

**Ministério da Ciência e Tecnologia
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Programa de Pesquisa em Biodiversidade
PPBio Amazônia**



PROTOCOLO NECROMASSA:

ESTOQUE E PRODUÇÃO DE LITEIRA GROSSA ⁽¹⁾

Reinaldo Imbrozio Barbosa
INPA/CPEC - PPBio/NR-RR

Luis Felipe Santos Gonçalves da Silva
Mestrando - UFRR/PRONAT

Claymir de Oliveira Cavalcante
Mestrando - UFRR/PRONAT

**Boa Vista – Roraima
Dezembro/2009**

¹ Testado nas grades da ESEC Maracá e do PARNA Viruá entre 2007 e 2008 como parte da dissertação de mestrado do segundo autor.

1. INTRODUÇÃO

Necromassa é definida como toda a massa morta presente em ecossistemas naturais ou antropogênicos, expressa em unidade de peso seco por unidade de área (Brown, 1997, modificado da definição de “biomassa”). No caso de florestas, a necromassa pode ser dividida em duas categorias: (a) árvores mortas em pé e (b) material vegetal morto estabelecido sobre o solo (Harmon et al., 1986). Esta última categoria ainda pode ser dividida em duas subcategorias: (b.i) liteira fina - folhas, gravetos e galhos finos com diâmetro (\emptyset) inferior a 2 cm e (b.ii) liteira grossa - galhos e troncos com $\emptyset \geq 2$ cm (peças intermediárias = $2 \text{ cm} < \emptyset \leq 10 \text{ cm}$ e peças grossas = $\emptyset > 10 \text{ cm}$) (Pauletto, 2006). A liteira grossa é a responsável por grandes estoques de biomassa em sistemas florestais (Harmom & Sexton, 1996).

As estimativas de **estoque (unidade de peso por unidade de área) e produção (unidade de peso por unidade de área e tempo)** de necromassa em ambientes florestais maduros são muito variáveis e dependentes do tipo florestal e das condições ambientais em que ele está estabelecido. Brown (1997) estimou que o estoque deste compartimento florestal pode variar de 5-40% do total de biomassa presente, mas as investigações seguintes indicam que este valor representa cerca de 10-20% (Houghton et al., 2001; Brown, 2002). Em qualquer um dos casos os números são expressivos, e sua contabilização colabora na elucidação de parte do real papel dos sistemas tropicais no ciclo global do carbono, particularmente no tocante ao seqüestro e estoque de carbono nos diferentes compartimentos florestais.

Na Amazônia brasileira, os estudos sobre o estoque de carbono a partir da liteira grossa caída no chão de florestas não-perturbadas de terra-firme são limitados às poucas investigações de Summers (1998) ($42,8 \text{ t C.ha}^{-1}$); Rice et al. (2004) ($48,0 \text{ t C.ha}^{-1}$), Keller et al. (2004) ($27,6 \text{ t C.ha}^{-1}$), Pauletto (2006) ($\sim 16,6 \text{ t C.ha}^{-1}$), Gerwing (2002) ($16,5 \text{ t C.ha}^{-1}$), Brown et al. (1995) ($15,0 \text{ t C.ha}^{-1}$) e Scott et al. (1992) ($\sim 2,9 \text{ t C.ha}^{-1}$). Este último realizado na Estação Ecológica de Maracá entre os anos de 1987-88, utilizando 9 parcelas de 5 m^2 (cada), que avaliaram a presença de peças de madeira morta com $\emptyset \geq 2 \text{ cm}$ e árvores mortas em pé com $\text{DAP} \geq 5 \text{ cm}$. Recentemente, Palace et al. (2008) reportaram que a produção anual de liteira (incluindo todas as peças com $\emptyset \geq 2 \text{ cm}$) alcançaria $6,7 \text{ t.ha}^{-1}$ em florestas não-perturbadas e $8,5 \text{ t.ha}^{-1}$ em florestas com baixo impacto de exploração florestal em áreas da Floresta Nacional do Tapajós (Santarém, Pará). São valores superiores às médias determinadas por Pauletto (2006) para áreas não-exploradas do Mato Grosso ($5,7 \text{ t.ha}^{-1}$), e Nascimento & Laurance (2004) e Chambers et al. (2000) para a Amazônia Central, respectivamente com $4,0$ - $6,6 \text{ t.ha}^{-1}$ e $4,2 \text{ t.ha}^{-1}$. Todos estes estudos evidenciam a alta variabilidade do estoque e da produção de necromassa nas diferentes tipologias florestais na Amazônia. Isto reforça a necessidade de ampliação de investigações que contemplem a diversificação de ecossistemas como forma de estabelecer padrões em função de suas variáveis ambientais.

As grades de floresta do PPBio instaladas por toda a Amazônia fornecem dados ambientais completos (análises químicas e físicas do solo, hidrologia, luminosidade, etc) dentro de áreas estabelecidas na meso-escala amostral de 25 km^2 para cada uma delas. Como o desenho experimental permite que 60 km de trilhas cortem diferentes tipos de solo, fitofisionômas e relevo em cada uma das áreas, é possível fazer estimativas médias diferenciadas de produção anual de liteira grossa para cada representação ambiental. Além disto, o uso das parcelas permanentes estabelecidas sistematicamente nas grades auxilia nas estimativas de estoque de necromassa relacionando-o com variáveis ambientais disponibilizadas pelo Programa. Em ambos os casos é possível avançar na construção de modelos de estoque e produção de necromassa florestais mais robustos (incluindo sua variação espacial) para toda a Amazônia. Além disto, modelos de distribuição espacial de mortalidade (agregado, randômico ou uniforme) também podem ser estabelecidos inserindo questões sobre zonas de deposição de material lenhoso e causas da mortalidade (vento, insetos, etc).

2. OBJETIVOS

O objetivo deste protocolo é o de apresentar uma proposta para estimar o estoque e a produção anual de liteira grossa (árvores com diâmetro médio superior a 2 cm), utilizando as

parcelas permanentes e os 60 km de trilhas existentes em cada uma das grades de floresta do PPBio na Amazônia. Como os dados ambientais das grades do PPBio são disponibilizados diretamente no site do Programa, é possível realizar diferentes associações, como (i) relacionar o estoque e a produção de liteira grossa com o gradiente topográfico e (ii) com as fitofisionomias presentes nas grades, além de (iii) estimar o estoque e a produção anual de carbono ou mesmo (iv) a produção individualizada de biomassa morta por espécies e famílias botânicas. Associações com fluxo de nutrientes derivados deste componente da biomassa florestal também podem fazer parte de estudos mais detalhados, dependendo das questões ecológicas estabelecidas por cada grupo de pesquisa.

3. DEFINIÇÕES

Liteira: Neste protocolo será considerado como “liteira grossa” todas as peças de madeira com diâmetro igual ou superior a 2 cm que sejam derivadas de árvores mortas em pé ou que estejam caídas sobre o solo. Neste estudo, este compartimento será dividido entre peças intermediárias ($2\text{ cm} < \varnothing \leq 10\text{ cm}$) e grossas ($\varnothing > 10\text{ cm}$).

Grades: Áreas amostrais de $5\text{ km} \times 5\text{ km}$ (25 km^2) interligadas por trilhas de 1 m de largura distanciadas 1 km entre si (Figura 1). A maioria das grades e módulos do PPBio estão estabelecidos em Unidades de Conservação por toda a Amazônia brasileira, sendo sítios amostrais permanentes, padronizados e baseados no método RAPELD. Esta situação é importante por causa do controle (i) temporal (início e o fim) do sistema amostral e (ii) e para evitar possíveis interferências antrópicas (p. ex. remoção indevida de peças) nas medidas de produção e estoque de liteira grossa.

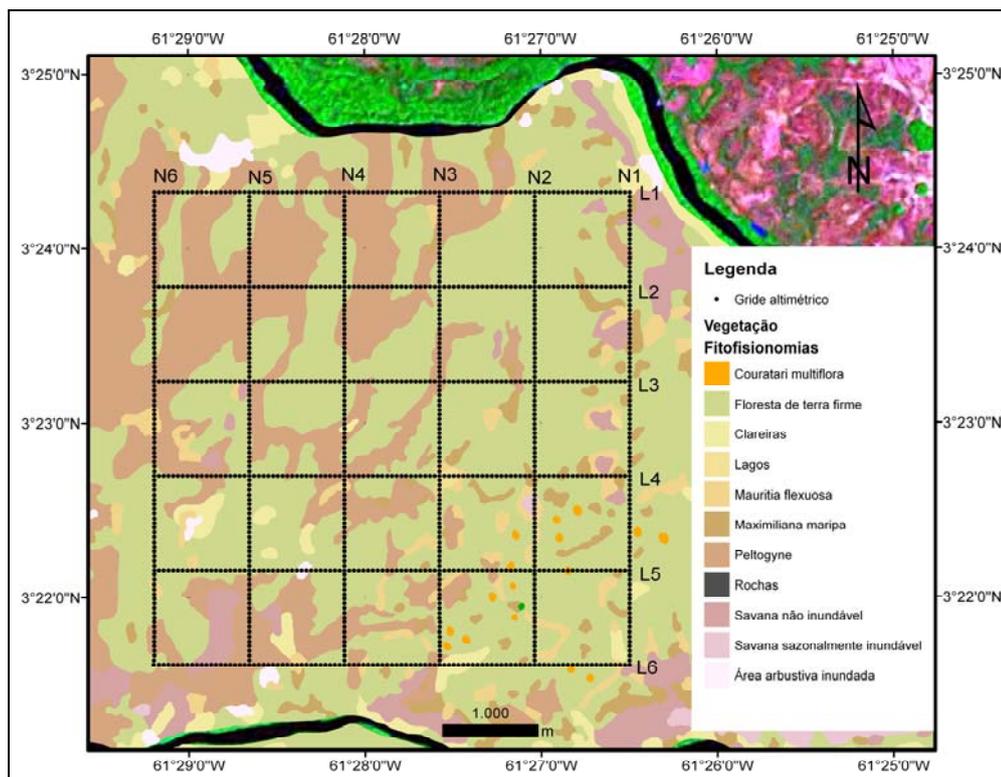


Figura 1 – Grade do PPBio na ESEC Maracá. Mapa temático da classificação da vegetação obtido através de foto aérea e validação em campo realizado por José Fragoso (University of Hawaii) e companheiros na ESEC Maracá, Roraima.

Trilhas: Cada grade possui um sistema de 12 trilhas com 5 km de comprimento cada uma (6 no sentido norte-sul e 6 no leste-oeste). O somatório destas trilhas corresponde a 60 km lineares com 1 m de largura cada.

Parcelas: 30 parcelas permanentes estão estabelecidas de forma padronizada em todas as grades de floresta. Elas estão estabelecidas nas linhas leste-oeste e se distanciam 5 km umas das outras. Todas são estabelecidas seguindo o critério de curvas de nível para assegurar que as variações detectadas dentro da parcela sejam devidas à variabilidade natural do sistema. Neste protocolo elas servem de suporte para o cálculo do estoque de liteira grossa. Elas possuem comprimento de 250 m e não podem ser alteradas por qualquer ação destrutiva para evitar comprometimento em outros estudos. Desta forma, o estoque da liteira grossa pode ser estudado através do método LIS (Line Intersect Sampling) considerando cada parcela uma unidade amostral ($n=1$) representativa da paisagem em que ela está estabelecida.

Unidade Amostral: As trilhas são demarcadas a cada 50 m por marcos. Isto permite estabelecer unidades amostrais de 50 m² (1 m x 50 m), totalizando 1200 unidades amostrais por grade. Neste protocolo estas unidades amostrais são a base para o cálculo da produção anual de liteira grossa. Na maioria dos casos, todas as trilhas das grades do PPBio (e as respectivas unidades amostrais), são facilmente transitáveis ao longo de praticamente todo o ano.

4. AMOSTRAGEM - PRODUÇÃO

O método de amostragem para estimativa da produção anual de liteira grossa consiste em diferentes etapas de campo que envolve desde a exclusão inicial de material lenhoso morto nas trilhas, até a coleta de peças amostrais para determinação da densidade básica (g.cm⁻³) de cada tronco ou galho para ajuste do volume para necromassa.

4.1 Remoção Inicial das Peças (t_0)

Com o intuito de promover um ponto inicial de partida temporal (t_0) para medida da produção de liteira grossa é necessário a exclusão de todo o material caído nas trilhas das grades². Este método foi aplicado por Tritton (1980) e indicado por Harmon et al. (1986) para providenciar estimativas de produção (input) de liteira grossa em áreas intactas. Esta exclusão faz parte do sistema permanente de limpeza das trilhas e deve ser sincronizado com o início do estudo, pois visa remover todas as grandes peças de madeira que caem e impedem o trânsito normal entre elas. Esta limpeza deve ser estabelecida em uma faixa de 50 cm de cada lado da linha central da trilha. O objetivo é o de estabelecer as “**unidades amostrais**” de 1 m de largura por 50 m de comprimento, que é o distanciamento padrão entre marcos que delimitam as trilhas. A remoção das peças deve ser realizada com motosserra e foices de punho, não sendo necessário registrar informações desta exclusão inicial, visto que ela é estabelecida apenas com o intuito garantir que a necromassa existente nas parcelas sejam provenientes apenas do período amostral determinado. É sugerido que se adote um intervalo mínimo final de 12 meses (t_1) para evitar caminhamento de longas distâncias e deslocamento de equipes, para se obter resultados pouco expressivos.

4.2 Medidas das Peças de Madeira

O início das medidas das peças de madeira deve ser precedido pela categorização do tipo de vegetação que cada um dos marcos delimitadores representa. Isto deve ser feito levando em consideração as “subclasses de formação” (floresta ombrófila, campinarana, formação pioneira, etc.) do sistema de classificação da vegetação brasileira (IBGE, 1992). Esta etapa do trabalho serve para estabelecer as relações de distribuição espacial da produção da liteira grossa com o tipo fitofisionômico, visto que cada um dos marcos possui uma coordenada geográfica associada com a sua altitude. Todos os dados de campo devem ser anotados em uma planilha específica definida no Anexo I.

² No estudo realizado em Roraima, as trilhas da grade do PPBio na ESEC Maracá foram limpas entre Outubro-Novembro/2007 e, no PARNA Viruá, em Dezembro/2007. Ambas as remoções foram realizadas com apoio do IBAMA/ICMBio.

Para a amostragem de produção de liteira grossa, no tempo t_1 , devem ser medidas apenas as peças de madeira caídas ao solo ou em pé na forma de árvores mortas com $\varnothing > 10$ cm. O intenso caminhamento pelas trilhas por diferentes equipes e o deslocamento natural que peças menores sofrem o longo do tempo, impede uma estimativa efetiva da produção das peças intermediárias ($2 \text{ cm} < \varnothing \leq 10 \text{ cm}$). A coleta de informações e do material testemunho (amostras) deve ser feita juntamente com a equipe de remoção das peças no período no t_1 . No trabalho de campo serão utilizadas trenas, fitas métricas, motosserra, facão, foice, balanças mecânicas (tipo pesola) e sacolas plásticas para coleta de amostras.

4.2.1. Galhos e Troncos Tombados no Solo

Apenas a parte dos troncos e galhos caídos dentro do perímetro estabelecido por cada unidade amostral deve ser medida (Figura 2). O diâmetro de cada extremidade da peça que toca os dois lados da trilha deve ser medido, ou suas extremidades finais, caso alguma peça pertença à unidade amostral, mas não toque em um ou nos dois lados da trilha. A média da soma das duas medidas deve ser superior a 10 cm (31,4 cm de circunferência). Peças com comprimento inferior a 1 m, mas com diâmetro médio superior a 10 cm devem ser medidas com o mesmo método, caso estejam ocupando espaço dentro da unidade amostral. Da mesma forma, peças situadas ao longo do comprimento da unidade amostral também devem ser medidas com o mesmo protocolo. No caso da peça possuir bifurcações, todos os diâmetros que tocam os extremos da largura da unidade amostral também devem ser medidos e, da mesma forma, devem resultar em uma média superior a 10 cm. **Os diâmetros devem ser medidos seguindo-se a seção transversal da peça, não devendo ser tomado como base o diâmetro linear da peça quando a mesma ultrapassar o limite extremo da unidade amostral.**

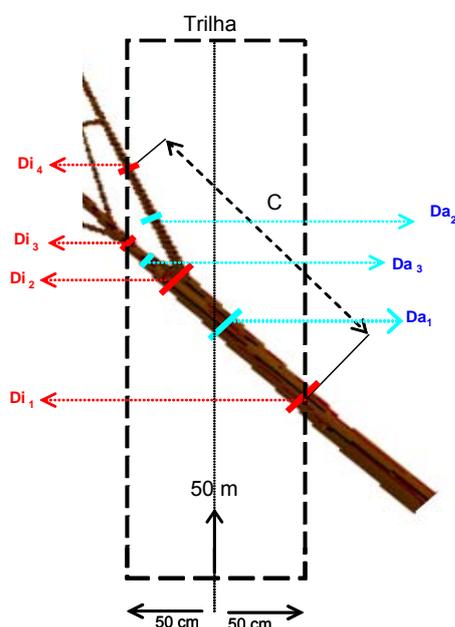


Figura 2 – Esquema amostral para medição das peças de madeira (galhos/troncos) e coleta dos discos amostrais: (i) Di_1 e Di_2 = maior e menor diâmetro da primeira peça de madeira; Di_2 e Di_3 = maior e menor diâmetro da segunda peça de madeira (1ª bifurcação); Di_2 e Di_4 = maior e menor diâmetro da terceira peça de madeira (2ª bifurcação); (ii) Da_1 , Da_2 e Da_3 = local de coleta dos três discos amostrais (obs.: – neste caso, uma única árvore suporta três partes amostrais) e (iii) C = comprimento da peça.

Finalizada esta etapa, o comprimento da(s) peça(s) deve ser medido tomando-se como base as extremidades das mesmas posições de onde foram tomados os diâmetros (Figura 3).



Figura 3 – Medição do comprimento da peça estabelecida dentro do perímetro da unidade amostral.

Após esta tarefa, um disco amostral ou cunha fracionária (metade, um quarto e assim por diante), se a peça for grande demais, deve ser coletado de cada uma das peças medidas, utilizando-se uma motosserra para as peças grandes e pouco fragmentadas, ou um arco de serra para peças menores e/ou fragmentadas (espessura máxima de 2-4 cm) (Figura 4). A amostra (testemunho) deve ser retirada do centro de cada uma das peças, sendo logo em seguida codificada com seu número de campo. Este é o identificador de sua macro-categoria taxonômica (Arecaceae – palmeiras ou Dicotiledôneas – demais árvores e cipós), de seu nome vulgar regional e da localização de sua unidade amostral³. Este testemunho servirá para ajustar todo o volume sólido (m^3) em biomassa ($t.ha^{-1}$) através das estimativas de perda de massa e densidade básica da madeira ($g.cm^{-3}$), como demonstrado no item 4.3. O nome vulgar da espécie de onde foi derivada a peça de madeira deve ser indicado por um parobotânico de campo, preferencialmente com experiência na área de estudo de cada grade. Esta etapa de trabalho é uma tentativa de reconhecer a dinâmica de produção de liteira grossa pelo maior nível taxonômico possível, visto que a identificação sem o material fértil tende a fixar erros que não podem ser detectados com facilidade.

4.2.2. Árvores Mortas em Pé

Para as árvores mortas em pé situadas ao longo das trilhas será medido o DAP (diâmetro à altura do peito) e a altura total do fuste residual. Quando não for possível acessar o DAP (tocos de madeira com altura inferior a 1,30m), então deverá ser tomado o diâmetro central da distância entre o solo e a ponta superior do resíduo do indivíduo morto. Árvores parcialmente situadas dentro da parcela deverão sofrer um processo alternativo de medição, estimando-se a porcentagem de sua participação dentro da parcela (10%, 35%, etc). Todos estes dados serão transformados em volume por unidade amostral e, posteriormente, em biomassa morta (liteira grossa) por unidade de área e tempo, seguindo os passos determinados no item 4.3. Da

³ Em caso de peças “tombadas”, observar a distância da parte central da peça em relação ao solo – peças com distanciamento ≤ 10 cm são consideradas em contato com o solo (s – sim), caso a distância seja maior que 10 cm, estas peças são consideradas sem contato com o solo (n – não). Este item não é obrigatório do protocolo, mas pode ser usado como informação básica caso a equipe também deseje trabalhar questões sobre decomposição.

mesma forma que as peças caídas no solo, também deve se proceder a retirada de uma amostra de cada árvore morta em pé, visto que após as medidas elas serão totalmente derrubadas e excluídas das trilhas.



Figura 4 – Retirada do disco amostral para ajuste do valor de volume para biomassa morta.

4.2.3 Categoria da Peça (Grau de Decomposição)

Como os níveis de apodrecimento das peças de madeira encontradas ao longo de todas as trilhas são diferentes, será realizada uma categorização tátil-visual preliminar de cada uma delas seguindo o seguinte critério modificado de Chao & Philips (2005): P1 – deterioração não perceptível, peças recentemente caídas ou com resistência ao ataque de microrganismos (suposição de perda líquida de massa $\leq 10\%$), P2 - peças com leves sinais de ataques de insetos e/ou fungos, deterioração na fase inicial (suposição de 11 a 30% de comprometimento) e P3 - peças em estágio avançado de decomposição, quebrando ou despedaçando ao toque (+ 30% de comprometimento). Em todos os casos, como serão coletadas amostras de cada uma das peças medidas, é possível fazer uma aferição do erro entre a avaliação tátil-visual e a medida pela coleta das peças em campo. Esta etapa do trabalho deve ser executada com precisão absoluta porque é a base para os ajustes que deverão ser realizados nas peças encontradas dentro das parcelas permanentes e que servem de base para as estimativas de estoque de liteira grossa.

4.3. Determinação do Volume e Biomassa da Liteira Grossa

4.3.1 Volume Sólido e Corrigido

A partir das informações e coletas geradas em campo é possível estimar a biomassa da liteira grossa por unidade de área. Esta etapa do trabalho consiste em determinar o volume sólido de cada uma das peças medidas em campo utilizando a fórmula do volume descrita abaixo:

$$V = \left(\frac{\pi \times D^2}{4} \right) \times C$$

Onde:

V = volume de cada peça em metros cúbicos por cada unidade amostral (caso seja uma árvore em pé com alguma parte para fora da unidade amostral, deve-se aplicar o percentual de desconto como estabelecido no item 4.2.2);

D = diâmetro médio da peça em metros (média entre as duas medidas das extremidades de cada peça ou, se árvore em pé, DAP ou diâmetro de base);

C = comprimento (ou altura do fuste) da peça em metros.

Para o ajuste do cálculo do volume real presente em cada unidade amostral, descontado as partes decompostas (ausentes) por microorganismos ou perda mecânica, deve ser realizado a digitalização do desenho de cada uma das amostras coletadas em campo. O desenho do contorno de cada uma das amostras deve ser realizado em papel A4, tracejando com um lápis todo o perímetro da peça com um lápis, no mesmo dia em que ela é coletada para evitar distorções por perda de umidade. Neste Registrar para cada disco amostral a sua espessura em quatro pontos, da mesma forma como demonstrado na Figura 5. Se a amostra não for circular, mas derivada de uma fração da peça de madeira, pode-se realizar mais medidas a critério da equipe de pesquisa que está analisando a deformidade da amostra. O intuito desta tarefa é obter uma espessura média mais próxima do real para posterior cálculo da densidade básica.

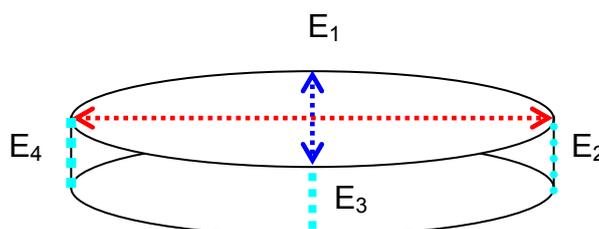


Figura 5 – Esquema do disco amostral e da localização das posições de medidas de largura da peça E₁- primeira medida no extremo do menor diâmetro; E₂ – segunda medida no outro extremo do menor diâmetro; E₃ – primeira medida no extremo do maior diâmetro; E₄ – segunda medida no outro extremo do maior diâmetro.

Cada desenho deve representar todas as partes de interesse do estudo (casca, cerne e albarno) que estejam ausentes ou presentes (Figura 6). A digitalização dos desenhos deve ser feito com um Scanner Digital de no mínimo 1200 dpi para se obter alta resolução nas imagens geradas. No caso das partes ausentes, utiliza-se o artifício de seguir a curvatura ainda presente em cada uma das peças para se ter uma base do porcentual perdido em cada uma delas. A contabilização dos pixels presentes e os ausentes estimados devem ser obtidos com o auxílio de um programa de computador de manipulação de imagens digitais. Como a área do papel A4 é conhecida (cm²), basta fazer os cálculos das partes ausentes e presentes da amostra da madeira com base no número de pixels relacionados à área do papel⁴. Finalizada esta etapa, todos os dados devem ser alocados em um banco de dados para se estimar a porcentagem de perda física de cada uma delas no sentido de se extrair do volume sólido calculado anteriormente o percentual (%) estimado de ausência de material lenhoso; cálculo do volume

⁴ É possível realizar esta etapa do trabalho a partir do uso de imagens digitais fotográficas. Entretanto, pequenos ocos ou deformidades sombreadas podem prejudicar ou mascarar os valores.

corrigido. Este método foi adotado por Barbosa (2001) para madeiras mortas e vivas em áreas de savana em Roraima.

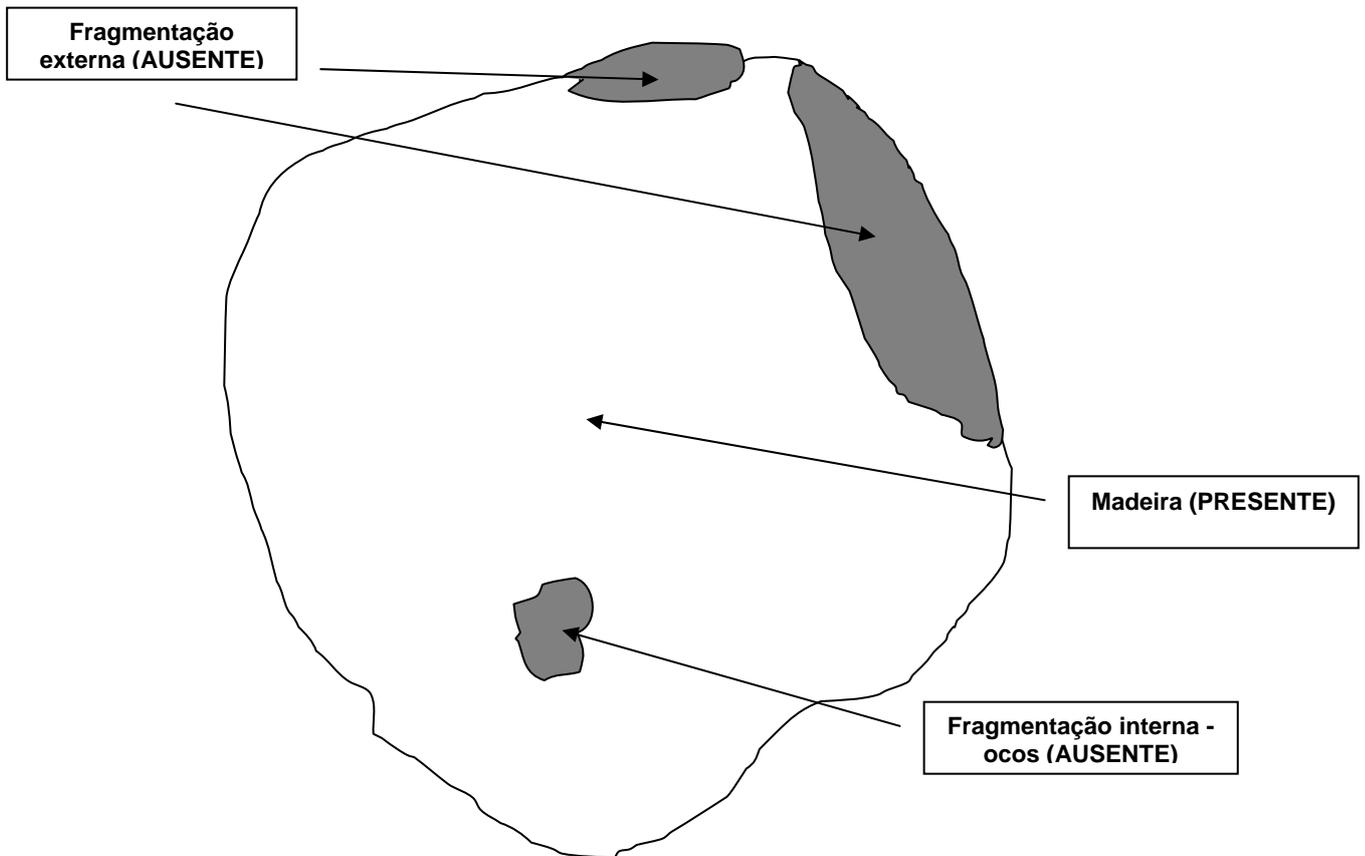


Figura 6 – Exemplo de peça desenhada sob folha de papel A4 com a indicação das partes perdidas em cinza.

4.3.2 Cálculo da Biomassa da Liteira Grossa

Para o cálculo da biomassa da liteira grossa devem ser utilizados os resultados de densidade básica (g.cm^{-3}) de cada uma das amostras coletadas em campo. A densidade básica é definida como o peso seco (em gramas) dividido pelo volume saturado (cm^3) (Trugilho et al., 1990). O volume de cada amostra é calculado facilmente com a multiplicação da área (cm^2), determinada com a digitalização, pela espessura (cm) média de cada uma delas observada ainda em campo. Após a finalização desta etapa, todas as peças de madeira são secas em estufa à $\sim 100^\circ\text{C}$ até peso constante. Com os valores de volume (cm^3) e peso seco (g) realiza-se o cálculo da densidade básica.

$$D_b = \frac{P_s}{V_s}$$

Onde:

D_b = densidade básica (g.cm^{-3});

P_s = peso seco da amostra (g);

V_s = volume saturado da amostra (cm^3), considerando a saturação de campo.

O cálculo da biomassa da liteira grossa por unidade amostral é realizado como uma função do volume corrigido (sólido – ausente) e a densidade básica de cada peça. Feito isto,

procede-se ao cálculo de cada unidade amostral que representa, em última instância, uma unidade fitofisionômica em uma tipologia topográfica.

4.4 Análises da Concentração do Carbono e de Nutrientes

Para determinação da %C e de nutrientes todas as amostras coletadas em campo devem ser trituradas em moinho de facas individualmente. Depois de homogênea, aproximadamente 10 g de cada amostra moída deve ser separada em tubetes de plástico para a realização das análises. O excedente deve ser mantido em tubetes etiquetados armazenados em local seco como testemunho do material coletado em campo.

Com os dados de concentração de carbono e nutrientes em cada uma das peças, pode-se proceder a transformação da biomassa de liteira grossa, em produção de carbono ou fluxo de entrada de nutrientes deste compartimento florestal. O cálculo é realizado pela multiplicação da concentração média de carbono e nutrientes pela biomassa de liteira grossa estimada em campo por unidade amostral e tipo fitofisionômico.

4.5 Síntese do Protocolo - PRODUÇÃO

Item	Ação
1	Início dos trabalhos de campo – remoção inicial das peças para estabelecimento do t_0 – Tempo Requerido: 10-15 dias (4-6 km de trilhas limpas por dia).
2	Retorno às trilhas em t_1 (p. ex. 12 meses após t_0) para medição das peças que caíram dentro das 1200 unidades amostrais (1 m x 50 m cada) e coleta de amostras – Tempo Requerido: 12-18 dias (3-5 km por dia).
3	Reconhecimento fitofisionômico (subgrupo de formação) da vegetação onde cada um dos marcos delimitadores das trilhas está assentado (usar sistema de classificação da vegetação brasileira – IBGE, 1992).
4	Reconhecimento das peças com diâmetro > 10 cm, indicando seu posicionamento na unidade amostral (tombadas ou em pé).
5	Identificação da espécie botânica através do “nome vulgar” por um técnico ou auxiliar de campo local
6	. Peças tombadas: medir os diâmetros ou as circunferências das peças onde cada uma toca nos extremos da unidade amostral; . Peças em pé: medir o DAP (ou o CAP) dos fustes acima de 1,30 m de altura, caso contrário, medir o diâmetro (ou a circunferência) no meio da distância entre o solo e o topo do fuste. Estimar o quanto, percentualmente, este indivíduo morto em pé está dentro da unidade amostral.
7	. Peças tombadas: medir o comprimento da parte da peça que está estabelecida dentro da unidade amostral; . Peças em pé: estimar a altura do fuste.
8	Estimar o grau de decomposição das peças em campo seguindo a codificação: P1 – apodrecimento não perceptível, peças recentemente caídas ou com resistência ao ataque de microrganismos (suposição de perda líquida de massa inferior a 10%), P2 - peças com leves sinais de ataques de insetos e/ou fungos, deterioração na fase inicial (suposição de 11 a 30% de comprometimento) e P3 - peças em estágio avançado de decomposição, com francos sinais de apodrecimento, quebrando ou despedaçando ao toque (+ 30% de comprometimento).
9	Em caso de peças “tombadas”, observar a distância da parte central da peça em relação ao solo – peças com distanciamento \leq 10 cm são consideradas em contato com o solo (s – sim), caso a distância seja maior que 10 cm, estas peças são consideradas sem contato com o solo (n – não). Situar a peça como Dicotiledônea (cipós e árvores em geral) ou Arecaceae (palmeiras).
10	Coletar amostra da peça medida; usar motosserra para peças grandes e ainda com alta resistência e arco de serra para peças menores e/ou com alta

	fragmentação. Discos ou frações amostrais devem ser retirados do centro da peça como forma de representá-los.
11	Finalizada a coleta, todo o material residual da liteira grossa deve ser removido das trilhas para evitar dupla contabilização em futuras medições.
12	Ainda em campo, e no mesmo dia de coleta das peças - desenhar cada disco amostral (ou fração correspondente) em uma folha de papel A4. Peças corroídas externamente devem ser desenhadas levando-se em consideração um limite imaginário, enquanto que peças com ocos devem ter seus vazios expostos no papel. Fazer no mínimo quatro medidas da espessura de cada uma das amostras e anotar em planilha correspondente.
13	Etapa de escritório: digitalizar cada um dos desenhos das amostras identificando, por meio de porcentagem (%), o quanto cada uma delas possui como perda estimada de massa para a sua peça correspondente.
14	Estimar a área de cada uma das peças ocupada por sua seção transversal, descontada a área ausente (perdida) por decomposição (cm^2). Multiplicar este valor pela média da espessura (cm) determinada anteriormente, com o objetivo de calcular o volume com saturação de campo da amostra (cm^3).
15	Secar cada amostra em estufa elétrica à $\sim 100^\circ\text{C}$ até peso constante. Anotar o peso seco (g).
16	Calcular a densidade básica da madeira ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) de cada uma das amostras com a divisão do volume saturado (cm^3) pelo peso seco (g).
17	Calcular o volume sólido de cada uma das peças pelo uso da fórmula do cilindro, utilizando como referência a média dos dois diâmetros coletados em campo e o comprimento de cada peça.
18	Corrigir o volume de cada uma das peças através da multiplicação da porcentagem de perda de massa (item 13) por seu volume sólido (item 17). Ao resultado, multiplicar a densidade básica da madeira (item 16).
19	O somatório da biomassa de cada uma das peças por unidade amostral ($\text{t}\cdot 50 \text{ m}^{-2}$) pode ser transformado em $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ por fitofisionomia e/ou topografia através da média do somatório de todas as unidades (incluindo as "sem peças").
20	Moer as amostras de madeira para envio ao laboratório para análise de carbono e nutrientes.
21	Relacionar as categorias de "grau de decomposição" com as respectivas densidades básicas e perdas reais de massa. Gerar médias para intervalos de classe de 10 em 10 cm para serem aplicados nas estimativas do ESTOQUE de liteira grossa realizadas nas parcelas permanentes.

5. AMOSTRAGEM - ESTOQUE

O estoque de biomassa morta é derivado de amostragens realizadas nas 30 parcelas permanentes estabelecidas de forma sistemática em todas as grades do PPBio. O uso das parcelas é importante porque possibilita relacionamentos com o estoque de biomassa viva em pé (árvores, arbustos e todo o sub-bosque), além de propiciar inferências com variáveis ambientais como abertura do dossel, topografia, química e física do solo. Todas estas variáveis são disponibilizadas no site oficial do PPBio para todas as grades.

5.1 Contexto Geral

Os dados nas parcelas foram coletados para estimar indiretamente o estoque de biomassa (e carbono), por unidade de área, tomando como base o método LIS (Line Intersect Sampling) definido por van Wagner (1968). Este método foi aplicado, por exemplo, em Fearnside et al. (2007) para determinação da eficiência de queima da biomassa de florestas secundárias de Roraima, e por Baker et al. (2007) para estimar estoque e produção de necromassa no Peru, sendo facilmente replicável em diferentes situações.

O princípio básico deste método é o de medir o diâmetro de cada uma das peças de madeira igual ou superior a 2 cm, que tocam uma linha esticada ao longo da trilha de caminhamento de cada uma das 30 parcelas das grades (Figura 7). Isto forma transectos individuais de 250 m (7500 m amostrais em cada um das grades). Desta forma, é possível calcular o volume sólido de cada uma das peças que são tocadas pela linha através da fórmula especificada por van Wagner (1968) e apresentada abaixo. **Por definição, as peças de madeira que tocam a linha no sentido longitudinal não entram na amostragem porque não podem sofrer o processo de integração matemática entre o seu diâmetro e o comprimento da parcela.**

$$V = \frac{\pi^2 \times d^2}{8 \times L}$$

Onde:

V = volume da madeira por unidade de área;

d = diâmetro de cada uma das peças incluídas na linha amostral;

L = comprimento da linha amostral (250 m).

Como as trilhas de caminhamento seguem o comprimento da parcela permanente, elas são constantemente pisoteadas pela passagem do pessoal de campo, podendo acarretar prejuízo na amostragem do grupo de biomassa morta formada pelas peças intermediárias (10 cm > Ø ≥ 2 cm). Peças menores são as que se fragmentam mais facilmente. Este problema pode ser corrigido através do uso de uma das linhas paralelas que demarcam a parcela para amostragem de plantas do sub-bosque. Entretanto, isto ocasionaria pisoteamento excessivo em um ambiente sensível a este tipo de trabalho, prejudicando o estudo deste grupo de plantas. Desta forma, sugere-se que o trabalho de campo para amostragem das peças intermediárias seja realizado com pelo menos 6 meses sem a presença de caminhamento nas parcelas, ou que então estes dados sejam vistos com ressalva. No caso das peças grossas (Ø ≥ 10 cm) apenas as em estágio avançado de decomposição sofrem alguma alteração com o caminhamento, mas podem ser facilmente medidas através de seus resíduos laterais que atravessam a trilha de um lado para o outro, alcançando-se estimativas confiáveis (Figura 8).



Figura 7 – LIS ao longo de uma parcela permanente na grade da ESEC Maracá, Roraima.



Figura 8 – Peça com diâmetro superior a 10 cm (P3) e que foi pisoteada no caminhar da parcela permanente; as medidas laterais servem de referência ao método e não há necessidade de descarte.

Todas as medidas de diâmetro em cada uma das peças que tocam a linha estabelecida ao longo da parcela devem ser realizadas com fita diamétrica e/ou centimétrica, aconselhando-se o uso de sutas para o caso de peças com grandes diâmetros e que não possam ser deslocadas do solo para a transposição das fitas (Figura 9). Todas as informações referentes às coletas devem seguir um modelo básico como sugerido no Anexo II.



Figura 9 – Medida de uma peça grossa pelo método LIS com o uso de uma fita centimétrica.

5.2 Categoria das Peças (Grau de Decomposição)

Da mesma forma como para a produção de liteira grossa, cada uma das peças de madeira deve ser dividida em dois grandes grupos (Arecaceae – palmeiras e Dicotiledôneas – demais árvores e cipós). Além disto, cada uma delas deve ser classificada em três categorias de “grau de decomposição” (modificado de Chao & Philips, 2005): P1 - peças sem nenhum sinal de ataque de insetos ou fungos (nível de decomposição inexistente ou não perceptível), geralmente recém caídas ou com alta resistência ao ataque de microrganismos (< 10% de perda de massa); P2 - peças com leves sinais de ataques de insetos e fungos (deterioração na fase inicial), geralmente peças com pequenos ocos, mas ainda com alta resistente mecânica ao toque manual (entre 10-30% de perda de massa); P3 - peças em estágio avançado de decomposição, com francos sinais de apodrecimento em diferentes estágios que, na maioria das vezes, despedaçava ao toque manual (+ 30% de perda de massa). Esta classificação é a mesma adotada para as estimativas de produção, e serve para evitar o uso de motosserra dentro das parcelas permanentes em peças com $\varnothing \geq 10$ cm, provocando a destruição de material lenhoso e o espalhamento de maravalha e pó de serra ao longo de todo o caminhamento.

Como este mesmo procedimento foi realizado na amostragem da produção de liteira grossa, a correção de volume sólido para volume presente deve ser providenciado pelo mesmo referencial encontrado nas trilhas das grades para este compartimento florestal. Importante ressaltar que o uso de apenas três categorias ao invés de cinco, como estabelecido por Chao & Phillips (2005), se deu por que a classificação tátil-visual não é complicada de se fazer nas duas

primeiras categorias (P1 e P2). Contudo, a partir de P3 o avaliador (anotador) pode inferir uma série de erros de classificação porque as peças em estado mais avançado de decomposição possuem osos preenchidos por fragmentos que, apenas com a visualização externa não são possíveis de ser estimados com um alto nível de precisão. Apenas como exemplo, na amostragem piloto realizada nas grades do PARNA Viruá e da ESEC Maracá, estes erros variaram de 5,5% e 11,2% (todas as peças) do tamanho da peça, representando uma alteração no resultado entre 4 e 7 m³.ha⁻¹ do volume sólido, respectivamente. Desta forma, é preferível reduzir as categorias de “grau de decomposição” e utilizar uma média de perda de massa calculada a partir de classes de diâmetro das peças amostradas nas trilhas das grades.

5.3 Ajuste do Volume Sólido em Biomassa

O ajuste de volume sólido obtido para cada uma das peças de madeira pelo método LIS, em biomassa, é realizado nos dois grupos diamétricos aqui estabelecidos (peças grossas e intermediárias), e seguem o seguinte padrão:

5.3.1 Peças intermediárias

Para transformar cada uma das peças de volume em biomassa devem ser coletadas 120 amostras entre 2 cm < Ø ≤ 10 cm para cálculo da densidade básica (razão entre o peso seco e o volume saturado) por categoria de decomposição (P1, P2 e P3). Estas amostras devem ser coletadas a partir da retirada de um pequeno disco amostral (casca, cerne e alburno) das mesmas peças medidas dentro de seis parcelas situadas diagonalmente na grade (sentido L1-0500, L2-1500, L3-2500, L4-2500, L5-3500 e L6-4500). Cada parcela deve ter 20 peças coletadas, sendo que a coleta deve ser equilibrada em termos do número de peças com diferentes diâmetros e igualmente distribuída ao longo de toda a parcela. O sistema sugerido determina que sejam coletadas quatro peças de madeira a cada 50 m (5 sub-parcelas) distribuídas da seguinte forma: 1 peça de 2-4 cm de diâmetro, 1 de 4-6 cm, 1 de 6-8 cm e 1 de 8-10 cm. Para evitar tendências indesejáveis, deve-se intercalar o grau de decomposição das peças coletadas. Por exemplo, se uma peça de 2-4 cm com grau P1 tiver sido coletada no conjunto de sub-parcelas anterior, a próxima coleta desta categoria deverá ser de P2 ou P3, e assim sucessivamente. Em caso de não haver peças em alguma destas subcategorias diamétricas e de decomposição dentro do intervalo de 50 m, sugere-se que seja coletada uma (ou mais) peça dentro da subcategoria que tiver o maior número de peças presentes no intervalo da parcela. Isto possui o sentido de dar maior representatividade à amostragem. Como este grupo representa peças de pequeno tamanho, a coleta de discos amostrais não causa nenhum dano significativo à parcela⁵, mesmo porque, depois de retirada a amostra, as peças retornam ao mesmo local de origem (Figura 10).

5.3.1.1 Cálculo da Perda de Massa

Antes das peças seguirem para o cálculo da densidade básica, elas devem ser limpas com pincel, retirando-se todos os fragmentos que estejam presentes nos osos de seu corpo. Realizada esta etapa, deve ser feito o desenho de cada uma delas em uma folha de papel A4, estabelecendo-se as referências de perda de material. Estes desenhos serão posteriormente levados ao escritório para digitalização e determinação do total percentual de massa perdida. Este procedimento é o mesmo adotado para as peças com diâmetro maior que 10 cm na amostragem da produção de liteira grossa (ver item 4.3). Também é possível tirar fotos digitais e proceder a uma leitura do número de pixels perdidos por cada peça (Figura 11).

⁵ Toda a amostragem deste grupo é realizada com arco de serra portátil ou serra de poda com comprimento de lâmina de pelo menos 35 cm.



Figura 10 – Peças intermediárias amostradas em campo; ambiente com intervenção reduzida.



Figura 11 – Imagem fotográfica (digital) de uma peça P2 com diâmetro menor que 10 cm (notar dificuldade de estabelecer os limites externos da perda de massa sem ser por desenho manual).

5.3.1.2 Cálculo da Densidade Básica

A densidade básica das peças com $10 \text{ cm} > \varnothing \geq 2 \text{ cm}$ deve ser calculada no mesmo dia de coleta pelo Princípio de Arquimedes, medindo-se o volume deslocado pela peça mergulhada em uma proveta graduada de 1 Litro. Como as peças já estão limpas dos fragmentos, deve-se remedir o diâmetro e a espessura de cada uma delas através de um paquímetro para que seja formatada uma relação da densidade básica medida pelo Princípio de Arquimedes e aquela derivada do cálculo do volume sólido de cada uma das peças. Isto pode evitar gastos desnecessários em futuras remedições da necromassa nas grades. Se a peça for grande o suficiente para não entrar na proveta, a mesma deve ser fracionada até que haja a possibilidade da imersão (metade, um quarto, etc). É assumido que a umidade da peça coletada em campo equivale ao volume saturado. Em seguida a peça (ou sua parte fracionária) é ensacada e levada ao laboratório para secagem em estufa a temperatura de $\sim 100^\circ\text{C}$ até peso constante. Todos os cálculos de densidade básica e perda de volume são realizados em função das classes de diâmetro e dos graus de decomposição (p. ex. Tabela 1).

Tabela 1 – Exemplo de resultado obtido para peças com diâmetro inferior a 10 cm em relação à média simples da densidade básica e da perda de volume por categoria de diâmetro e de grau de decomposição (PARNA Viruá, dezembro de 2008).

Categoria de Diâmetro (cm)	Densidade Básica (g/cm ³)				Perda de Volume (%)			
	P1	P2	P3	Média	P1	P2	P3	Média
2-3.9	0.483	0.418	0.442	0.458	1.41	16.09	62.22	17.90
4-5.9	0.440	0.405	0.354	0.405	2.61	16.67	52.92	21.65
6-7.9	0.485	0.513	0.410	0.443	1.33	13.33	54.50	36.81
8-9.9	0.585	0.417	0.435	0.449	5.00	13.00	59.00	40.75
Média Geral	0.467	0.425	0.402	0.435	1.98	15.72	56.43	23.81

5.3.2 Peças Grossas

Para as peças com $\varnothing \geq 10 \text{ cm}$, o ajuste para o cálculo da biomassa deve ser realizado a partir da amostragem das peças obtidas do trabalho de produção de liteira grossa com o uso das trilhas como unidade amostral. Da mesma forma deve ser criada uma tabela de perdas de massa e densidade básica, onde o intervalo de classe das peças coletadas deve ser de 10 cm por conta do maior número e diferença absoluta entre o menor e o maior diâmetro deste componente. O cálculo da densidade das peças com $\varnothing \geq 10 \text{ cm}$ está descrito no item referente às trilhas (produção).

5.4 Cálculo da Necromassa (Liteira Grossa)

Da mesma forma que a produção anual, o cálculo do estoque de biomassa derivado da liteira grossa deve ser baseado nos resultados de perda de massa (%) e densidade básica (g.cm⁻³), por categoria diamétrica e grau de decomposição de cada uma das amostras observadas em campo. O cálculo da necromassa total presente por parcela é realizado como um somatório de todas as massas individuais medidas. Cada massa individual é calculada como uma função do volume real presente (sólido total – ausente estimado) e a densidade básica estimada de cada peça.

5.5 Análises da Concentração do Carbono e de Nutrientes

Devem seguir o mesmo procedimento descrito para as peças coletadas para cálculo da produção de liteira grossa. Neste caso, apenas as peças com diâmetro abaixo de 10 cm serão

trituras em moinho de facas, visto que as peças com diâmetro maior não podem ser removidas das parcelas. Após homogeneizadas, aproximadamente 10 g de cada amostra moída deve ser separada em tubetes de plástico para a realização das análises. O excedente deve ser mantido em local seco e adequado na forma de testemunho do material coletado em campo.

Com os dados de concentração de carbono e nutrientes em cada uma das peças, pode-se proceder a transformação do estoque de biomassa de liteira grossa e intermediária em estoque de carbono e nutrientes por tipo fitofisionômico e topográfico.

5.6 Síntese do Protocolo - **ESTOQUE**

Item	Ação
1	Esticar uma linha (fita plástica ou barbante resistente) ao longo de cada uma das 30 parcelas existentes nas grades, tomando como referência os marcos delimitadores de sub-parcelas distanciados a cada 10 m. Para evitar deslocamentos ou danos desnecessários às peças (por conta do pisoteio da equipe) esta etapa pode ser feita a cada 50 m. Cada parcela deve ter sua fitofisionomia creditada de forma geral até sub-grupo de formação, conforme IBGE (1992).
2	Como o auxílio de uma fita métrica (ou diamétrica) e de uma suta, percorrer toda a extensão da parcela através da trilha de caminhamento.
3	Medir os diâmetros de cada uma das peças “tombadas” que são transpassadas pela linha de base. Peças com diâmetro abaixo de 2 cm não devem ser medidas porque não produzem resultados satisfatórios, além de estarem fora do determinado neste protocolo. Peças paralelas à linha de base esticada entre os marcos também não devem ser medidas porque fogem do aspecto metodológico básico do método LIS. NÃO É NECESSÁRIO MEDIR O COMPRIMENTO DAS PEÇAS.
4	Para árvores mortas em pé, seguir o mesmo procedimento determinado para produção: medir o DAP (ou o CAP) dos fustes acima de 1,30 m de altura, caso contrário, medir o diâmetro (ou a circunferência) no meio da distância entre o solo e o topo do fuste. Determinar o quanto, percentualmente, este indivíduo morto em pé está dentro de uma parcela imaginária de 1 m (50 cm para cada lado da linha base). Medir a altura do fuste.
5	Identificar o grande grupo botânico da peça vistoriada (Dicotiledônea ou Arecaceae)
6	Estimar o grau de decomposição das peças em campo seguindo a codificação: P1 – apodrecimento não perceptível, peças recentemente caídas ou com resistência ao ataque de microrganismos (suposição de perda líquida de massa inferior a 10%), P2 - peças com leves sinais de ataques de insetos e/ou fungos, deterioração na fase inicial (suposição de 11 a 30% de comprometimento) e P3 - peças em estágio avançado de decomposição, com francos sinais de apodrecimento, quebrando ou despedaçando ao toque (+ 30% de comprometimento).
7	Em caso de peças “tombadas”, observar a distância da parte central da peça em relação ao solo – peças com distanciamento ≤ 10 cm são consideradas em contato com o solo (s – sim), caso a distância seja maior que 10 cm, estas peças são consideradas sem contato com o solo (n – não).
8	<u>Coleta de amostras</u> : apenas peças com diâmetro menor que 10 cm devem ser coletadas para ajustes dos cálculos de volume sólido em biomassa morta. O procedimento é o seguinte: coletar 120 amostras entre $10 \text{ cm} > \varnothing \geq 2 \text{ cm}$ para cálculo da densidade básica por grau de decomposição (P1, P2 e P3) e classe diamétrica. Estas amostras devem ser coletadas a partir da retirada de um pequeno disco amostral (casca, cerne e alburno) das mesmas peças medidas dentro de seis parcelas situadas diagonalmente na grade (sentido L1-0500 para L6-4500, sendo que L3-2500 e L4-2500 são paralelas). Cada parcela

	deve ter 20 peças coletadas, sendo que a coleta deve ser equilibrada em termos do número de peças com diferentes diâmetros e igualmente distribuída ao longo de toda a parcela - coletar quatro peças de madeira a cada 50 m (5 sub-parcelas), sendo 1 peça de 2-4 cm de diâmetro, 1 de 4-6 cm, 1 de 6-8 cm e 1 de 8-10 cm. Intercalar o grau de decomposição das peças coletadas. Por exemplo, se uma peça de 2-4 cm com grau P1 tiver sido coletada na sub-parcela anterior, a próxima coleta desta categoria deverá ser de P2 ou P3, e assim sucessivamente. Em caso de não haver peças em alguma das subcategorias diamétricas ou de decomposição dentro do intervalo de 50 m, deve-se coletar uma (ou mais) peça dentro da subcategoria que tiver o maior número de peças presentes no intervalo da parcela. Isto possui o sentido de dar maior representatividade à amostragem.
9	Limpar as amostras das peças com diâmetro menor que 10 cm e calcular o volume de cada uma delas através do Método de Arquimedes (usar proveta de 1 litro) – pode ser utilizado imageamento através de fotos digitais;
10	Secar cada amostra em estufa elétrica à ~100oC até peso constante. Anotar o o peso seco (g).
11	Calcular a densidade básica da madeira (g.cm^{-3}) de cada uma das amostras com a divisão do volume saturado (cm^3) pelo peso seco (g).
12	Calcular o volume sólido de cada uma das peças pelo uso do método LIS (van Wagner, 1968);
13	Corrigir o volume de cada uma das peças através da multiplicação da porcentagem de perda de massa por seu volume sólido. Ao resultado, multiplicar a densidade básica da madeira.
14	O somatório da biomassa de cada uma das peças da parcela resulta no estoque de necromassa por unidade de área;
15	Moer as amostras de madeira para envio à laboratório para análise de carbono e nutrientes.
16	Relacionar as categorias de “grau de decomposição” com as respectivas densidades básicas e perdas reais de massa. Gerar médias para intervalos de classe de 10 em 10 cm para serem aplicados nas estimativas do ESTOQUE de liteira grossa realizadas nas parcelas permanentes.

6. AGRADECIMENTOS

O Componente Inventários (PPBio/Manaus), através de William Magnusson contribuiu com recursos financeiros para que o projeto nas grades da ESEC Maracá e PARNA Viruá fosse efetivado. Flavia dos Santos Pinto fez críticas ao texto final deste protocolo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barbosa, R.I. 2001 Savanas da Amazônia: emissão de gases do efeito estufa e material particulado pela queima e decomposição da biomassa acima do solo, sem a troca do uso da terra, em Roraima, Brasil. Tese de Doutorado. INPA/FUA. 236p.

Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: A Primer. FAO Forestry Paper 134, Roma. 55p.

Baker, T.R.; Coronado, E.N.H.; Phillips, O.L.; Martin, J.; van der Heijden, G.M.F.; Garcia, M.; Espejo, J.S. 2007. Low stocks of coarse woody debris in a southwest Amazonian Forest. *Oecologia*, 152:495–504.

Brown, I. F.; Martinelli, L.A.; Thomas, W.W.; Moreira, M.Z.; Ferreira, C.A.C.; Victoria, R.A. 1995. Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: an example from Rondonia, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 75: 175–189.

- Chambers, J.Q.; Higuchi, N.; Schimel, J.P.; Ferreira, L.V.; Melack, J.M. 2000. Decomposition and carbon cycling of dead trees in tropical forest of the central Amazon. *Oecologia*, 122: 380-388.
- Chao, H.J.; Phillips, O. 2005. Field manual for mode of Death Census. PAN-AMAZONIA (Project for Advancement of Networked Science in Amazonia. Sixth Framework Programme (2002-2006). 12p.
- Fearnside. P.M.; Barbosa, R.I.; Graça, P.M.L.A. 2007. Burning of secondary forest in Amazonia: Biomass, burning efficiency and charcoal formation during land preparation for agriculture in Apiaú, Roraima, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 242: 678-687.
- Gerwing, J.J. 2002. Degradation of forests through logging and fire in the eastern Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 157:131–141.
- Harmom, M.E.; Sexton, J. 1996. Guidelines for measurements of woody detritus in forest ecosystems (US LTER Publication n. 20). US LTER Network Office, University of Washington, Seattle, WA. USA.
- Harmon, M.E.; Franklin, J.F.; Swanson, F.J.; Sollins, P.; Gregory, S.V.; Lattin, J.D.; Anderson, N.H.; Cline, S.P.; Aumen, N.G.; Sedell, J.R.; Lienkaemper, G.W.; Cromack, K.; Cummins, K.W. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in Ecological Research* 15: 133–302.
- IBGE 1992. Manual técnico da vegetação brasileira. Série “Manuais Técnicos em Geociências 1”. Rio de Janeiro, IBGE. 92p.
- Keller, M., Palace, M.; Asner, G.P.; Pereira, R.; Silva, J.N.M. 2004. Coarse woody debris in undisturbed and logged forests in the eastern Brazilian Amazon. *Global Change Biology*, 10: 784–795.
- Nascimento, H.E.M.; Laurance, W.F. 2004. Biomass dynamics in Amazonian forest fragments. *Ecological Application*, 14(4): 127-138.
- Palace, M.; Keller, M.; Silva, H. 2008. Necromass production: studies in undisturbed and logged Amazon forests. *Ecological Applications*, 18(4): 873-884.
- Pauletto, D. 2006. Estoque, produção e fluxo de nutrientes da liteira grossa em floresta submetida à exploração seletiva de madeira no noroeste do Mato Grosso. Dissertação de Mestrado. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Brasil.
- Rice, A.H., Pyle, E.H.; Saleska, S.R.; Hutyra, L.; Camargo, P.B.; Portilho, K.; Marques, D.F.; Palace, M.; Keller, M.; Wofsy, S.C. 2004. Carbon balance and vegetation dynamics in an old-growth Amazonian forest. *Ecological Applications*, 14: 55–71.
- Scott, D.A.; Proctor, J.; Thompson. J. 1992. Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. II. Litter and nutrient cycling. *Journal of Ecology*, 80: 705–717.
- Summers, P.M. 1998. Estoque, decomposição e nutrientes da liteira grossa em floresta de terra-firme, na Amazônia Central. Dissertação de Mestrado. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Brasil.
- Tritton, L.M. 1980. Dead wood in the northern hardwood Forest ecosystem. PhD Dissertation. Yale University, New Haven, Connecticut.

Trugilho, P.F.; Silva, D.A.; Frazão, F.J.L.; Matos, J.L.M. 1990. Comparação de métodos de determinação da densidade básica em madeira. *Acta Amazonica*, 20(único): 307-319.

van Wagner, C.E. 1968. The line intersect method in forest fuel sampling. *Forest Science*, 14(1): 20-26.

ANEXO I

EXEMPLO de Planilha de Campo para Amostragem de "Produção" de Liteira Grossa (TRILHAS)

Localidade (GRADE):

Responsável pela Coleta:

Número da Folha:

Data:

Trilha	Marco	Classe de Formação	Sub-classe de Formação	Número da Peça	Posição	Nome Vulgar	Circ1_cm	Circ2_cm	Comp_m	Grau-Decomp	Contato Solo	Coleta Amostra	Obs.
L1	P-0000	Campinarana	Ombrofíla	1	tombada	pau roxo	33.0	38.0	1.21	P1	s	s	dicotiledônea
L1	P-0050	Campinarana	Ombrofíla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-0100	Campinarana	Ombrofíla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-0150	Contato	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-0200	Floresta	Estacional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-0250	Floresta	Estacional	2	tombada	casca doce	98.0	98.1	2.56	P1	s	s	dicotiledônea
L1	#	#	#	2.1	tombada	casca doce	45.0	38.9	0.54	P1	s	s	dicotiledônea
L1	#	#	#	2.2	tombada	casca doce	56.0	54.5	0.32	P1	n	s	dicotiledônea
L1	#	#	#	3	tombada	pau rainha	35.0	35.4	0.15	P3	s	s	dicotiledônea
L1	P-0300	Floresta	Estacional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-0350	Floresta	Estacional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-0400	Floresta	Estacional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-0450	Floresta	Estacional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-0500	Floresta	Estacional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-0550	Floresta	Estacional	4	tombada	pau roxo	76.1	73.2	4.00	P2	s	s	dicotiledônea
L1	#	#	#	4.1	tombada	buriti	34.5	36.0	0.78	P2	s	s	arecaceae
L1	P-0600	Floresta	Estacional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-0650	Floresta	Estacional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-0700	Floresta	Estacional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-0750	Floresta	Estacional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-0800	Contato	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-0850	Floresta	Ombrofíla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-0900	Floresta	Ombrofíla	5	em pé	NI	78.0	-	3.10	P3	n	s	dicotiledônea
L1	P-0950	Floresta	Ombrofíla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-1000	Floresta	Ombrofíla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-1050	Floresta	Ombrofíla	6	tombada	casca seca	37.0	39.0	1.00	P2	s	s	dicotiledônea
L1	P-1100	Floresta	Ombrofíla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-1150	Floresta	Ombrofíla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-1200	Floresta	Ombrofíla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-1250	Floresta	Ombrofíla	7	tombada	NI	38.0	43.0	1.76	P1	s	s	dicotiledônea
L1	#	#	#	8	tombada	algodão	34.5	34.8	0.34	P2	s	s	dicotiledônea
L1	P-1300	Floresta	Ombrofíla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-1350	Floresta	Ombrofíla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças
L1	P-1400	Floresta	Ombrofíla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sem peças

Descrição das Variáveis Inclusas na Planilha (Anexo I)

1. Trilha: nome e número da trilha que está sendo percorrida (baseado no sistema de caminamento leste-oeste/norte-sul);
2. Marco: número do marco que está sendo identificado (estabelecido nas plaquetas de campo);
3. Classe de Formação: classe de formação vegetal estabelecida pelo sistema de classificação da vegetação brasileira (ver IBGE, 1992);
4. Sub-classe de Formação: sub-classe de formação vegetal estabelecida pelo sistema de classificação da vegetação brasileira (ver IBGE, 1992);
5. Número da Peça: numeração estabelecida pela equipe de pesquisa para as peças de madeira encontradas nas trilhas;
6. Posição: posição em que a peça se encontra na trilha ("em pé" ou "tombada");

7. Nome Vulgar: nome vernacular da espécie vegetal correspondente à peça observada; estabelecido por um mateiro regional que deve compor a equipe de corte (remoção);
8. Circ1_cm: 1a medida de circunferência da peça (em centímetros);
9. Circ2_cm: 2a medida de circunferência da peça (em centímetros);
10. Comp_m: comprimento da peça estabelecida dentro do perímetro da unidade amostral (em metros);
11. Grau_Decomp: grau de decomposição da peça (P1 – apodrecimento não perceptível, peças recentemente caídas ou com resistência ao ataque de microrganismos (suposição de perda líquida de massa inferior a 10%), P2 - peças com leves sinais de ataques de insetos e/ou fungos, deterioração na fase inicial (suposição de 11 a 30% de comprometimento) e P3 - peças em estágio avançado de decomposição, com francos sinais de apodrecimento, quebrando ou despedaçando ao toque (+ 30% de comprometimento).
12. Contato solo: peças a menos de 10 cm de distância do solo devem ser consideradas em contato com o solo (s - sim), caso contrário (n - não);
13. Obs.: indicação do (i) grande grupo botânico a que a peça pertence (Dicotiledônea – cipós e árvores em geral ou Arecaceae – palmeiras) ou (ii) se a parcela não possui liteira grossa (“sem peças”).

