m)*
      - 4b. Vegetation damage not noticeable and the fallen trunk without fine / crown branches, the fallen trunk with fungi perpendicular to the ground, and/or the end of the stump is somewhat smooth/ soft ..... *died standing (then broken afterward) (code: a)*
  
- 1C. Fallen trunk on the ground without obvious stump ..... **2**
  - 2a Root bole partially or wholly raised ('tip-up') and with some soil exposed ..... *died uprooted (code c)*
  - 2a Root bole not raised ..... **3**
    - 3a Vegetation damage noticeable, with fine branches, and/or with resprout(s) ..... *broken at 0 m (code b, note broken height at 0 m)*
    - 3b Vegetation damage not noticeable, roots in advanced decomposition stage, and/or with fungi perpendicular to the ground ..... *died standing, roots decomposed, and then fallen (e.g., palm trees) (code: a)*

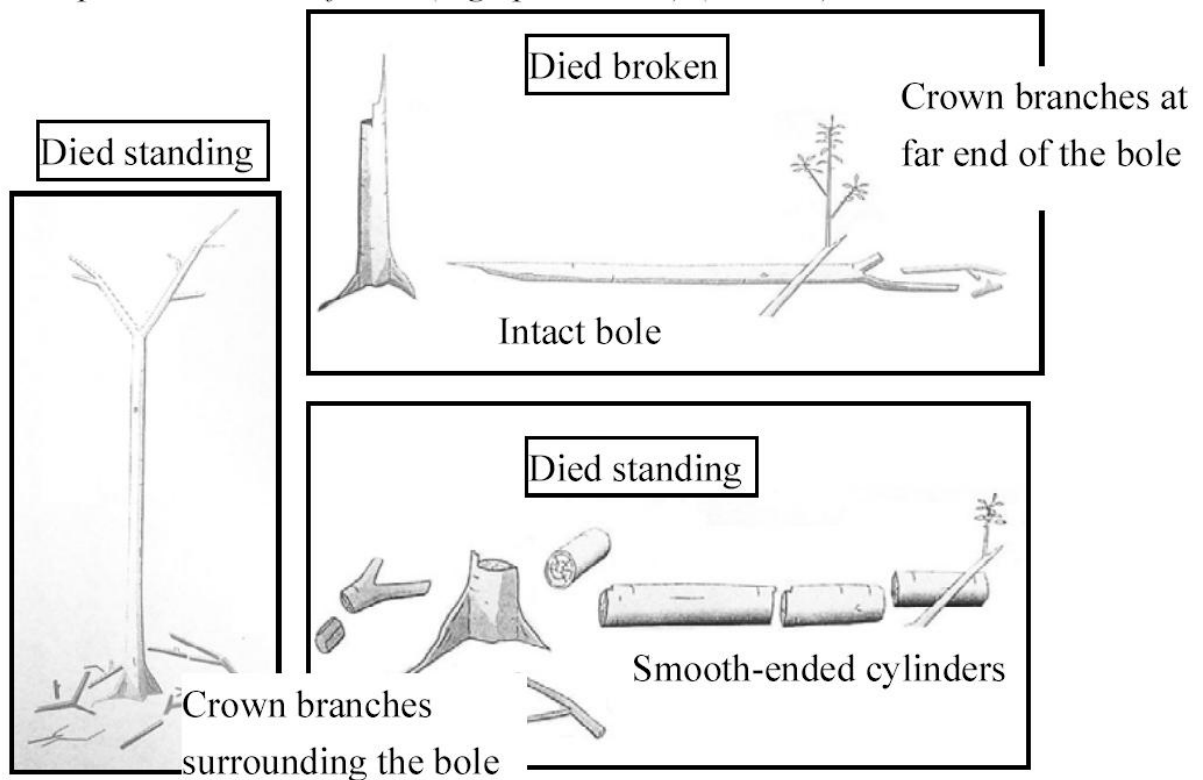


Figure from Gale (1997)