



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

LUIS FELIPE SANTOS GONÇALVES DA SILVA

PRODUTIVIDADE DE LITEIRA GROSSA EM DUAS ÁREAS DE FLORESTAS DE
TRANSIÇÃO NÃO PERTUBADAS DE RORAIMA

Boa Vista
2011

LUIS FELIPE SANTOS GONÇALVES DA SILVA

PRODUTIVIDADE DE LITEIRA GROSSA EM DUAS ÁREAS DE FLORESTAS DE
TRANSIÇÃO NÃO PERTUBADAS DERORAIMA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal da Roraima como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais.

Orientador Prof. Dr. Reinaldo Imbrozio
Barbosa

Boa Vista

2011

Aos meus pais, Luiz Antônio Gonçalves da Silva e Uiraci Santos Gonçalves da Silva, a minha esposa amada Carolina Andrade Gonçalves pelo apoio imprescindível, a meus filhos, Arthur e Miguel Luiz que estiveram ao meu lado em todos os momentos, me fazendo olhar sempre para o futuro.

AGRADECIMENTOS

O Projeto PPI/INPA 012/18 (Ecologia e Manejo dos Recursos Naturais da Savana de Roraima) e o Núcleo Regional do PPBio (Programa de Pesquisa em Biodiversidade) em Roraima (NR-RR) financiaram as atividades de campo e todas as análises químicas derivadas das amostragens realizadas nas grades situadas no PARNA Viruá e na ESEC Maracá.

Ao PRONAT/UFRR, este grande programa que permite aos pesquisadores contribuir com estudos necessários para as ações de desenvolvimento sustentável para conservação e preservação do bioma amazônico.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Núcleo de Pesquisas de Roraima (NPRR), pelo apoio logístico que permitiu o bom desenvolvimento do estudo

Ao ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade), nas pessoas de Antônio Lisboa e Beatriz Lisboa (PARNA Viruá), Gutemberg Moreno, Bruno Campos, Andrea Lamberts e Benjamim Luz (ESEC Maracá), que permitiram o acesso legal às duas unidades de conservação, fornecendo total apoio e infraestrutura ao bom andamento do trabalho (Autorizações nºs 17398-1 e 17398-2 de 2009, e 22576-1 de 2010).

Ao Professor Doutor, amigo e pesquisador Reinaldo Imbrozio Barbosa, um grande pesquisador de importância à ciência da Amazônia. Um exemplo a ser seguido.

Ao Dr. Celso Morato de Carvalho pelo incentivo à pesquisa através de conversas e trocas de informações.

À equipe de campo formada por Luciano Ibiapina, Juliele Maria de Lima, Claymir de Oliveira Cavalcante, Thiago Oriuela e Priscila Azarak, juntamente com todo o pessoal de apoio do PARNA Viruá (Sr. Odôrico e Sr. Miranda) e da ESEC Maracá (Renato, Filomeno, Guerreiro e Dilson).

Alguns companheiros não podem deixar de serem mencionados, em especial, David Ossa, Thiago Oriuela, Manuel Haas, Lorenza Cordeiro, Flávia Pinto, e todos aqueles que direta ou indireta, contribuíram com esta Dissertação.

Tentamos proteger a árvore,
esquecidos de que ela é que nos
protege.

Carlos Drummond de Andrade

RESUMO

O objetivo do estudo foi estimar a produtividade anual de liteira grossa em dois sítios de florestas de transição (não perturbadas) de Roraima, extremo norte da Amazônia brasileira. Foi verificada a relação da produtividade anual de liteira grossa (necromassa e carbono) com o gradiente topográfico e as fitofisionomias florestais em duas unidades de conservação federal. O estudo inventariou toda a liteira grossa morta acima do solo ($\geq 10\text{cm}$ de diâmetro) caída nas trilhas das grades permanentes do PPBio (Programa de Pesquisa em Biodiversidade) em Roraima: ESEC Maracá e PARNA Viruá. A produtividade da necromassa média anual em sistemas florestais de transição da ESEC Maracá foi de $1,078\text{ t ha}^{-1}$ ou $0,558\text{ t C ha}^{-1}$. A fitofisionomia ON (Ecótono: floresta ombrófila com floresta estacional) foi a de maior produtividade ($2,272\text{ t ha}^{-1}$). A maior produtividade foi observada na cota 090-100 m: $4,742\text{ t ha}^{-1}$ (necromassa) ou $2,158\text{ t C ha}^{-1}$ (carbono). A família botânica Sapotaceae e a espécie *Peltogyne gracilipes* Duke foram os grupos taxonômicos que mais contribuíram no contexto das espécies vegetais. A produtividade média anual de necromassa nos sistemas florestais do PARNA Viruá foi de $0,735\text{ t ha}^{-1}$ ($0,386\text{ t C ha}^{-1}$). A maior produtividade foi observada na cota 070-080 m: $1,714\text{ t ha}^{-1}$ ou $0,786\text{ t C ha}^{-1}$. Foi observado que a fitofisionomia de maior produtividade é As/As* (Floresta Ombrófila Aberta Submontana): $1,332\text{ t ha}^{-1}$. A família botânica Sapotaceae e o gênero *Pouteria sp1* foram os principais grupos taxonômicos encontrados no Viruá. Não houve diferenças da produtividade de liteira grossa (necromassa e carbono) ao longo do gradiente topográfico nos dois sítios de estudo, mas diferenças foram observadas entre alguns tipos fitofisionômicos. As espécies e famílias botânicas formadoras da liteira grossa em Maracá refletem sua composição florística, enquanto que no Viruá esta tendência não ficou claramente estabelecida. Os resultados apontaram que os valores médios gerais de produtividade de liteira grossa (necromassa e carbono) determinados para as duas áreas de floresta de transição de Roraima são os menores de toda a Amazônia, inferindo diretamente sobre as estimativas de acúmulo, produção e emissão de carbono de toda a região.

Palavras-chave: Necromassa, liteira grossa, Amazônia, floresta de transição, carbono.

ABSTRACT

The aim of this study was to estimate the annual productivity of coarse wood debris (coarse litter) in two transitional forest sites (undisturbed) in Roraima, northern of Brazilian Amazonia. It was observed the relationship among annual productivity of coarse litter (necromass and carbon), topographic gradient and forest phytophysionomies in two federal environmental protected areas. The study inventoried all the aboveground coarse litter (≥ 10 cm in diameter) found on the trails crossing permanent grids of PPBio (Brazilian Program of Biodiversity Research) in Roraima: ESEC Maracá and PARNA Viruá. The annual mean of productivity (necromass) in Maracá was $1,078 \text{ t ha}^{-1}$ or $0.558 \text{ t C ha}^{-1}$. At this site the highest annual productivity was observed at elevation 090-100 m: 4.742 t ha^{-1} ($2.158 \text{ t C ha}^{-1}$). The highest annual productivity (2.272 t ha^{-1}) was observed in the phytophysionomy ON (Ecotone: ombrophylus forest with seasonal forest). The botanical family Sapotaceae and the species *Peltogyne gracilipes* Duke (Fabaceae) were the main taxonomic groups found in Maracá. The annual mean of productivity in the forest systems at PARNA Viruá was 0.735 t ha^{-1} ($0.386 \text{ t C ha}^{-1}$). The highest annual productivity was observed in the phytophysionomy As/As* (Submontane open forests): 1.332 t ha^{-1} . At this site the highest annual productivity of coarse litter was observed at elevation 070-080 m: 1.714 t ha^{-1} ($0.786 \text{ t C ha}^{-1}$). The botanical family Sapotaceae and the species *Pouteriasp1* were the main taxonomic groups found in Viruá. There were no differences of annual coarse litter productivity (necromass and carbon) along the topographic gradient in the two study sites, but differences were observed among some phytophysionomic types. Species and botanical families forming coarse wood litter in Maracá reflect the floristic composition of that area, while in Viruá this same trend was not clearly established. The results indicated that annual mean of coarse litter productivity (necromass and carbon) calculated for the two areas of transitional forest in Roraima are the smallest of the whole Amazonia, inferring directly on the estimates of accumulation, production and carbon emissions in whole the region.

Key-words: Necromass, coarse litter, Amazonia, forest ecotone, carbon

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- Descrição geral dos dados em relação a produtividade de necromassa (liteira grossa e carbono) na grade amostral ESEC Maracá.....	42
TABELA 2	- Descrição geral dos dados em relação a produtividade anual de necromassa (liteira grossa e carbono) da grade amostral PARNA Viruá.....	44
TABELA 3	- Produtividade média anual de liteira grossa (necromassa e carbono) por cota altimétrica na grade da ESEC Maracá, Roraima.....	46
TABELA 4	- Produtividade média anual de liteira grossa (necromassa e carbono) por cota altimétrica na grade da PARNA Viruá, Roraima.....	47
TABELA 5	- Produtividade média anual de liteira grossa (necromassa e carbono) por fitofisionomia na Grade ESEC Maracá, Roraima.....	48
TABELA 6	- Produtividade média anual de liteira grossa (necromassa e carbono) por fitofisionomia na Grade PARNA Viruá, Roraima.....	49
TABELA 7	- Produtividade de acordo com as sub-parcelas válidas e famílias identificadas nas liteira grossa ESEC Maracá.....	51
TABELA 8	- Produtividade de acordo com as sub-parcelas válidas e famílias identificadas nas liteira grossa grade PARNA Viruá.....	52
TABELA 9	- Comparativo entre o método visual para decomposição e método de laboratório para grade amostral ESEC Maracá.....	56
TABELA 10	- Tabela comparativa entre o método visual para decomposição e o método de laboratório para PARNA Viruá.....	57

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- Esquema da distribuição do estoque de biomassa nos diferentes compartimentos de um sistema florestal.....	13
FIGURA 2	- Localização das duas áreas de estudo (Estação Ecológica de Maracá e Parque Nacional do Viruá).....	19
FIGURA 3	- Localização da Grade do PPBio na estação Ecológica de Maracá. Imagem Landsat (2000).....	20
FIGURA 4	- Mapa da grade PPBio ESEC Maracá, sobre imagens altimétricas obtidas pelo sistema <i>Shuttle Radar Topographic Mission</i> (SRTM).....	21
FIGURA 5	- Localização da grade do PPBio no Parque Nacional do Viruá, sobre imagens altimétricas obtidas pelo sistema <i>Shuttle Radar Topographic Mission</i> (SRTM).....	22
FIGURA 6	- Localização da grade amostral PPBio, PARNA Viruá, sobre imagens altimétricas obtidas pelo sistema <i>Shuttle Radar Topographic Mission</i> (SRTM).....	23
FIGURA 7	- Esquema amostral para medição das peças de madeira (galhos/troncos) e coleta dos discos amostrais.....	26
FIGURA 8	- Medição do comprimento da peça estabelecida dentro do perímetro da unidade amostral.....	27
FIGURA 9	- Retirada do disco amostral para ajuste do valor de volume para necromassa (liteira grossa).....	28
FIGURA 10	- Esquema do disco amostral e da localização das posições de medidas de largura da peça.....	31
FIGURA 11	- Exemplo de peça desenhada sob folha de papel A4 com a indicação das partes perdidas em cinza.....	32
FIGURA 12	- Distribuição espacial da produtividade de liteira grossa na grade ESEC Maracá.....	43
FIGURA 13	- Distribuição espacial da produtividade de liteira grossa na grade PARNA Viruá.....	45

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 JUSTIFICATIVA	16
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo Geral	17
1.2.2 Objetivos Específicos	17
2 MATERIAL E MÉTODOS	18
2.1 ÁREAS DE ESTUDO	18
2.1.1 Estação Ecológica de Maracá	19
2.1.2 Parque Nacional do Viruá	21
2.2 MÉTODO AMOSTRAL (PROTOCOLO)	23
2.2.1 Remoção Inicial das Peças (to)	24
2.2.2 Categorização das Fitofisionomias	24
2.2.3 Medidas das Peças de Madeira: Galhos e Troncos Tombados	25
2.2.4. Árvores Mortas em Pé	29
2.2.5 Grau de Decomposição	29
2.3 DETERMINAÇÃO DO VOLUME E DA NECROMASSA (LITEIRA GROSSA)	30
2.3.1 Volume Sólido e Volume Corrigido	30
2.3.2 Necromassa (Liteira Grossa)	32
2.4 ANÁLISES DA CONCENTRAÇÃO DO CARBONO E DE NITROGÊNIO	33
3 ANÁLISE DOS DADOS	35

3.1 SÍNTESE DO PROTOCOLO PARA ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO/PRODUTIVIDADE DE NECROMASSA DERIVADA DA LITEIRA GROSSA EM SISTEMAS FLORESTAIS.....	38
4 RESULTADOS	41
4.1 DESCRIÇÃO GERAL DOS DADOS	41
4.1.1 ESEC Maracá	41
4.1.2 PARNA Viruá.....	43
4.2 PRODUTIVIDADE DE LITEIRA GROSSA(NECROMASSA E CARBONO) NO GRADIENTE TOPOGRÁFICO.....	45
4.2.1 ESEC Maracá	45
4.2.2 PARNA Viruá.....	46
4.3 PRODUTIVIDADE DE LITEIRA GROSSA ENTRE AS FITOFISIONOMIAS FLORESTAIS.....	47
4.3.1 ESEC Maracá	47
4.3.2 PARNA Viruá.....	48
4.4.1 ESEC Maracá	50
4.4.2 PARNA Viruá.....	51
5 DISCUSSÃO	53
5.1 PRODUTIVIDADE DE LITEIRA GROSSA (TOPOGRAFIA E FITOFISIONOMIA)	53
5.1.1 Concentrações de carbono/nitrogênio.....	55
5.1.2 Biomassa florestal versus Produtividade de Liteira Grossa	57
5.2 FAMÍLIAS E ESPÉCIES BOTÂNICAS ASSOCIADAS À PRODUTIVIDADE DE LITEIRA GROSSA	58
6 CONCLUSÕES	61
REFERÊNCIAS	62

APÊNDICE A	68
APÊNDICE B	69
APÊNDICE C	72
APÊNDICE D	73
APÊNDICE E	76
APÊNDICE F	76
APÊNDICE G	78

1 INTRODUÇÃO

As florestas tropicais úmidas distribuem-se pela América do Sul e Central, África, Ásia e norte da Austrália e são consideradas essenciais no equilíbrio climático da Terra (IPCC, 1997). Embora reduzidas, continuam a representar grandes reservatórios naturais de carbono devido à alta produtividade e extensão (MALHI et al., 2002). Neste contexto, a região Pan Amazônica representa uma extensão significativa das florestas tropicais úmidas da Terra, ocupando uma área de cerca de 5,46 milhões de km² (SAATCHI et al., 2007). É a maior área contínua de florestas tropicais do planeta, representando um estoque de carbono da ordem de 50-86 Gt considerando a biomassa abaixo e acima do solo (viva e morta) (FEARNSIDE, 1997, 2000a; SAATCHI et al., 2007; NOGUEIRA et al., 2008).

A biomassa presente na vegetação destes ecossistemas tropicais pode ser dividida em diferentes compartimentos que possuem componentes específicos, tanto acima (e.g. troncos vivos e necromassa) quanto abaixo do solo (e.g. raízes) (Figura 1). Nos últimos anos houve um grande aporte de esforços para aumentar o volume de informações destes diferentes compartimentos da floresta amazônica, no sentido de tentar elucidar qual o seu real papel no estoque e na liberação de carbono global (PALACE et al., 2008). Entretanto, as incertezas na distribuição dos estoques de biomassa destes compartimentos ainda são grandes e possuem implicação direta na quantificação do carbono resultante da mudança do uso da terra na Amazônia (HOUGHTON, 2005).

De forma geral, os maiores avanços relacionados à quantificação do estoque de biomassa/carbono das florestas amazônicas do Brasil utilizaram como base a associação de três grandes caminhos: (i) as mais de 3000 parcelas (1 ha cada) de inventários florestais do Projeto RADAMBRASIL, (ii) estudos destrutivos em diferentes localidades e a (iii) aplicação de equações alométricas (BROWN; LUGO, 1992; FEARNSIDE et al., 1993; NOGUEIRA et al., 2008). Todos baseados na biomassa arbórea viva acima do solo. Entretanto, os estudos sobre a biomassa morta (necromassa) ainda são reduzidos e subestimam a real importância deste compartimento, recebendo pouca atenção dentro dos modelos de ciclagem do carbono florestal (HOUGHTON et al., 2001; BROWN, 2002; KELLER et al., 2004), implicando em grandes incertezas em sua quantificação por fitofisionomia florestal.

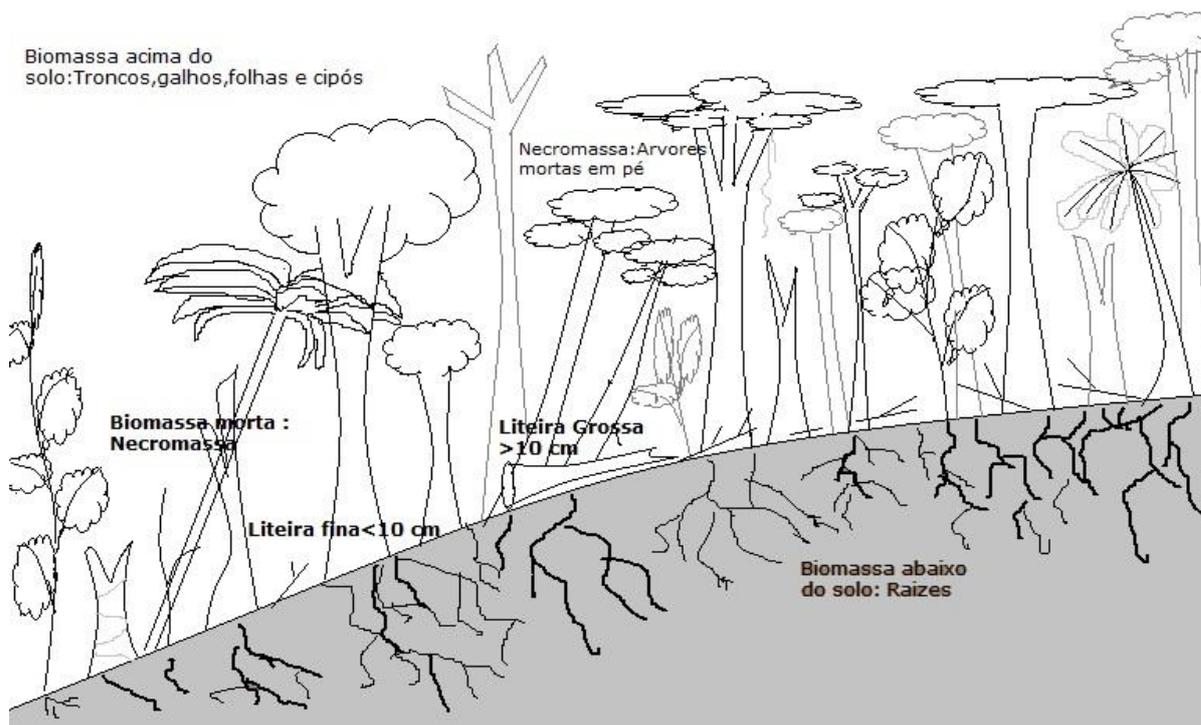


Figura 1 – Esquema da distribuição do estoque de biomassa nos diferentes compartimentos de um sistema florestal

Fonte: Elaborado pelo autor, 2011.

A biomassa arbórea morta ou necromassa arbórea pode ser definida como toda a massa lenhosa morta presente em ecossistemas naturais expressa em unidade de peso seco por unidade de área (BROWN, 1997). Estimativas apontam que a necromassa arbórea derivada de ambientes florestais maduros amazônicos pode alcançar de 10-40% de toda a biomassa arbórea presente nestes ecossistemas (HOUGHTON *et al.*, 2001; BROWN, 2002). Valores estimados de ambientes florestais não-amazônicos indicam que este compartimento pode ser responsável por 14-19% do fluxo positivo de carbono anual acima do solo (KIRA, 1978; GROVE, 2001; CLARK *et al.*, 2002). Isso poderia representar de 20 a 40% do estoque de carbono ou 12% da respiração total acima do solo (HARMON; SEXTON, 1996; BROWN, 1997; PALACE *et al.*, 2008). Entretanto, estes números são variáveis de autor para autor devido às grandes incertezas relacionadas à variabilidade estrutural dos ecossistemas (BROWN, 1997).

No caso de florestas, a necromassa pode ser dividida em duas categorias: (a) árvores mortas em pé e (b) material vegetal morto sobre o solo (HARMON *et al.*, 1986). Esta última categoria ainda pode ser dividida em duas

subcategorias: (b.i) liteira grossa com diâmetro igual ou acima de 10 cm (troncos e grandes galhos) e (b.ii) liteira fina com diâmetro abaixo de 10 cm (folhas, gravetos e galhos finos), HARMON; SEXTON, 1996).

A liteira grossa é a mais importante porque representa a maior quantidade de necromassa arbórea presente na floresta. Na Amazônia brasileira, são poucos os estudos sobre o estoque de carbono contido na liteira grossa em florestas não-perturbadas de terra-firme. As informações existentes, são limitadas às investigações de Summers (1998), Rice *et al.* (2004), Keller *et al.* (2004), Pauletto (2006), Gerwing (2002), Brown *et al.* (1995) e Scott *et al.* (1992). Os estoques de produtividade de carbono contidos na liteira grossa são função direta de sua produção regular (mensal, anual, sazonal) e remetem a diferenças estruturais e ecológicas de cada fitofisionomia florestal. Embora a produtividade seja a base da quantificação do fluxo de entrada de carbono em qualquer tipo de ecossistema, esta vem sendo muito pouco explorada na literatura científica da Amazônia (e.g. CHAMBERS *et al.*, 2000; NASCIMENTO; LAURANCE, 2004; PALACE *et al.*, 2008). Estoque, produção e produtividade de liteira grossa são variáveis dependentes da estrutura florestal que, por sua vez, é uma função direta da topografia, do tipo de solo e de outras variáveis ambientais que influenciam tanto na distribuição das espécies quanto no porte do sistema florestal. Na Amazônia Central, variações nas características do solo e da topografia influenciaram os estoques de biomassa acima do solo (LUIZÃO, 1989; LUIZÃO *et al.*, 2004; LAURANCE *et al.*, 1999; CASTILHO *et al.*, 2006; NOGUEIRA, 2006) que, por sua vez, indicaram possuir um efeito direto na mortalidade de árvores (ROCHA, 2001; TOLEDO, 2009), obviamente refletido no estoque e produção/produtividade de liteira grossa. Contudo, estudos sobre estas variáveis da liteira grossa (necromassa/carbono) para as florestas do extremo norte da Amazônia brasileira são representadas pobremente apenas pelo trabalho de Scott *et al.* (1992). Esta investigação integra um amplo estudo de dinâmica florestal realizado na Estação Ecológica de Maracá entre os anos de 1987-88 (Projeto Maracá). Os autores citados determinaram um estoque de $\sim 2,9 \text{ t Cha}^{-1}$, contidas em peças de madeira morta sobre o solo com diâmetro $\geq 2 \text{ cm}$ e árvores mortas em pé com DAP $\geq 5 \text{ cm}$. A pouca quantidade de estudos nesta região da Amazônia aumenta as incertezas na computação geral de valores para toda a região, principalmente devido a diversidade de fitofisionomias florestais encontradas em Roraima. Os ecossistemas desta região possuem diferenças marcantes na estrutura

e na composição florestal e podem estocar quantidades de carbono diferentes daquelas do sul e do centro da Amazônia. Toda esta região é caracterizada por um mosaico de áreas com relevos de baixa e altas altitudes, situado em uma grande diversificação de tipos de florestas, campinas/campinaranas e savanas (BARBOSA *et al.*, 2007).

Novos valores de estoque, fluxo de entrada (produção/produktividade) e saída (decomposição) de necromassa/carbono para diferentes regiões da floresta amazônica brasileira representam, por exemplo, novas opções de cálculo para quantificação do estoque de massa morta nos sistemas florestais brasileiros (FAO, 2009). Isso implica em ajustes nos atuais valores utilizados pelo Brasil dentro dos cálculos de emissão de gases do efeito estufa realizados através da Segunda Comunicação Nacional (BRASIL, 2010) levando em conta a base metodológica do IPCC (2003).

Com o intuito de estimar a produtividade de liteira grossa (necromassa e carbono) em duas áreas florestais de transição não perturbadas de Roraima, este estudo possui suas questões endereçadas da seguinte forma:

- a) A produtividade anual da liteira grossa (necromassa e carbono) em dois sítios de florestas não perturbadas de Roraima é afetada pelo gradiente topográfico (altitude)?
- b) b) A produtividade anual de liteira grossa (necromassa e carbono) está relacionada com a fitofisionomia florestal?
- c) c) Qual a contribuição de espécies/famílias botânicas na composição da produtividade anual de liteira grossa nas diferentes fitofisionomias florestais nas duas áreas estudadas?

1.1 JUSTIFICATIVA

Nas últimas décadas, o crescente aumento das concentrações de carbono na atmosfera, pela queima de combustíveis fósseis e biomassa tropical, vêm sendo alvo de vários estudos que tentam entender seu efeito nas mudanças climáticas globais. Estudos que quantifiquem os estoques e os fluxos carbono derivados da biomassa das florestas tropicais são de grande relevância no que diz respeito aos Serviços Ambientais (pagamento por serviços que a natureza presta para a manutenção da vida na Terra), pois contribuem para um dimensionamento mais equilibrado da real importância das florestas tropicais na manutenção do clima no planeta. A investigação em grande ou em mesoescala da produção/produktividade de liteira grossa em diferentes fitofisionomias florestais da Amazônia é parte integrante destes estudos, contribuindo para o entendimento do real papel deste sistemas florestais no ciclo global do carbono. Além disto, contribuem com novos valores de cálculo para a modelagem do estoque e do fluxo de carbono em sistemas florestais brasileiros, como parte do compromisso do Brasil nos acordos internacionais firmados dentro da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Estimar a produtividade de liteira grossa(necromassa e carbono) em duas áreas de florestas de transição (contato) não perturbadas de Roraima.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estimar a produtividade de liteira grossa em função do gradiente topográfico das duas áreas de estudo.
- Relacionar a produtividade de liteira grossa com as fitofisionomias florestais presentes nas duas áreas amostrais.
- Determinar a contribuição das diferentes espécies/famílias botânicas na produtividade da liteira grossa em cada área de estudo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREAS DE ESTUDO

O estudo foi conduzido em duas Unidades de Conservação Federais situadas no estado de Roraima, extremo norte da Amazônia brasileira: Parque Nacional (PARNA) do Viruá e Estação Ecológica (ESEC) de Maracá (Figura 2). Os sítios são grades permanentes do PPBio (Programa de Pesquisa em Biodiversidade), padronizadas e baseadas no método RAPELD. Estas áreas de pesquisa ecológica de longa-duração permitem inventários rápidos para avaliação da complementaridade biótica e planejamento do uso da terra na Amazônia (MAGNUSSON *et al.*, 2005). Cada grade possui uma área de 25km² estabelecida em um sistema de 12 trilhas com 5km de comprimento cada uma (6 no sentido norte-sul e 6 no leste-oeste). O somatório destas trilhas corresponde a 60 km lineares com 1m de largura cada. Cada trilha é demarcada a cada 50 metros de distância através de piquetes (marcos de cano PVC).

A cada 50m foi estabelecida uma subunidade amostral de 50 m² (1 m x 50 m) relacionada à fitofisionomia dominante e a altitude média entre os piquetes. No total foram observadas 1200 subunidades amostrais em cada grade, cortando diferentes ecossistemas florestais e não florestais nas duas localidades. Todas as trilhas e as respectivas subunidades amostrais foram facilmente transitáveis ao longo de praticamente todo o ano.



Figura 2 - Imagem do estado de Roraima indicando a localização das duas áreas de estudo (Estação Ecológica de Maracá e Parque Nacional do Viruá).
 Fonte: Site oficial do PPBio <http://ppbio.inpa.gov.br> (PPBio, 2009).

2.1.1 Estação Ecológica de Maracá

A ESEC de Maracá ($3^{\circ} 21' N$, $61^{\circ} 26' W$) está localizada no município de Amajari, à 135 km noroeste de Boa Vista, capital do estado de Roraima (Figura 3). A Unidade possui uma área de 103.976 ha sendo formada pelo arquipélago da Ilha de Maracá e pequenas outras ilhas estabelecidas entre os furos Maracá e Santa Rosa do médio/baixo cursos do rio Uraricoera (disponível em: <http://esecmaracarr.blogspot.com.br>). O clima é o Aw pela sistema de classificação de Köppen (BARBOSA, 1997), com precipitação pluviométrica variando de 1300-2900 mm dependendo da presença/ausência dos eventos El Niño/La Niña (Dados de Pluviometria cedidos pelo ICMBio/ESEC Maracá). Sua vegetação é caracterizada por um mosaico de transição (floresta-savana), onde existem fitofisionomias

florestais densas em contato com semidecíduais (cerca de 95% da ESEC). Aparte leste da ESEC (onde se encontra a grade do PPBio), possui vários encraves de vegetação aberta como savanas, campinas e brejos alagados; este último o IBGE (1992) classificada como “formações pioneiras”. Nos sistemas florestais, a espécie arbórea *Peltogyne gracilipes* Ducke, pode ser considerada uma espécie bio indicadora para a classificação da fitofisionomia florestal na micro e mesoescala (NASCIMENTO; VILELLA, 2008).



Figura 3 - Localização da Grade do PPBio na estação Ecológica de Maracá.

Fonte: Landsat TM/GeoCover (2000)

O relevo dentro da grade é pouco pronunciado e não ultrapassa os 100 m (51,61m a 99,05m) de altitude, sendo definido como elevações de topo convexo entrecortados por vertentes de declive relativamente suave. A parte sul da grade é menos pronunciada no relevo e possui forte influência fluvial do rio Uraricoera, tipicamente representada por brejos, buritizais e florestas abertas sazonalmente influenciadas pelo lençol freático. Os setores norte e oeste da grade são transições de relevos aplainados para ondulações mais pronunciadas, onde já é possível

observar longos trechos de floresta influenciada pela espécie *P. gracilipes*, que ocorre em diferentes densidades em diversos trechos das trilhas (Figura 4).

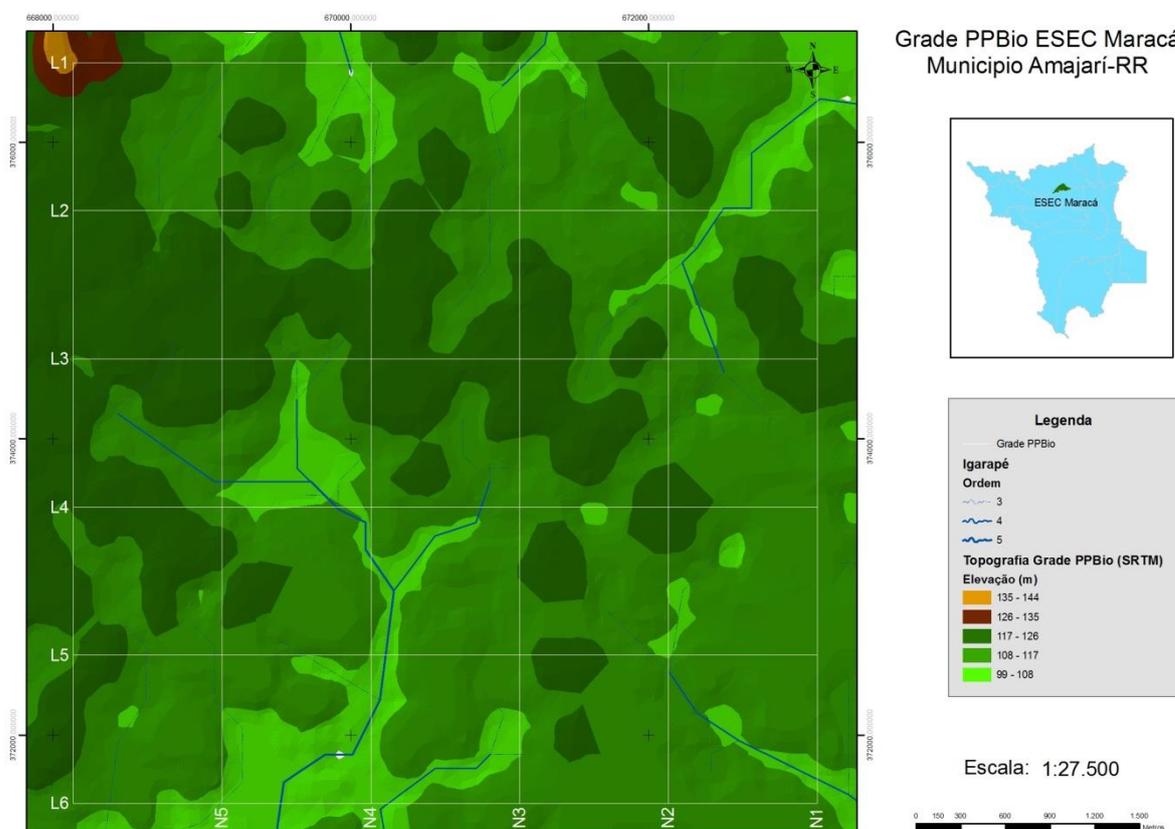


Figura 4 - Mapa da grade PPBio ESEC Maracá, sobre imagens altimétricas obtidas pelo sistema *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM). Valores das cotas altimétricas devem ser considerados como um somatório da altitude do terreno com a altura das árvores.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2011.

2.1.2 Parque Nacional do Viruá

O PARNA Viruá (1° 36' N, 61° 13' W) está situado no município de Caracaraí, na margem esquerda do rio Branco, cerca de 240 km ao sul de Boa Vista (Figura 5). Sua área total é de 215.917 ha. O clima geral da região apresenta estação seca entre janeiro-março, com maiores índices pluviométricos entre maio-agosto, com a variação da umidade relativa do ar e da temperatura sendo pequena na maior parte do ano. Tomando como base a Estação Meteorológica de Caracaraí (INMET), a média pluviométrica anual se situa entre 1750-2000 mm. O parque está estabelecido exatamente em um gradiente de transição climática pelo sistema de

Köppen (Aw no setor norte e Am no setor sul), implicando em diferenças geoambientais importantes na construção das paisagens regionais (SCHAEFER *et al.*, 2008). A maior parte dos ecossistemas é de Campinas/Campinaranas sob condições predominantemente de solos hidromórficos possuindo, contudo, alta heterogeneidade ambiental, com presença também de Florestas Densas e Abertas, principalmente nas proximidades das serras isoladas ou distribuídas ao longo dos principais cursos d'água: rio Anauá e Igarapé do Viruá (Iruá ou Uirúá) (GRIBEL *et al.*, 2008).

Em toda a extensão nordeste (local de estabelecimento da grade amostral), há uma franca predominância de planícies com Neossolos Flúvicos com presença de Campinas e Campinaranas, em mosaico com as serras residuais florestadas com altitude inferior a 400 m. Os pequenos cursos de água que cortam a grade transbordam sazonalmente de seus leitos, inundando a maior parte da área amostral.

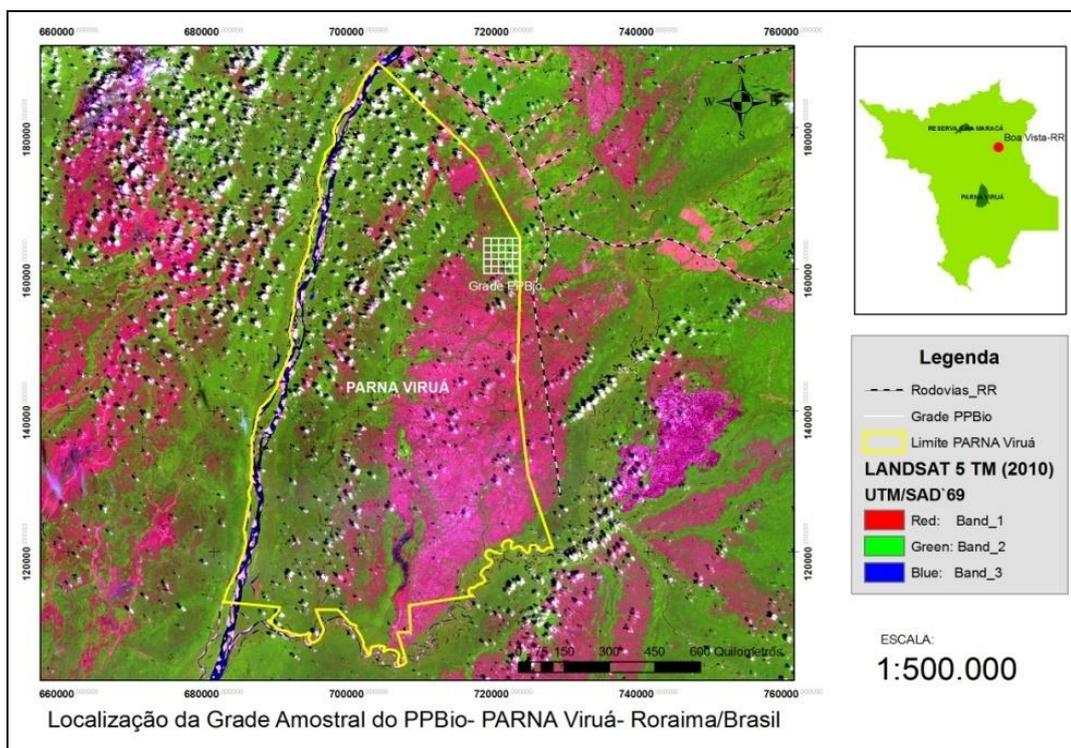


Figura 5 - Localização da grade do PPBio no Parque Nacional do Viruá, sobre imagens altimétricas obtidos pelo sistema *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2011.

A altitude dentro da grade varia de 47,47 m a 233,53 m, sendo o ponto mais alto verificado na parte nordeste, compreendido pela Serra do Preto, onde ocorrem morros residuais de baixas altitudes (Figura 6). Contudo, o relevo geral da grade compreende em sua maior parte uma vasta superfície praticamente plana, com predomínio de solos arenosos e mal drenados, com grande quantidade de baixadas sazonalmente inundadas pelas chuvas.

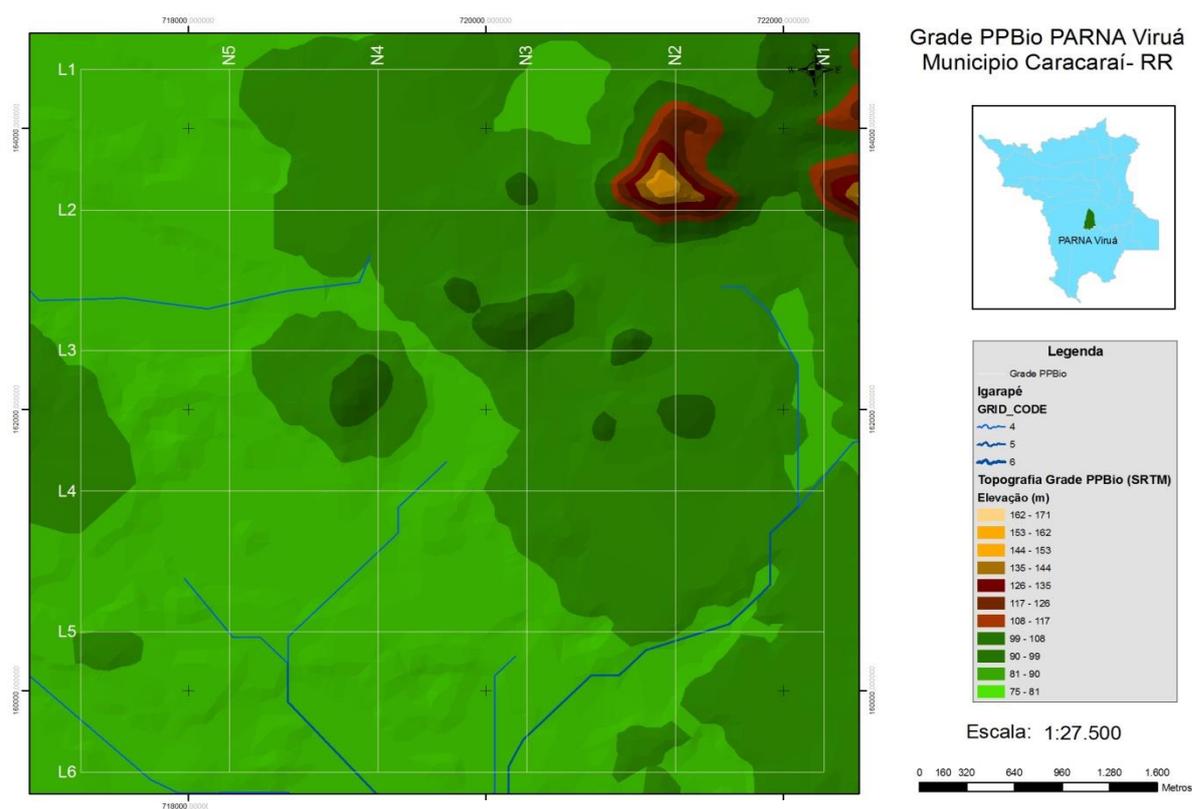


Figura 6 - Localização da grade amostral PPBio, PARNA Viruá, sobre imagens altimétricas obtidos pelo sistema *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM). Valores das cotas altimétricas devem ser considerados como um somatório da altitude do terreno com a altura das árvores.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2011.

2.2 MÉTODO AMOSTRAL (PROTOCOLO)

O método de amostragem para estimativa da produção anual de liteira grossa consiste em diferentes etapas de campo que envolvem 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 arbórea. Este protocolo amostral foi desenvolvido pela equipe do Núcleo Regional do PPBio em Roraima e testado neste estudo (ver

BARBOSA; SILVA; CAVALCANTE, 2009 em :
http://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Protocolo%20Necromassa_PPBio_Floresta_2009.12.21.pdf).

2.2.1 Remoção Inicial das Peças (t_0)

Toda a necromassa (liteira grossa) existente nas trilhas foi removida antes do início deste estudo para garantir que a necromassa medida fosse proveniente apenas do período amostral determinado, segundo metodologia utilizada por Tritton (1980) e indicada por Harmon *et al.* (1986) para estimativas de produção (input) de liteira grossa em áreas intactas. Na ESEC Maracá as trilhas foram limpas entre outubro-novembro de 2007(t_0) e amostradas no mesmo período do ano seguinte(t_1). No PARNA Viruá as trilhas foram limpas em dezembro de 2007(t_0) e amostradas em dezembro de 2008(t_1). A limpeza das trilhas foi feita com uso de motosserras e foice de mão, e contou com o apoio do IBAMA (hoje ICMBIO).

A remoção (exclusão) da liteira grossa foi estabelecida em uma faixa de 50 cm de cada lado da linha central das trilhas (seis no sentido N-S e seis no L-O). O objetivo foi o de estabelecer “**subunidades amostrais**” de 1 m de largura por 50 m de comprimento, que é o distanciamento padrão entre marcos (piquetes) que delimitam as trilhas.

2.2.2 Categorização das Fitofisionomias

A categorização das fitofisionomias (tipos de vegetação) que cada um marcos delimitadores representava foi realizada 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 serviu para estabelecer as relações de distribuição espacial da produção da liteira grossa com o tipo fitofisionômico e a altitude, visto que cada um dos marcos possui uma coordenada geográfica associada com a sua altitude em metros. Todos os dados de campo foram anotados em uma planilha específica definida nos Apêndices B; D.

2.2.3 Medidas das Peças de Madeira: Galhos e Troncos Tombados

A amostragem para produção de liteira grossa ($\varnothing \geq 10$ cm) de peças de madeira (galhos e troncos) caídas ao solo foi realizada no tempo t_1 . A coleta de informações e do material testemunho (amostras) foi feita juntamente com a equipe de remoção das peças. No trabalho de campo foram utilizadas trenas, fitas métricas, motosserras, facão, foice e sacolas plásticas para coleta de amostras. Todos os dados foram anotados em planilha de campo específica (Apêndice A).

Apenas a parte dos troncos e galhos caídos dentro do perímetro estabelecido por cada subunidade amostral foi medida (Figura 7). O diâmetro de cada extremidade da peça que toca os dois lados da trilha foi medido. Caso alguma peça pertencesse à subunidade amostral, mas não tocasse em um ou nos dois lados da trilha, este procedimento foi realizado em suas extremidades. A média da soma das duas medidas deveria ser sempre superior a 10 cm (31,4 cm de circunferência). Peças com comprimento inferior a 1 m, mas com diâmetro médio superior a 10 cm foram medidas com o mesmo método sempre que ocupavam o mesmo espaço dentro da subunidade amostral. Da mesma forma, peças situadas ao longo do comprimento da subunidade amostral também foram medidas sob o mesmo protocolo. Em peças com bifurcações, todos os diâmetros que tocavam os extremos da largura da subunidade amostral também foram medidos que, da mesma forma, deveriam resultar em uma média superior a 10 cm. Todos os diâmetros foram medidos seguindo-se a seção transversal da peça, nunca sendo tomado como base o diâmetro linear da peça quando a mesma ultrapassava o limite extremo da unidade amostral.

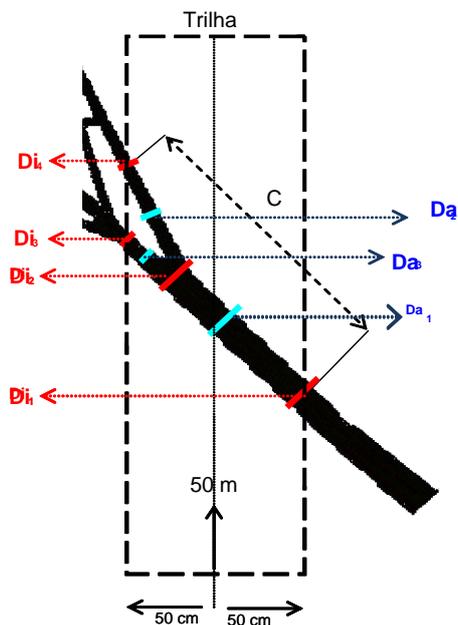


Figura 7 Esquema amostral para medição das peças de madeira (galhos/troncos) e coleta dos discos amostrais: (i) D_{i1} e D_{i2} = maior e menor diâmetro da primeira peça de madeira; D_{i2} e D_{i3} = maior e menor diâmetro da segunda peça de madeira (1ª bifurcação); D_{i2} e D_{i4} = maior e menor diâmetro da terceira peça de madeira (2ª bifurcação); (ii) D_{a1} , D_{a2} e D_{a3} = local de coleta dos três discos amostrais (obs.: – neste caso, uma única árvore possui três partes amostrais) e (iii) C = comprimento da peça.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2011.

Finalizada esta etapa, o comprimento da(s) peça(s) foi medido tomando-se como base as extremidades das mesmas posições de onde foram tomados os diâmetros (Figura 8).



Figura 8 - Medição do comprimento da peça presentes na subunidade amostral.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2011.

Após esta tarefa, um disco amostral ou cunha fracionária (metade, um quarto e assim por diante, se a peça era grande demais) foi 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 9). Este testemunho foi sempre retirado do centro de cada uma das peças, sendo logo em seguida codificado com seu número de campo. Ao número de campo da amostra estava associada as seguintes informações: macrocategoria taxonômica da peça morta (Arecaceae = palmeiras ou Dicotiledôneas = árvores e cipós), nome vulgar regional e localização geográfica tomando como base a subunidade amostral. O disco amostral foi utilizado para ajustar o volume sólido (m^3) em necromassa ($t\ ha^{-1}$) através das estimativas de perda de massa e densidade básica da madeira ($g\ cm^{-3}$).

O nome vulgar da espécie de onde foi derivada a peça de madeira foi indicado por um parobotânico de campo com experiência na área de estudo de cada grade. Esta etapa de trabalho foi uma tentativa de reconhecer a dinâmica de

produção de liteira grossa pelo menor nível taxonômico possível, visto que a identificação sem o material fértil tende a fixar erros que não podem ser detectados com facilidade. Embora não seja uma prática totalmente efetiva, a identificação taxonômica de árvores mortas em pé por nomes vulgares vem sendo utilizada para determinar a dinâmica de mortalidade de espécies na Amazônia (RICE et al., 2004). A divisão entre grandes grupos (Arecaceae e Dicotiledôneas) é também uma prática fácil e comum (PAULETTO, 2006).



Figura 9 - Retirada do disco amostral para ajuste do valor de volume para necromassa (liteira grossa).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2011.

Para todas as peças “tombadas” foi observada a distância da parte central da peça em relação ao solo: (a) peças em contato direto com o solo ou com distanciamento ≤ 10 cm foram consideradas “tombadas em contato com o solo”, (b) distância >10 cm até o máximo de 1 m, consideradas “tombadas sem contato com o solo ($h < 1\text{m}$)” e (c) distância > 1 m do solo, consideradas “tombadas sem contato

com o solo ($h > 1\text{m}$). Este aspecto das peças foi observado apenas como informação básica para futuros estudos sobre decomposição.

2.2.4. Árvores Mortas em Pé

Para as árvores mortas em pé e que estavam delimitadas pelo mesmo perímetro utilizado pelas tombadas (subunidades de 1 m x 50 m), foram medidos o DAP (diâmetro à altura do peito) e a altura total do fuste residual. Quando não foi possível acessar o DAP (tocos de madeira com altura inferior a 1,30m), então foi tomado o diâmetro central da distância entre o solo e a ponta superior do resíduo do indivíduo morto. Árvores parcialmente situadas dentro da subunidade sofreram um processo alternativo de medição, estimando-se a porcentagem de sua participação dentro da subunidade (10%, 35%, etc.). Todos estes dados foram transformados em volume por subunidade amostral e, posteriormente, em necromassa arbórea (liteira grossa) por unidade de área, seguindo os passos de cálculo apresentados no item Após as medidas as árvores mortas em pé foram totalmente derrubadas e excluídas das trilhas para evitar duplicidade de aferição nos anos seguintes.

2.2.5 Grau de Decomposição

Para determinar o grau de decomposição das peças de madeira encontradas ao longo de todas as trilhas foi realizada uma categorização tátil-visual preliminar de cada uma delas seguindo o critério modificado de Delaney *et al.* (1998) e 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 foram coletadas amostras de cada uma das peças medidas, foi possível fazer uma aferição do erro entre a avaliação tátil-visual e a medida pela coleta das peças em campo.

2.3 DETERMINAÇÃO DO VOLUME E DA NECROMASSA (LITEIRA GROSSA)

2.3.1 Volume Sólido e Volume Corrigido

A partir das informações e coletas geradas em campo foi possível estimar a necromassa derivada da liteira grossa por unidade de área. Esta etapa do trabalho consistiu 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 subunidade 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 3.2.4);

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 subunidade amostral, descontado as partes decompostas (ausentes) por microrganismos ou perda mecânica, foi realizado a digitalização do desenho de cada uma das amostras coletadas em campo. O desenho do contorno de cada uma das amostras foi realizado em papel A4, tracejando com um lápis, todo o perímetro da peça, no mesmo dia em que ela foi coletada para evitar distorções por perda de umidade. Além disto, foi registrada a sua espessura de cada disco amostral em pelo menos quatro pontos, como demonstrado na Figura 10. Se a amostra não fosse circular, mas derivada de uma fração da peça de madeira (meia peça, um quarto, etc.), foram realizadas mais medidas de espessura caso fosse constatado que as deformidades da peça deveriam ser melhor representadas. O intuito desta tarefa foi obter uma espessura média mais próxima do real para posterior cálculo da densidade básica.

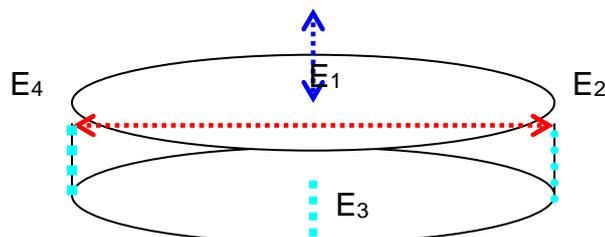


Figura 10 – Esquema do disco amostral e da localização das posições de medidas de largura da peça E₁- primeira medida no extremo do menor diâmetro; E₂ – segunda medida no outro extremo do menor diâmetro; E₃– primeira medida no extremo do maior diâmetro; E₄– segunda medida no outro extremo do maior diâmetro.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2011.

Cada desenho representou todas as partes de interesse do estudo (casca, cerne e alburno) que estavam ausentes ou presentes (Figura 11). A digitalização dos desenhos foi feita com um Scanner Digital de 1200 dpi na tentativa de se obter alta resolução nas imagens geradas. No caso das partes ausentes, foi utilizado o artifício de seguir a curvatura ainda presente em cada uma das peças para se ter uma base do percentual perdido em cada uma delas. A estimativa do número de pixels presentes e ausentes foram obtidos com o auxílio de um programa de computador de manipulação de imagens digitais. Como a área do papel A4 é conhecida (cm²), foi necessário apenas fazer os cálculos das partes ausentes (cm² e %) e presentes (cm² e %) da amostra da madeira com base no número de pixels relacionados à área do papel¹.

Os dados foram utilizados para calcular o volume corrigido de cada peça a partir da subtração do percentual de perda física de cada uma delas (estimativa de ausência de material lenhoso) do volume sólido calculado anteriormente. Este método foi adaptado de Barbosa (2001) para madeiras mortas e vivas em áreas de savana em Roraima.

¹ É possível realizar esta etapa do trabalho a partir do uso de imagens digitais fotográficas. Entretanto, pequenos ocos ou deformidades sombreadas poderiam prejudicar ou mascarar os valores.

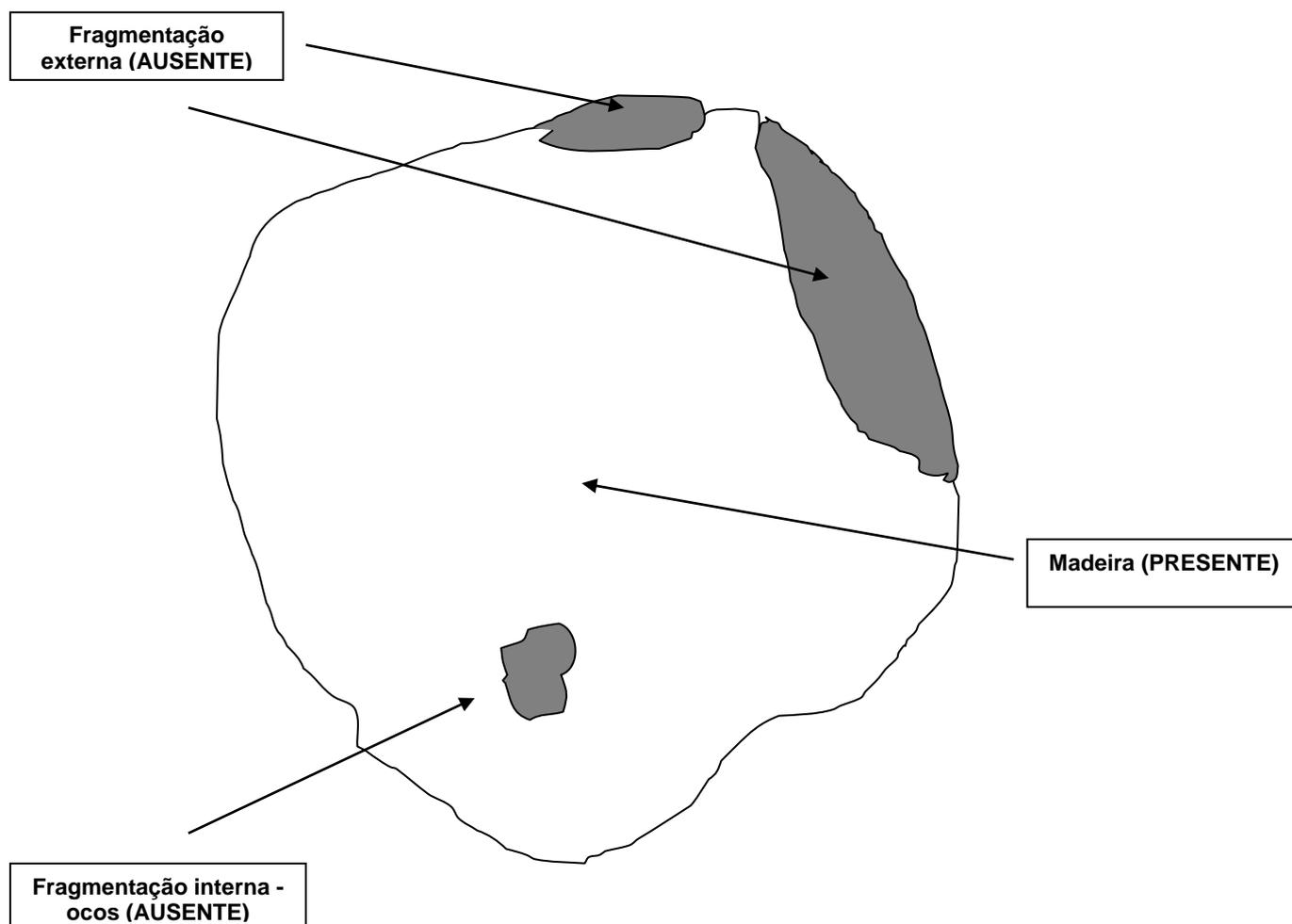


Figura 11 - Exemplo de peça desenhada sob folha de papel A4 com a indicação das partes perdidas em cinza

Fonte: Elaborado pelo autor, 2011.

2.3.2 Necromassa (Liteira Grossa)

Para o cálculo da necromassa da liteira grossa foram 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 (testemunho) foi calculado através da multiplicação da área (cm^2) de cada peça (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 foram secas em estufa à $\sim 100^\circ\text{C}$ até peso constante. Com os valores de volume (cm^3) e peso seco (g) realizou-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 (cm³), considerando a saturação de campo.

O cálculo da necromassa da liteira grossa por subunidade amostral foi realizado multiplicando-se o volume corrigido (sólido – ausente) de cada uma das peças amostradas por sua respectiva densidade básica (t peça⁻¹). A soma da necromassa de todas as peças representa a produtividade anual de necromassa em cada subunidade amostral, em t 50 m⁻²(ano). Cada valor obtido pode ser relacionado a uma fitofisionomia ou cota altimétrica.

2.4 ANÁLISES DA CONCENTRAÇÃO DO CARBONO E DE NITROGÊNIO

Para determinação da %C e %N todas as amostras coletadas em campo foram individualmente trituradas em moinho de facas. Aproximadamente 10 g de cada amostra moída foi separada em tubetes de plástico para a realização das análises. O excedente foi mantido etiquetado e armazenado em local seco como testemunho do material coletado em campo e estão depositados na base de pesquisas do INPA em Boa Vista, Roraima.

O material separado para as análises foi enviado ao Laboratório Temático de Solos e Plantas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (LTSP/INPA), Manaus/AM. As análises foram realizadas através do Auto-analisador CHN (Marca Vario MAX, Elementar, Alemanha). Este equipamento quantifica o carbono por um processo de combustão em altas temperaturas, seguida por redução (Nelson e Sommers, 1996). Além do carbono, este processo também fornece a concentração de nitrogênio (%N), permitindo determinar a razão C:N do material coletado.

Com os dados de concentração de carbono e nitrogênio em cada uma das peças, pode-se proceder a transformação da necromassa de liteira grossa, em

produção/produktividade de carbono e nitrogênio, além da relação C:N, muito importante para futuros estudos de decomposição deste compartimento florestal. O cálculo foi realizado pela multiplicação da concentração média de C e N pela necromassa de liteira grossa estimada em campo por subunidade amostral, tipo fitofisionômico e cota altimétrica.

3 ANÁLISE DOS DADOS

Todos os dados foram analisados levando em conta as cotas altimétricas e as fitofisionomias florestais disponibilizadas para cada sítio de estudo. Para responder ao objetivo geral foram seguidos os seguintes passos com base nos objetivos específicos:

- a) Produtividade de liteira grossa (necromassa e carbono) no gradiente topográfico

A produção de liteira grossa (Maracá e Viruá) no intervalo de tempo de um (1) ano foi calculada para cada subunidade amostral que, por sua vez, representava uma cota altimétrica delimitada pelos dados básicos que cada grade já possui e que está disponibilizado no sítio eletrônico do PPBio: Maracá - <http://ppbio.inpa.gov.br/sitios/maracaeVirua> - <http://ppbio.inpa.gov.br/sitios/virua>.

As cotas altimétricas foram agrupadas em categorias com intervalo de classe de 10m nas duas grades (ESEC Maracá de 050-060 m a 090-100 m; PARNA Viruá de < 50 m a > 100 m), associando-se o total da produção de liteira grossa em um conjunto sequencial de subunidades amostrais de mesma cota altimétrica. Cada conjunto de subunidades altimétricas sequenciais (independentes) foi considerado como uma parcela ou unidade amostral ($n=1$), independente da fitofisionomia florestal e de tamanho (área) variado. Essa tarefa de conjugar as cotas altimétricas em parcelas independentes foi realizada nas 12 trilhas de cada uma das grades, excetuando-se os pontos onde as trilhas N-S tocavam as L-O. Neste ponto, a subunidade da trilha N-S que tocava na L-O foi eliminada do processo de contabilização para evitar pseudoréplicas. Com o objetivo de dar representatividade a cada uma das parcelas formadas pelo conjunto de subunidades, considerou-se que somente seriam consideradas aquelas que tivessem pelo menos uma sequência de duas subunidades (100 m lineares equivalentes a 100 m² de área). Isso foi feito para evitar que um número muito grande de “parcelas” tivesse produção de liteira igual a 0 (zero) dentro de uma área amostral de apenas 50 m² em meio a um conjunto muito maior de parcelas com produção acima de zero. Isso faria com que as parcelas tivessem pesos idênticos nas análises, embora sua representatividade fosse muito diferente. Por fim, cotas altimétricas com número de parcelas (n) ≤ 4

seriam eliminadas dos testes estatísticos por não representarem efetivamente o(s) ambiente(s) daquela cota especificamente.

O objetivo desta etapa do trabalho foi o de gerar uma tabela básica composta pela produção/produktividade total e média ($t\ ha^{-1}$) de liteira grossa relacionadas à respectiva cota altimétrica. Todos estes valores foram transformados em produção de carbono ($t\ C\ ha^{-1}$) e nitrogênio ($t\ N\ ha^{-1}$) tomando como base a concentração destes dois elementos proveniente das análises químicas. Assim sendo, cada grade foi reorganizada em observações independentes (n) com área (m^2) e produção ($t\ ha^{-1}$) conhecidos, relacionados à uma categoria de cota altimétrica (m).

Para testar a hipótese de homogeneidade entre as produções vs. cota altimétrica foi realizado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (*Teste H*). Este teste é comparado à ANOVA (paramétrica), sendo adotado para comparação de três ou mais amostras independentes (mesmo tamanho ou desiguais), aplicando-se um sistema de escores entre os valores das amostras em um nível ordinal (AYRES et al., 2007). Foi adotado um nível de significância de 5% no sentido de expressar a homogeneidade ou a heterogeneidade da produção de liteira grossa entre as diferentes cotas altimétricas de ambas as grades. No caso de significância entre as médias, foi adotado o teste Student-Newman-Keuls (SNK). Foi utilizado o pacote estatístico de uso livre BioEstat 5.0 (AYRES et al., 2007).

b) Produção anual de liteira grossa entre as fitofisionomias florestais

Toda a produção (necromassa e carbono) anual de liteira grossa de cada uma das grades foi associada as fitofisionomias florestais identificadas em campo e classificadas dentro dos conceitos do manual da vegetação brasileira (IBGE, 1992; Apêndices B e D). As fitofisionomias não florestais foram contabilizadas do inventário fitofisionômico, mas não foram utilizadas nas análises dos dados.

Neste estudo de caso, a média da produção por fitofisionomia foi transformada em $t\ ha^{-1}$ por ano no sentido de se estabelecer um referencial para comparação com os demais trabalhos realizados na Amazônia. A produção de liteira grossa de cada grade foi tabelada incluindo as informações derivadas das classes de contato com o solo e o total por cada fitofisionomia para dar visibilidade da

distribuição da forma de queda das árvores (ou galhos) mortas que seguem para o estágio de decomposição.

Para testar se a produção de liteira diferia entre as fitofisionomias florestais, todo o banco de dados foi novamente reorganizado para construir parcelas independentes a partir das subunidades amostrais. A metodologia adotada é a mesma da questão anterior, onde foram observadas subunidades sequenciais com a mesma fitofisionomia para formar uma parcela ou unidade amostral ($n=1$) com observações contínuas, representativas e independentes. Assim sendo, cada grade foi reorganizada em observações independentes (n) com área (m^2) e produção ($t\ ha^{-1}$) conhecidos associados à uma fitofisionomia. Da mesma forma anterior, foi aplicado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (*Teste H*) com um nível de significância de 5%. No caso de significância entre as médias, também foi adotado o teste Student-Newman-Keuls (SNK) e, da mesma forma que o anterior, o pacote estatístico foi o Bio Estat 5.0 (AYRES *et al.*, 2007).

c) Produção de biomassa morta por espécies e famílias botânicas

Com a identificação de campo do parobotânico (nome vulgar) foi efetivada uma associação com os nomes científicos das famílias e espécies. Esta associação foi realizada com base nos seguintes critérios: (i) espécies e famílias de amplo conhecimento local e que não representariam, em nenhuma outra hipótese, qualquer outro tipo de espécie, como por exemplo: roxinho = *Peltogyne gracilipes* (Fabaceae) ou casca doce = *Pradosia surinamensis* (Sapotaceae); (ii) grupos de espécies pertencentes a grandes famílias, como por exemplo a associação do nome “abiu” com a família Sapotaceae; (iii) nomes vulgares fora dos itens (i) e (ii) foram morfotipados e numerados em conformidade com o grupo de peças que formavam aquele determinado morfotipo (Arecaceae para as palmeiras e Dicotiledôneas para as demais árvores não palmeiras)

Finalizada esta tarefa, todas as espécies, famílias ou morfotipos foram agrupados por fitofisionomia florestal no sentido de entender a composição e a distribuição das peças mortas destes indivíduos perante à fitofisionomia correspondente.

3.1 SÍNTESE DO PROTOCOLO PARA ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO/PRODUTIVIDADE DE NECROMASSA DERIVADA DA LITEIRA GROSSA EM SISTEMAS FLORESTAIS

Quadro 1 - Síntese do Protocolo para Estimativa da Produção/Produtividade de Necromassa derivada da Liteira Grossa em Sistemas Florestais

Item	Ação
1	<p>Início dos trabalhos de campo – remoção inicial das peças para estabelecimento do t_0.</p> <p>Tempo Requerido: 10-15 dias (4-6 km de trilhas limpas por dia).</p>
2	<p>Retorno às trilhas em t_1 (e.g 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.</p> <p>Tempo Requerido: 12-18 dias (3-5 km por dia).</p>
3	<p>Reconhecimento fitofisionômico (subgrupo de formação) da vegetação onde cada um dos marcos delimitadores das trilhas está assentado (e.g. usar sistema de classificação da vegetação brasileira – IBGE, 1992).</p>
4	<p>Reconhecimento das peças com diâmetro ≥ 10 cm, indicando seu posicionamento na unidade amostral (tombadas ou em pé).</p>
5	<p>Identificação da espécie botânica através do “nome vulgar” por um técnico ou auxiliar de campo local (morfotipagem).</p>
6	<p>. Peças tombadas: medir os diâmetros ou as circunferências das peças onde cada uma toca nos extremos da unidade amostral;</p> <p>. 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, o indivíduo morto em pé está dentro da unidade amostral.</p>
7	<p>. Peças tombadas: medir o comprimento da parte da peça que está estabelecida dentro da unidade amostral;</p> <p>. Peças em pé: estimar a altura do fuste.</p>

8	<p>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).</p>
9	<p>. Em caso de peças “tombadas”, observar a distância da parte central da peça em relação ao solo: (a) peças em contato direto com o solo ou com distanciamento ≤ 10 cm foram consideradas “tombadas em contato com o solo”, (b) distância >10 cm até o máximo de 1 m, consideradas “tombadas sem contato com o solo ($h < 1m$)” e (c) distância > 1 m do solo, consideradas “tombadas sem contato com o solo ($h > 1m$).</p> <p>. Situar a peça como Dicotiledônea (cipós e árvores em geral) ou Arecaceae (palmeiras).</p>
10	<p>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.</p>
11	<p>Finalizada a coleta, todo o material residual da liteira grossa deve ser removido das trilhas para evitar dupla contabilização em futuras medições.</p>
12	<p>Ainda em campo ou 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.</p>
13	<p>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.</p>
14	<p>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).</p>

15	Secar cada amostra em estufa elétrica à ~100°C até peso constante. Anotar o peso seco (g).
16	Calcular a densidade básica da madeira (g cm^{-3}) de cada uma das amostras com a divisão do peso seco (g) pelo volume saturado (cm^3).
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 (t50 m^{-2}) pode ser transformado em t 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 que podem ser aplicados nas estimativas de ESTOQUE de liteira grossa (parcelas permanentes).

4 RESULTADOS

4.1 DESCRIÇÃO GERAL DOS DADOS

4.1.1 ESEC Maracá

A quantificação da liteira grossa nesta grade amostral foi realizada em 12 dias pela equipe de campo, resultando em uma amostragem total de 201 peças (troncos e galhos) mortas tombadas e 9 indivíduos mortos em pé, estabelecidos em nove (9) fitofisionomias das 18 observadas (Tabela1; Apêndice B). A maioria das peças foram configuradas como “tombadas em contato com o solo” (60,2%), e a fitofisionomia com maior número de peças medidas foi a Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas (Ab), com 72 peças. O total de peças com nível de podridão inicial (P1) foi de 147 ou 73,1% do total observado. A média geral da densidade básica calculada para todas as fitofisionomias foi de $0,528 \pm 0,177 \text{ g cm}^{-3}$ (Apêndice C).

Tabela 1- Descrição geral dos dados em relação a produtividade de necromassa (liteira grossa e carbono) na grade amostral ESEC Maracá.

Fitofisionomia	Número Total de Peças Tombadas			Árvores Mortas em Pé	Grau de Decomposição			Densidade média (gcm ⁻³)
	Em Contato	Sem Contato (h<1m)	Sem contato (h>1m)		P1 (<10%)	P2 (11-30%)	P3 (>31%)	
ON	4	2	-	2	5	1	-	0,556
PN	3	1	6	0	6	2	2	0,514
Ab	72	20	23	2	89	9	17	0,540
Pab	3	4	6	0	11	1	1	0,470
Fb	15	7	7	4	18	6	5	0,551
Cb	16	1	2	0	14	1	4	0,542
Paa	4	-	-	1	2	1	1	0,439
PO	2	1	-	0	1	-	2	0,535
Ld	2	-	-	0	1	-	1	0,457
Água-lacoo	-	-	-	0	-	-	-	-
La	-	-	-	0	-	-	-	-
Lb	-	-	-	0	-	-	-	-
Lg	-	-	-	0	-	-	-	-
LN	-	-	-	0	-	-	-	-
LO	-	-	-	0	-	-	-	-
Pah	-	-	-	0	-	-	-	-
SO	-	-	-	0	-	-	-	-
Sp	-	-	-	0	-	-	-	-
Total Geral	121	36	44	9	147	21	33	0,528

ON- Ecótono ou Enclave de Floresta Ombrófila com Floresta Estacional;PN- Ecótono ou Enclave de Formação Pioneira com Floresta Estacional;Ab- Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas;Pab- Formação Pioneira sob Influência Fluvial (presença de estrato arbóreo caracterizado pela presença de *Mauritia flexuosa*, sob sistema de inundação periódica); Fb- Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas; Cb- Floresta Estacional Decidual das Terras Baixas; Paa- Formação Pioneira sob Influência Fluvial (presença de estrato arbustivo sob sistema de inundação periódica); PO- Ecótono ou Enclave de Formação Pioneira com Floresta Ombrófila; Ld- Campinarana Florestada; La- Campinarana Arborizada;Lb- Campinarana Arbustiva; Lg- Campinarana Graminosa;LN- Ecótono ou Enclave de Campinarana com Floresta Estacional;LO- Ecótono ou Enclave de Campinarana com Floresta Ombrófila; Pah- Formação Pioneira sob Influência Fluvial (presença de estrato herbáceo sob sistema de inundação periódica); SO- Ecótono ou Enclave de Savana com Floresta Ombrófila;Sp- Savana Parque.

A distribuição espacial das peças de liteira grossa observadas na grade da ESEC Maracá estão apresentadas na Figura 12. A localização das peças segue uma representação espacial por pontos relacionados às subunidades amostrais, situando-as em termos de área basal da peça (ou peças) de liteira grossa existente em cada uma.

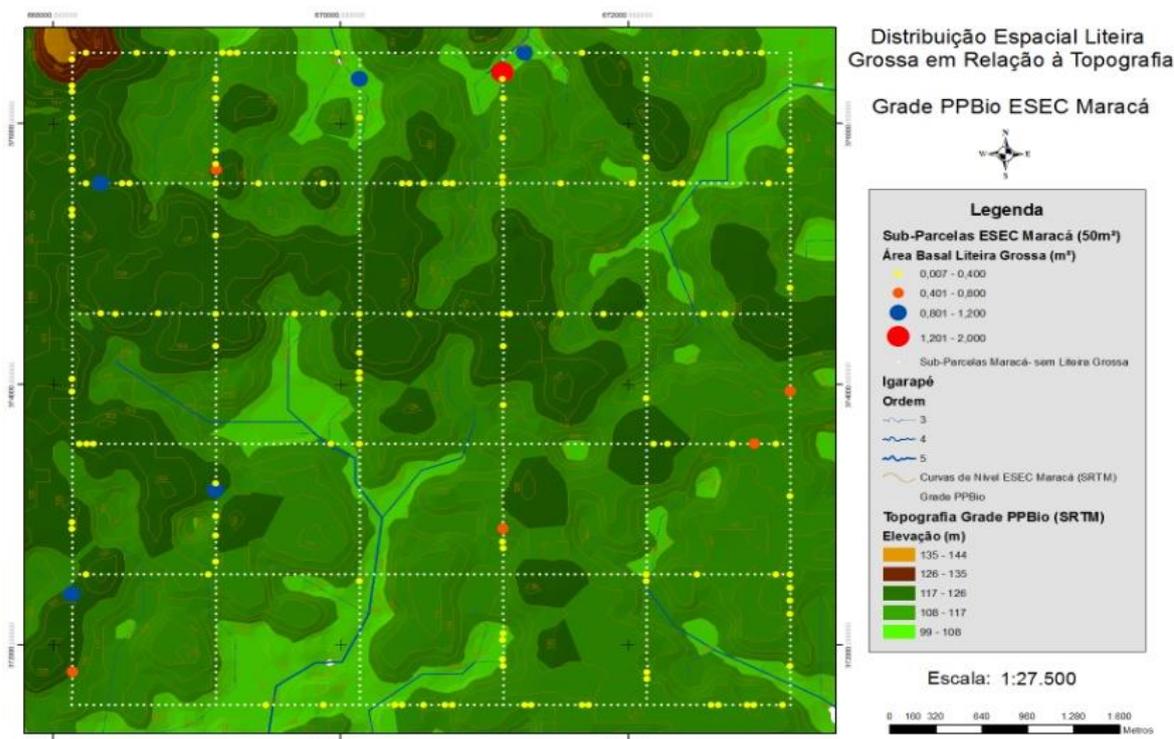


Figura 12 - Distribuição espacial da produtividade de liteira grossa na grade ESEC Maracá.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2011.

4.1.2 PARNA Viruá

A quantificação foi realizada em nove dias de trabalho de campo, resultando em 190 peças tombadas e 11 indivíduos mortos em pé, distribuídas em nove (9) fitofisionomias dentre as 16 observadas nesta grade (Tabela 2; Apêndice D). A maioria das peças observadas estavam “tombadas em contato com o solo” (55,8%), e a fitofisionomia com maior número de peças medidas nesta grade também foi a Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas (Ab), com 58 peças. O total de peças com nível de podridão inicial (P1) foi de 133 (70,0%). A média geral da densidade básica calculada para todas as fitofisionomias foi de $0,522 \pm 0,156 \text{ g cm}^{-3}$ (Apêndice E).

Tabela 2 – Descrição geral dos dados em relação a produtividade anual de necromassa (liteira grossa e carbono) da grade amostral PARNA Viruá.

Fitofisionomia	Número Total de Peças Tombadas				Grau de Decomposição			Densidade média (gcm ⁻³)
	Em contato	Sem contato (h<1m)	Sem contato (h>1m)	Árvores Mortas em Pé	P1 (<10%)	P2 (11-30%)	P3 (>31%)	
As*	5	5	1	3	7	2	2	0,473
LO	13	4	3	3	18	-	2	0,569
As	6	5	6	2	9	5	3	0,506
Ab	35	14	9	1	44	6	8	0,539
Ld	20	5	9	2	23	3	8	0,504
PO	1	-	-	-	1	-	-	0,238
Ld+La	8	3	6	-	13	3	1	0,564
L	17	12	2	-	17	4	10	0,492
La	1	-	-	-	1	-	-	0,534
Lb+Lg	-	-	-	-	-	-	-	-
PL	-	-	-	-	-	-	-	-
Pab	-	-	-	-	-	-	-	-
Água-Lago	-	-	-	-	-	-	-	-
La+Lb	-	-	-	-	-	-	-	-
Lg	-	-	-	-	-	-	-	-
Lb	-	-	-	-	-	-	-	-
Total geral	106	48	36	11	133	23	34	0,522

As/As*- Floresta Ombrófila Aberta Submontana e transição;LO- Ecótono ou Enclave de Campinarana com Floresta Ombrófila;Ab- Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas;Ld- Campinarana Florestada;PO - Ecótono ou Enclave de Formação Pioneira com Floresta Ombrófila;Ld+La- Campinarana Florestada/Mosaico;L- Mosaico de Campinarana não definido;La- Campinarana Arborizada;La+Lb- Campinarana Arborizada/Mosaico;Lb+Lg- Campinarana Arbustiva/Mosaico;Lg- Campinarana Graminosa;Pab- Formação Pioneira sob Influência Fluvial (presença de estrato arbóreo caracterizado pela presença de *Mauritia flexuosa*, sob sistema de inundação periódica);PL- Ecótono ou Enclave de Formação Pioneira com Campinarana.

A distribuição espacial das peças de liteira grossa observadas na grade do PARNA Viruá estão apresentadas na Figura 13. Da mesma forma que Maracá, a localização das peças segue uma representação espacial por pontos relacionados às subunidades amostrais, situando-as em termos de área basal da peça (ou peças) de liteira grossa existente em cada uma.

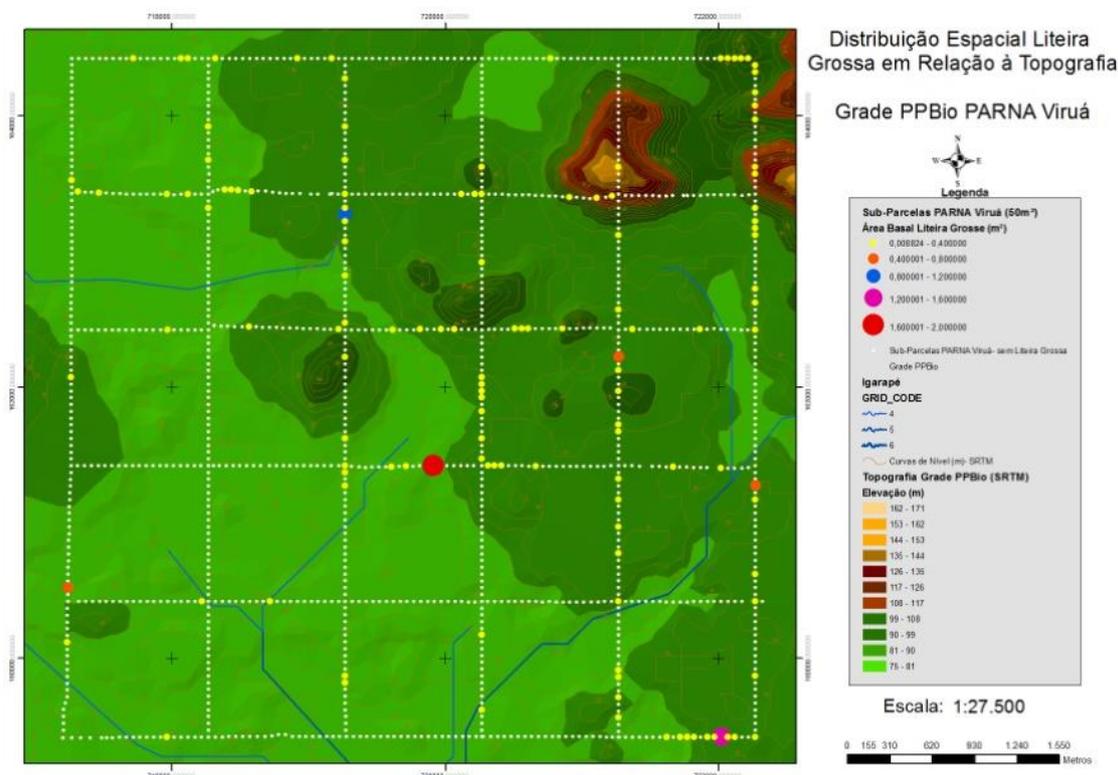


Figura 13 - Distribuição espacial da produtividade de liteira grossa na grade PARNA Viruá.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2011

4.2 PRODUTIVIDADE DE LITEIRA GROSSA(NECROMASSA E CARBONO) NO GRADIENTE TOPOGRÁFICO

4.2.1 ESEC Maracá

Foram configuradas cinco categorias de cota altimétrica na grade da ESEC Maracá (050-060 m a 090-100 m), onde se concentraram 167 (n) parcelas conjugadas. A produtividade média anual de necromassa de liteira grossa para toda a grade foi de $1,055 \pm 1.743 \text{ t ha}^{-1}$ (Média \pm DP) correspondendo a $0,481 \pm 0,793 \text{ t C ha}^{-1}$ (Tabela 3). A maior produtividade anual absoluta de liteira grossa foi observada na cota 090-100 m, com um total de $4,742 \text{ t ha}^{-1}$ de necromassa, correspondendo a $2,158 \text{ t C ha}^{-1}$ (Tabela 3). Esta cota possuía apenas três parcelas e não foi computada nas análises estatísticas, embora tenha sido utilizada no computo geral das médias.

A análise de variância não paramétrica (Kruskal-Wallis) não apresentou significância no nível de 5% ($H=3,374$; $GL=3$; $p=0,292$) entre as médias de

produtividade anual (necromassa e carbono) de liteira grossa, indicando que a produtividade é homogênea, independentemente da cota altimétrica.

Tabela 3 - Produtividade média anual de liteira grossa (necromassa e carbono) por cota altimétrica na grade da ESEC Maracá, Roraima. Valores com a mesma letra indicam homogeneidade entre as médias (Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$).

Cota (m)	Número de Parcelas	Produtividade Necromassa (t ha ⁻¹ ± DP)	% C	% N	Relação C:N	Produtividade Carbono da Necromassa (t C ha ⁻¹ ± DP)
050-060	18	0.879 ^a	45.48	0.31	187,24	0,400 ^a
060-070	57	0.720 ^a	45.47	0.32	160,23	0,328 ^a
070-080	64	1.340 ^a	45.63	0.33	155,20	0,611 ^a
080-090	25	0.629 ^a	45.81	0.29	169,71	0,288 ^a
090-100	3	4.742 ^(*)	45.51	0.23	231,37	2,158 ^(*)
Total	167	1,055±1.743	45,59	0,318	164,20	0,481±0,793

(*) Cota 090-100 m não foi incluída na análise porque apresentou somente 3 parcelas amostrais.

As concentrações (%) de C nas peças de liteira grossa variaram pouco em todas as cotas (45,5% a 45,8%), enquanto que as de N foram mais elásticas (0,23% a 0,33%). Com estes resultados, a média da relação C:N entre todas as cotas foi de 164,2.

4.2.2 PARNA Viruá

Foram determinadas sete categorias de cota altimétrica na grade do PARNA Viruá (<50 m a >100 m), onde se concentraram 105 parcelas conjugadas. A produtividade de necromassa média anual para toda a grade foi de 0,668 ± 0,453 t ha⁻¹, correspondendo a 0,308 ± 0,208 t C ha⁻¹ (Tabela 4). A maior produtividade anual absoluta de liteira grossa foi observada na cota 070-080 m com um total de 1,714 t ha⁻¹ de necromassa, correspondendo a 0,787 t C ha⁻¹ (Tabela 4). As cotas 080-090 m e 090-100 m possuíam apenas duas parcelas cada e não foram computadas nas análises estatísticas, embora tenham sido utilizadas no computo geral das médias.

A análise de variância não paramétrica (Kruskal-Wallis) não apresentou significância no nível de 5% (H=8,013; GL=4; p=0,091) entre as médias de

produtividade anual (necromassa e carbono) de liteira grossa, também indicando que a produtividade é homogênea no Viruá, independentemente da cota altimétrica.

Tabela 4 – Produtividade média anual de liteira grossa (necromassa e carbono) por cota altimétrica na grade do PARNA Viruá, Roraima. Valores com a mesma letra indicam homogeneidade entre as médias (Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$).

Cota (m)	Número de Parcelas	Produtividade Necromassa (t ha ⁻¹ ± DP)	% C	% N	Relação C:N	Produtividade Carbono da Necromassa (t ha ⁻¹ ± DP)
< 50	38	0.229 ^a	46.04	0.33	166,20	0.105 ^a
050-060	43	0.897 ^a	45.88	0.32	175,47	0.412 ^a
060-070	10	0.980 ^a	45.96	0.24	222,75	0.447 ^a
070-080	5	1.714 ^a	45.47	0.38	131,49	0.786 ^a
080-090	2	1.209 ^(*)	45.70	0.35	146,82	0.555 ^(*)
090-100	2	1.157 ^(*)	46.51	0.25	182,95	0.537 ^(*)
> 100	5	1.282 ^a	46.16	0.41	137,49	0.592 ^a
Total	105	0.668±0.453	45.93	0.32	170,49	0.308±0,208

(*) Cotas 080-090 m e 090-100 m não foram incluídas na análise porque apresentaram somente 2 parcelas amostrais cada.

Da mesma forma que em Maracá, as concentrações (%) de C nas peças de liteira grossa do Viruá pouco variaram em todas as cotas (45,5% a 46,5%), enquanto que as N tiveram um nível de variação maior (0,24% a 0,41%), resultando em uma média de 170,5 para a razão C:N entre todas as cotas.

4.3 PRODUTIVIDADE DE LITEIRA GROSSA ENTRE AS FITOFISIONOMIAS FLORESTAIS

4.3.1 ESEC Maracá

Foram determinadas oito fitofisionomias florestais onde se encontraram 392 parcelas conjugadas. A média geral de necromassa de liteira grossa para Maracá foi de $1,078 \pm 0,735$ t ha⁻¹ ou $0,558 \pm 0,339$ t C ha⁻¹ (Tabela 5). A maior produtividade anual de liteira grossa foi observada na fitofisionomia ON (Ecótono ou Enclave de Floresta Ombrófila com Floresta Estacional) com um total de $2,272$ t ha⁻¹ de necromassa, correspondendo a $1,050 \pm$ t C ha⁻¹. As fitofisionomias florestais LO (Ecótono de Campinarana com Floresta Ombrófila) e LN (Ecótono de Campinarana

com Floresta Estacional) foram congregadas em uma mesma categoria, mas não possuíam quatro parcelas sendo, desta forma, não computadas nas análises estatísticas, embora tenham sido utilizadas no computo geral das médias.

A análise de variância (Kruskal-Wallis) apresentou significância no nível de 5% ($H=15,412$; $GL=6$; $p=0,0173$) entre as médias de produtividade anual (necromassa e carbono) de liteira grossa, indicando diferença estatística entre as médias. A aplicação do teste SNK distinguiu as campinaranas (La+Ld) dos demais tipos florestais, embora não haja diferenças das campinaranas com os tipos estacionais (Fb e Cb) e a pioneira Pab (Tabela 5).

Tabela 5 – Produtividade média anual de liteira grossa (necromassa e carbono) por fitofisionomia na grade da ESEC Maracá, Roraima. Valores com a mesma letra indicam homogeneidade entre as médias (Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$).

Fitofisionomia	Número de Parcelas	Produtividade Necromassa (t ha ⁻¹ ± DP)	% C	%N	Relação C:N	Produtividade Carbono da Necromassa(t C ha ⁻¹ ± DP)
ON	14	2,272 a	46,35	0,27	183,57	1,050 a
Ab	61	1,241 a	45,52	0,33	167,64	0,568 a
PO+PN	16	1,133 a	46,00	0,25	198,85	0,518 a
Fb	33	0,875 ab	45,64	0,31	169,96	0,399 ab
Cb	35	0,852 ab	45,62	0,31	172,03	0,385 ab
Pab	21	0,742 ab	44,86	0,31	160,45	0,332 ab
La+Ld	13	0,053 b	45,52	0,28	161,26	0,023 b
LO+LN	4	0	0	0	0	0 -
Fitofisionomias não florestais	6	0	0	0	0	0 -
Total (1)	392	1,078±0,735	45,57	0,308	171,069	0,558±0,339

(1) Excluídos os ambientes não florestais.

As concentrações (%) de C nas peças de liteira grossa das fitofisionomias florestais variou de 45,5% a 46,3%, enquanto que as de N variaram de 0,25% a 0,33% (razão C:N = 171).

4.3.2 PARNA Viruá

Foram determinadas seis fitofisionomias florestais e configuradas 177 parcelas conjugadas. A média geral de produção de liteira grossa foi de $0,735 \pm 0,574 \text{ t ha}^{-1}$ ou $0,386 \pm 0,236 \text{ t C ha}^{-1}$ (Tabela 6). A maior produtividade anual de liteira grossa foi observada na fitofisionomia As/As* (Floresta Ombrófila Aberta Submontana) com um total de $1,332 \text{ t ha}^{-1}$ de necromassa, correspondendo a $0,613 \text{ t C ha}^{-1}$. As fitofisionomias Pab (Formação Pioneira Arbórea – Buritizal) e PL+PO (Ecótono de Formação Pioneira com Campinarana + Ecótono de Formação Pioneira com Floresta Ombrófila) possuem duas parcelas cada e não foram computadas nas análises estatísticas, embora tenham sido utilizadas no computo geral das médias.

A análise de variância (Kruskal-Wallis) apresentou significância no nível de 5% ($H=8,9756$; $GL=3$; $p=0,0296$) entre as médias de produtividade anual (necromassa e carbono) de liteira grossa. A aplicação do teste SNK indicou que as florestas abertas submontanas (As/As*) são distintas das campinaranas (L+La+Ld), mas não diferem das ecotonais (LO) e ombrófilas das terras baixas (Ab) (Tabela 6).

Tabela 6 – Produtividade média anual de liteira grossa (necromassa e carbono) por fitofisionomia na grade do PARNA Viruá, Roraima. Valores com a mesma letra indicam homogeneidade entre as médias (Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$).

Fitofisionomia	Número de Parcelas	Produtividade necromassa ($\text{t ha}^{-1} \pm \text{DP}$)	% C	%N	Relação C:N	Produtividade Carbono da Necromassa ($\text{t C ha}^{-1} \pm \text{DP}$)
As/As*	9	1,332a	45,97	0,37	146,02	0,613 a
LO	24	1,317ab	46,16	0,26	196,07	0,601ab
Ab	29	1,033 ab	45,93	0,32	182,25	0,475 ab
L+La+Ld	92	0,493 b	45,95	0,34	164,67	0,226 b
PO+PL	2	0,421 -	45,09	0,43	103,84	0,19
Pab	2	0 -	0	0	0	0 -
Fitofisionomias não florestais	19	0 -	0	0	0	0 -
Total (1)	177	$0,735 \pm 0,574$	45,96	0,332	168,98	$0,386 \pm 0,263$

(1) Excluídos os ambientes não florestais.

Os valores absolutos das concentrações (%) de C (45,1% a 46,2%) e N (0,26% a 0,43%) obtidos das peças de liteira grossa do PARNA Viruá foram semelhantes as de Maracá, refletindo igualdades também na razão C:N (169).

4.4 PRODUTIVIDADE DE LITEIRA GROSSA POR ESPÉCIES/FAMÍLIAS BOTÂNICAS

4.4.1 ESEC Maracá

Das 210 peças que compunham a produtividade da grade da ESEC Maracá, 21 (10%) não possuíam qualquer tipo de identificação taxonômica detalhada devido ao estado avançado de decomposição (e.g. Dicotiledôneas sem definição de grupo taxonômico) (Tabela 7; Apêndice F). Do restante, 79 (37,6%) foram identificadas até o nível de espécie, 62 (29,5%) até gênero e 48 (22,9%) até família botânica. As peças identificadas até o nível de espécie foram as de maior conhecimento regional, como *Peltogyne gracilipes* (roxinho), *Mauritia flexuosa* (buriti), *Pradosia surinamensis* (casca doce) ou *Astrocaryum tucuma* (tucumã). Esta distribuição reflete aproximadamente o total de produtividade de liteira grossa por espécie/família na grade de Maracá.

A família Sapotaceae foi a de maior representatividade na produtividade média, alcançando um total de 1,528 t (0,255 t ha⁻¹) ou 24,1% de toda produtividade por família (Tabela 7). Em seguida se estabeleceu a família Fabaceae (Caesalpinioideae) com 0,184 t ha⁻¹ (17,5%) e o grupo de Dicotiledôneas sem identificação taxonômica (0,159 t ha⁻¹; 15,1%). Individualmente, as espécies que definiram a produtividade na grade da ESEC Maracá foram *Peltogyne gracilipes* (0,109 t ha⁻¹; 1,73%), *Goupia glabra* (0,073 t ha⁻¹; 1,16%) e *Attalea maripa* (0,067 t ha⁻¹; 1,06%) (Apêndice F).

Tabela 7 – Total produzido e produtividade média das famílias botânicas identificadas na liteira grossa observada na grade da ESEC Maracá.

Família	Total Produzido (t)	Produtividade (t ha ⁻¹)	%
Sapotaceae	1,5281	0,255	24,1
Fabaceae-Caesalpinioideae	1,1052	0,184	17,5
Dicotiledônea (sem definição)	0,9529	0,159	15,1
Lauraceae	0,4653	0,078	7,4
Lecythidaceae	0,4458	0,074	7,0
Arecaceae	0,4438	0,074	7,0
Goupiaceae	0,4411	0,074	7,0
Bombacaceae	0,1981	0,033	3,1
Moraceae	0,1539	0,026	2,4
Fabaceae-Mimosoideae	0,1487	0,025	2,3
Cecropiaceae	0,1330	0,022	2,1
Bignoniaceae	0,1267	0,021	2,0
Annonaceae	0,0584	0,010	0,9
Simaroubaceae	0,0567	0,009	0,9
Apocynaceae	0,0272	0,005	0,4
Rubiaceae	0,0161	0,003	0,3
Malpighiaceae	0,0125	0,002	0,2
Fabaceae-Faboideae	0,0084	0,001	0,1
Araliaceae	0,0050	0,001	0,1
Olacaceae	0,0034	0,001	0,1
Total	6,3300	1,055	100,0

4.4.2 PARNA Viruá

Das 201 peças que configuraram a produtividade da grade do PARNA Viruá, 21 (10,4%) não possuíam identificação taxonômica detalhada (Dicotiledôneas sem taxonomia definida), devido ao estado avançado de decomposição. Do restante, 68 (33,8%) foram identificadas até o nível de espécie, 69 (34,3%) até gênero e 43 (21,4%) até família (Apêndice G). As peças identificadas até o nível de espécie foram as de maior conhecimento regional, como *Anacardium giganteum* (cajuí), *Oneocarpus bacaba* (bacaba), *Couratari tauari* (tauari) ou *Attalea maripa* (inajá).

Da mesma forma que em Maracá, a família Sapotaceae também foi a de maior representatividade na grade do Viruá, alcançando um total de 0,629 t ou 0,105t ha⁻¹por ano (15,7% de toda produtividade por família) (Tabela 8). Em seguida se estabeleceram o grupo de Dicotiledôneas sem identificação taxonômica (0,064t

ha⁻¹; 9,6%) e a família Lecythidaceae (0,054 t ha⁻¹; 8,0%). As espécies que definiram a produtividade na grade do PARNA Viruá foram *Pouteria* sp1 (0,082t ha⁻¹;2,05%), *Eschweilera* sp (0,048t ha⁻¹; 1,20%) e Lecythidaceae – Morfotipo 1 (0,031t ha⁻¹;0,78%) (Apêndice G).

Tabela 8 – Total produzido e produtividade média das famílias botânicas identificadas na liteira grossa observada na grade do PARNA Viruá.

Família	Total Produzido (t)	Produtividade (t ha ⁻¹)	%
Sapotaceae	0,6289	0,105	15,7
Dicotiledônea (sem definição)	0,3830	0,064	9,6
Lecythidaceae	0,3221	0,054	8,0
Annonaceae	0,2898	0,048	7,2
Fabaceae-Mimosoideae	0,2671	0,045	6,7
Lauraceae	0,2391	0,040	6,0
Arecaceae	0,2249	0,037	5,6
Fabaceae-Caesalpinioideae	0,2129	0,035	5,3
Vochysiaceae	0,2024	0,034	5,0
Chrysobalanaceae	0,1803	0,030	4,5
Humiriaceae	0,1715	0,029	4,3
Goupiaceae	0,1362	0,023	3,4
Araliaceae	0,1308	0,022	3,3
Burseraceae	0,1288	0,021	3,2
Anacardiaceae	0,1124	0,019	2,8
Apocynaceae	0,1041	0,017	2,6
Clusiaceae	0,0840	0,014	2,1
Moraceae	0,0588	0,010	1,5
Simaroubaceae	0,0401	0,007	1,0
Fabaceae-Faboideae	0,0372	0,006	0,9
Myrtaceae	0,0299	0,005	0,7
Cecropiaceae	0,0096	0,002	0,2
Bombacaceae	0,0087	0,001	0,2
Euphorbiaceae	0,0077	0,001	0,2
Total geral	4,0106	0,668	100,0

5 DISCUSSÃO

5.1 PRODUTIVIDADE DE LITEIRA GROSSA (TOPOGRAFIA E FITOFISIONOMIA)

Os valores aqui apresentados (fitofisionomia e topografia) para produtividade de liteira grossa (necromassa e carbono; $\varnothing \geq 10$ cm) em florestas de transição do extremo norte da Amazônia brasileira são inferiores à todos os demais estudos realizados nas regiões de floresta não perturbada de terra firme da Amazônia Central e Oriental. Nesta comparação também podem ser incluídos os 104 estudos realizados na Pan Amazônia, onde o intervalo de produtividade máximo e mínimo para todas as investigações listadas foi de 1,5 a 5,5 t C ha⁻¹ ao ano (~3 a 11 t ha⁻¹ de necromassa), com uma média geral de 3,1 t C ha⁻¹ (MALHI et al., 2004). Tomando como base os valores médios anuais de produtividade para cada grade amostrada exclusivamente em sistemas florestais de transição (Maracá = 1,078 t ha⁻¹ ou 0,558 t C ha⁻¹ e Viruá = 0,735 t ha⁻¹ ou 0,386 t C ha⁻¹), e comparando com a média geral citada por Malhi et al. (2004), o resultado é que os valores aqui determinados são de 2,8 a 14,9 menores que a média para toda a Pan Amazônia. O único sistema que se encontrou próximo da faixa mínima estabelecida por Malhi et al. (2004) foi ON (Contato Floresta Ombrófila com Estacional) da ESEC Maracá, com uma produtividade de 2,27 t ha⁻¹ ao ano. Todos os demais tipos florestais das duas grades foram inferiores a 1,33 t ha⁻¹ de necromassa de liteira grossa por ano.

Em outros exemplos específicos para a Amazônia brasileira, pode-se citar Summers (1998), que em um estudo realizado em 3 ha de florestas densas de terra firme não perturbadas próximas de Manaus (AM), apresentou um ingresso médio de liteira grossa ($\varnothing \geq 10$ cm) da ordem de 2,72 t ha⁻¹ ao ano (1,45 a 4,49 t ha⁻¹). Nesta mesma região, Chambers *et al.* (2000) indicaram que este valor alcançaria uma média de 3,6 t ha⁻¹ a partir de estimativas indiretas de outros estudos na mesma área. Ainda na Amazônia Central nas proximidades de Manaus (AM), em sistemas florestais densos também de terra firme e sob fragmentação, Nascimento; Laurance (2004) estimaram que a produção poderia variar de 4,0 a 6,63 t ha⁻¹, dependendo da localização da amostragem: interior ou borda das áreas amostrais, respectivamente. Todas estas medidas foram realizadas por métodos diretos/indiretos com base na mortalidade das árvores com DAP ≥ 10 cm monitoradas por longo prazo tanto pelo Projeto Bionte (Biomassa e Nutrientes da Floresta Úmida) quanto pelo PDBFF

(Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais). Por fim, Palace *et al.* (2008) encontraram uma produtividade de $6,7 \text{ t ha}^{-1}$ para florestas densas não perturbadas na parte oriental da Amazônia (Floresta Nacional do Tapajós - PA) fazendo uso do método indireto LIS (Line Intercept Sampling), enquanto Pauletto (2006) determinou $5,3 \text{ t ha}^{-1}$ para um sistema florestal ombrófilo aberto do noroeste do Mato Grosso (Juruena), sem computar a necromassa das árvores mortas em pé. Todos estes casos com valores superiores aos determinados em Maracá e Viruá.

As principais fontes de diferenciação entre os estudos acima citados podem ser computadas como distinções entre estrutura florestal, tipo de solo, relevo, ano climático e método amostral. No caso de Maracá e Viruá, todos os valores são estimativas de produtividade de necromassa que variaram entre as fitofisionomias florestais (composição de espécies e estrutura florestal), mas não possuíam qualquer distinção estatística entre as cotas altimétricas. Segundo Clark *et al.* (2002), as diferenças topográficas parecem não ter qualquer efeito na produção de liteira grossa em florestas tropicais (independente do tipo florestal ou da posição de morte: tombada ou em pé), a não ser se visualizada em uma escala de tempo e espaço muito maiores do que os geralmente adotados em estudos deste tipo (CLARK *et al.*, 2002). Por outro lado, estudos comparando a estrutura de florestas da Amazônia Central, próximas de Manaus (AM), tem demonstrado que esta região pode possuir florestas mais estáveis e maduras do que outras regiões periféricas que possuem maior período seco (VIEIRA *et al.*, 2004; SLIK *et al.*, 2004), como no caso das regiões de contato onde se encontram Maracá e Viruá. Em adição, secas provocadas por fortes El Niño tendem a aumentar a mortalidade e reduzir a biomassa viva (BARBOSA; FEARNside, 1999; NEPSTAD *et al.*, 2007). Tanto Maracá quanto Viruá sofreram pelo menos 4 fortes eventos secos entre 1997-2007 (1998, 2001, 2003 e 2007) (BARBOSA *et al.*, 2003), o que pode ter provocado a morte de vários indivíduos e permitido uma renovação/crescimento dos tecidos vegetais no período da amostragem (2008-2009), exatamente antes da limpeza das trilhas. Isso poderia produzir efeitos diferenciados na produção de material arbóreo morto, aumentando o estoque de liteira grossa devido à mortalidade pretérita, mas reduzindo sua produção dentro do período amostral.

Em um outro sentido, o método amostral merece alguma atenção. Na maioria dos demais estudos, a investigação sobre produtividade de necromassa de liteira grossa se deu em parcelas permanentes não destrutivas (exceto PAULETTO,

2006) concentradas em áreas amostrais geométricas de tamanho variado mas, em sua maioria, com pouca variabilidade espacial. Somado a este fato, a maior parte dos resultados para a Amazônia brasileira são derivados de medidas indiretas partindo da presunção de que a necromassa de liteira grossa pode ser representada, por exemplo, como 85% do volume total de árvores mortas em pé com $\varnothing \geq 10\text{cm}$, acrescentados 20% do valor resultante com base nos danos estruturais (peças com $\varnothing \geq 10\text{cm}$ que caem ao solo) que árvores vivas sofrem ao longo do ano (CHAMBERS *et al.*, 2001a). Embora esta metodologia seja um avanço, ela foi baseada em uma amostragem destrutiva de apenas 29 árvores na região central do estado do Amazonas (CHAMBERS *et al.*, 2000). Apenas o efeito da densidade da madeira é subtraído desta metodologia, não havendo nenhuma auditoria para excluir o volume de madeira já decomposto (ocos, fragmentação externa, etc.). O volume já decomposto acaba sendo mantido com “presente” (volume sólido) nas peças medidas em campo. O desconto desta perda vem sendo realizado normalmente nas medidas de estoque de necromassa de liteira grossa por diversos estudos na Amazônia (SUMMERS, 1998; NOGUEIRA, 2003; PAULLETO, 2006), mas não tem sido uma prática comum nas medidas de produtividade. Neste estudo os descontos por ocos e fragmentação variaram de 0 à 95,7% no Viruá e de 0 à 87,6% em Maracá. Portanto, o método amostral (protocolo) adotado neste estudo pode ter proporcionado as diferenças entre os valores absolutos das produtividades acima citadas para outras partes da Amazônia brasileira. Isto porque, além de privilegiar a investigação em transectos que representaram a variabilidade da floresta em setores distintos e independentes, realizou-se as observações em trilhas previamente isentas de necromassa, diferente dos demais que estimaram a produtividade com base na mortalidade de árvores em pé adicionando-se uma percentagem relativa aos galhos caídos. Somente uma padronização geral dos métodos, em períodos de tempo idênticos, mesma fitofisionomia florestal e dentro do mesmo ano climático poderia solucionar este problema.

5.1.1 Concentrações de carbono/nitrogênio

Estudo realizado por Clark *et al.* (2002) em La Selva (Costa Rica) para estimar o estoque de liteira grossa em três tipos de solo analisou as concentrações de N, C e a relação C:N de peças com diâmetro $\geq 10\text{cm}$. Embora diferente no

conceito (estoque \neq produtividade), o estudo de Clark *et al.* (2002) quantificou peças mortas e parte dos ciclos do carbono e do nitrogênio inerentes a este compartimento do ecossistema. As concentrações médias de carbono no estudo de Clark *et al.* (2002) diminuíram nas três classes de decomposição e, as concentrações de nitrogênio aumentaram mais claramente ao longo da sequência de decomposição estabelecida pelos autores (menos decomposto para mais decomposto). A relação C:N também diminuiu ao longo das categorias de decomposição, sendo as maiores relações estabelecidas em classes com menor nível de decomposição (< 25% de podridão) e, as maiores relações nas classes com maior grau de decomposição (> 75% de podridão). Tanto em Maracá quanto no Viruá, as três classes de decomposição estabelecidas (P1, P2 e P3) apresentaram valores absolutos de C:N maiores para P1, sugerindo que esta relação seja comum em necromassa recente ou com alguma resistência ao ataque mecânico e químico de microrganismos. Contudo, não há uma clara definição para a grade de Maracá (Tabela 9) ao se observar as classes P2 e P3 em relação a %C e %N.

Tabela 9 - Densidade básica da madeira, concentração de carbono e nitrogênio e, relação C:N das diferentes categorias de decomposição da liteira grossa da grade amostral da ESEC Maracá.

Classe decomposição	Densidade (g cm ⁻³)	%C	%N	Relação C:N
P1	0.544	45.7	0.297	178.3
P2	0.426	45.1	0.336	145.0
P3	0.517	45.3	0.336	159.8

P1- \leq 10 % de perda líquida; P2- 11 a 30 % de perda líquida; P3- \geq 30% de perda líquida

Igualmente para o PARNA Viruá não há uma distinção clara quanto a relação C/N em P2 e P3 (Tabela 10).

Tabela 10 - Densidade básica da madeira, concentração de carbono e nitrogênio e, relação C:N das diferentes categorias de decomposição da liteira grossa da grade amostral do PARNA Viruá.

Classe decomposição	Densidade(g cm ⁻³)	%C	%N	Relação C/N
P1	0.529	45.9	0.331	169.2
P2	0.465	46.1	0.351	168.1
P3	0.524	45.7	0.316	167.8

P1- ≤ 10 % de perda líquida; P2- 11 a 30 % de perda líquida; P3- ≥ 30% de perda líquida

É importante citar que as categorias estabelecidas por Clarck et al. (2002) utilizam critérios diferentes de classificação das peças inteiras, indicando uma maior abrangência nos percentuais de decomposição para peças inteiras e intermediárias e uma maior restrição de decomposição para peças decompostas em relação a Maracá e Viruá. Comparado com o estudo atual, isso pode ter interferido nas concentrações dos valores de N , C e relação C:N nas diferentes classes de decomposição.

5.1.2 Biomassa florestal versus Produtividade de Liteira Grossa

Estimativas da biomassa arbórea viva acima do solo para as duas grades (Maracá e Viruá) foram realizadas por Carolina Volkmer de Castilho (C. V. de Castilho, comunicação pessoal) a partir de 30 parcelas permanentes em cada área, possibilitando uma estimativa de conversão anual de biomassa viva acima do solo em liteira grossa ($\varnothing \geq 10$ cm) para o ano deste estudo (2008-2009). Segundo C. V. de Castilho (comunicação pessoal) a média da biomassa viva acima do solo na ESEC Maracá para indivíduos arbóreos com $\varnothing \geq 10$ cm é de 291,8 t ha⁻¹ (n=30). Tomando este valor como referência e a produtividade de 1,078 t ha⁻¹ para Maracá (sem os ambientes não florestais), foi estimado que 0,37% de toda a biomassa viva se converte em liteira grossa anualmente. Igualmente foi estimado este percentual para os ambientes florestados do PARNA Viruá (277,1 t ha⁻¹; n=22). Considerando uma produtividade de 0,735 t ha⁻¹, esta grade apresentou uma porcentagem geral menor (0,26%) em relação à Maracá, visto que tanto a produtividade de liteira grossa quanto a biomassa total viva por unidade de área são menores no Viruá.

Em relação a outros estudos na Amazônia, estes valores de Maracá (0,37%) e Viruá (0,26%) são várias vezes inferiores àqueles reportados por Nascimento e Laurance (2004) (1,25% e 2,07%), Paulleto (2006) para florestas não perturbadas de Mato Grosso (1,80%) e Palace *et al.* (2008), com 1,67% e 2,27% de biomassa viva acima do solo sendo transformada em necromassa de liteira grossa nas florestas de terra firme da Floresta Nacional do Tapajós (PA). Da mesma forma, Chao *et al.* (2008) estimaram valores de densidade para liteira grossa (> 10 cm) no noroeste da Amazônia e apontaram que 6,4 a 15,4 % do total de biomassa (viva+mortas, > 10 cm de diâmetro) das florestas neotropicais seriam necromassa morta em pé e caída no solo. Estes dados evidenciam o alto grau de incertezas e a enorme variabilidade estrutural das florestas amazônicas. Como na discussão sobre os valores de produtividade total no item anterior, estas diferenças podem ser explicadas não só pela fitofisionomia florestal, tipo de solo ou mesmo topografia, como também pelo método de obtenção dos dados, visto que o trabalho atual foi realizado em áreas que comportam diversas fitofisionomias de transição, pouco estudadas no que diz respeito a produção ou estoque de liteira grossa e, empregando métodos direto/indireto de contabilização das peças amostradas caídas ou mortas em pé.

5.2 FAMÍLIAS E ESPÉCIES BOTÂNICAS ASSOCIADAS À PRODUTIVIDADE DE LITEIRA GROSSA

A estrutura florestal formada pelas diferentes fitofisionomias florestais, famílias e espécies botânicas indica ser o principal fator que estabelece índices maiores e menores de produtividade de liteira grossa em florestas não perturbadas para esta região periférica da Amazônia. No caso de Maracá, *Pradosia surinamensis* (Sapotaceae) e tipos florestais monodominados por *P. gracillipes* (Fabaceae – Caesalpinioideae) estabeleceram a base da composição da necromassa, enquanto que no Viruá a composição da liteira grossa foi distribuída quase que em sua totalidade com base em espécies relacionadas a fitofisionomias associadas às campinaranas, em especial representada pelas famílias Sapotaceae e Lecythidaceae. No caso da família botânica Sapotaceae, esta é muito comum e geralmente a mais abundante na maioria dos inventários florestais regionais.

Em comparação com outros estudos que realizaram inferências sobre famílias e espécies botânicas que melhor representam a produção e/ou estoque de

liteira grossa, Summer (1998) identificou 56 espécies botânicas em seu estudo em uma floresta de terra firme, indicando que as famílias mais frequentes foram Lecythidaceae, Leguminosae e Sapotaceae. Todas estas muito comuns nas duas grades estudadas em Roraima (Maracá e Viruá). Por outro lado, Chambers (2000) cita apenas espécies que foram utilizadas em seu estudo sobre densidade como *Jacaranda copaia* (Bignoniaceae), a menos abundante, e *Brosimum rubescens* (Moraceae), a de maior abundância em seu levantamento. A primeira, inexistente no levantamento de Maracá/Viruá (ou não identificada) e, a segunda, comum, mas de baixa ocorrência como formadora da liteira grossa (espécie e família). Keller *et al.* (2004) citam que as principais espécies botânicas que compunham a necromassa em uma região do Pará eram, na maior parte, de *Licania sp.*, *M. huberii*, *Astronium lecointei*, *Eschweilera odoratae* *Parkia spp.* Destas, apenas *Licania sp.* e *Eschweilera sp.* estavam presentes nos levantamentos de necromassa das duas grades. No caso de Rice *et al.* (2004), realizando um estudo na Flona Tapajós, as espécies *Manilkara huberi*, *Hymenaea courbaril*, *Bertholletia excelsa* e *Tachigalia spp.*, foram as principais espécies presentes no estoque de liteira grossa; nenhuma delas presentes no atual levantamento. Por fim, Pualleto (2006) indica as famílias Caesalpinaceae e Fabaceae (ambas, juntamente com Mimosaceae, formando atualmente um único grupo taxonômico: Fabaceae pelo APG) como as de maior número de espécies e, as famílias Burseraceae, Moraceae e Mimosaceae, com maior abundância de árvores em seu estudo sobre estoque e produção de liteira grossa no Mato Grosso.

Todos os estudos mencionados relacionam a quantificação do estoque/produção de liteira grossa em conjugação com as espécies e famílias botânicas identificadas em campo. Contudo, em nenhum deles existem menções explícitas à dominância de espécies e famílias na composição da liteira grossa. De qualquer forma, no estudo em tela é possível concluir que existem áreas em que a dominância de uma dada espécie ou família pode determinar a composição da liteira grossa de uma dada região. Este foi o caso de Maracá, onde a família Sapotaceae (em especial a espécie *Pradosia surinamensis*) e a espécie *P. gracilipes* (Fabaceae-Caesalpinioideia) dominaram a produção de necromassa. Em Maracá, tanto Sapotaceae quanto *P. gracilipes* são muito importantes do ponto de vista ecológico, pois determinam florestas com ou sem monodominância de *P. gracilipes* naquela região de Roraima (NASCIMENTO *et al.*, 1997; 2007). No caso do Viruá, não foram

constatadas espécies e famílias botânicas com dominância explícita e, por isso, houve um maior equilíbrio de dominância entre as espécies observadas nas estimativas de produtividade de liteira grossa.

6 CONCLUSÕES

Topografia(altitude)não afeta a produtividade de necromassa, mas a produtividade é menor em mosaicos florestais de campinaranas e alguns sistemas de vegetação pioneira, sugerindo que diferenças na composição de espécies/famílias e estrutura florestal atuem como um fator de variação na formação e produtividade da liteira grossa nas florestas de transição (contato) não perturbadas das grades amostrais de Viruá e Maracá, Roraima. Por fim, os valores médios gerais de produtividade de liteira grossa (necromassa e carbono) determinados para as duas áreas de floresta de transição são os menores identificados para toda a Amazônia, o que pode ter sido efeito do mais largo espectro amostral (60 km lineares cada uma delas) ou da variabilidade natural representada por um único ano amostrado dentro de uma condição climática específica.

REFERÊNCIAS

- AYRES, M.; AYRES, M.J.; AYRES, D.L.; SANTOS, A.A. **BioEstat: aplicações estatísticas nas áreas biomédicas**. Belém, Pará, Brasil, 2007.
- BARBOSA, R.I. **Savanas da Amazônia: emissão de gases do efeito estufa ematerial particulado pela queima e decomposição da biomassa acima do solo, sem a troca do uso da terra, em Roraima, Brasil**. Manaus, 2001. 212 f. Tese (Doutorado em Ecologia). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia / Universidade Federal do Amazonas.
- BARBOSA, R.I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: **Homem, Ambiente, ecologia no estado de Roraima**. 1ª. ed. Boa Vista: Ferreira E.J.G.; Castellón, INPA. p. 325-335, 1997.
- BARBOSA, R.I.; SILVA; CAVALCANTE. **Protocolo de liteira grossa (necromassa) nas trilhas das grades do PPBio em sistemas florestais**. Boa Vista, 2009 (versão preliminar). http://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Protocolo%20Necromassa_PPBio_Floresta_2009.12.21.pdf.
- BARBOSA, R.I.; FEARNside, P.M. **Incêndios na Amazônia brasileira: estimativa da emissão de gases do efeito estufa pela queima de diferentes ecossistemas de Roraima na passagem do evento "EL NIÑO" (1997/98)**. Acta Amazonica, Manaus, v. 29, n.4, p. 513-534, out./dez. 1999.
- BARBOSA, R.I.; CAMPOS, C.; PINTO, F.; FEARNside, P.M. **The Lavrados of Roraima: Biodiversity and Conservation of Brazil's Amazonian Savannas**. Functional Ecosystems and Communities, Japan, v. 1, n.1, p. 29-41, fev./abr. 2007.
- BARBOSA, R.I., XAUD, M.R.; SILVA, G.N.S.; CATTÂNEO, A.C. **Forest Fires in Roraima, Brazilian Amazonia**. International Forest Fire News (IFFN) No. 28 (January – June), 2003, p. 51-56
- BRASIL. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima 2010**. Brasília, 2010.
- BROWN, S. **Estimating biomass and biomass change of tropical forests: A Primer**. FAO Forestry Paper 134, Roma. 55p. 1997.
- BROWN, S. **Measuring carbon in forests: current status and future challenges**. Environmental Pollution. v.116, p. 363-372. 2002.
- BROWN, S.; LUGO, A.E. **Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon**. Interciencia, v. 17, n. 1, p. 8-18. 1992.
- BROWN, I. F.; MARTINELLI, L.A.; THOMAS, W.W.; MOREIRA, M.Z.; FERREIRA, C.A.C.; VICTORIA, R.A. **Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: an**

example from Rondônia, Brazil. *Forest Ecology and Management*. n.75, p.175–89. 1995.

CASTILHO, C. V.; MAGNUSSON, W. E.; ARAÚJO, R. N. O.; LUIZÃO, R. C. C.; LUIZÃO, F. J.; LIMA, A. P.; HIGUCHI, N. **Variation in aboveground tree live biomass in a Central Amazonian forest: Effects of soil and topography.** *Forest Ecology and Management*. n. 234, p. 85-96.2006.

CHAMBERS, J.Q.; SANTOS, J.; RIBEIRO R.J.; HIGUCHI, N. **Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in Central Amazon forest.** *Forest Ecology and Management*, v. 152, p. 73-84. 2001.

CHAMBERS, J.Q.; HIGUCHI, N.; SCHIMEL, J.P.; FERREIRA, L.V.; MELACK, J.M. **Decomposition and carbon cycling of dead trees in tropical forest of the central Amazon.** *Oecologia*. n. 122, p. 380-388. 2000.

CHAO, K. J.; PHILLIPS, O. L.; GLOOR, E.;MONTEAGUDO, A.;TORRES-LEZAMA, A.;MARTINEZ, R.V. **Growth and wood density predict tree mortality in Amazon forests.** *Journal of Ecology* 96, 281-292. 2008.

CLARK, D.B.; CLARK, D.A.; BROWN, S.; OBERBAUER, S. F.; VELDKAMP, E. **Stocks and flows of coarse woody debris across a tropical rain forest nutrient and topography gradient.** *Forest Ecology and Management*.p.164:237–248. 2002.

DELANEY, M; BROWN, S.; LUGO, A.E.; TORRES-LEZAMA, A.; QUINTERO, N.B. **The Quantity and Turnover of Dead Wood in Permanent Forest Plots in Six Life Zones of Venezuela.** *Biotropica*, v. 30, n. 1, p. 2-11. 1998.

FEARNSIDE, P.M.; LEAL JR., N.; FERNANDES, F.M. **Rainforest burning and the global carbon budget: Biomass, combustion efficiency, and charcoal formation in theBrazilian Amazon.** *Journal of Geophysical Research*.v.98, p.16733–16743.1993.

FEARNSIDE, P. M. **Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia.** *Forest Ecology and Management*, 90:59-87.1997.

FEARNSIDE, P.M. **Globalwarming and tropical land-use change: greenhouse gasemissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation.** *Climatic Change*. v.46, p.115–158. 2000a.

FEARNSIDE, P.M. Greenhouse gas emissions from land-use change in Brazil's Amazon region. In: LAL, R., KIMBLE, J.M., STEWART, B.A. **Global Climate Change and Tropical Ecosystems. Advances in Soil Science.** CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 2000b. pp. 231–249.

GERWING, J.J. **Degradation of forests through logging and fire in the eastern Brazilian Amazon.** *Forest Ecology and Management*. n. 157, p. 131–141. 2002.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Global Forest Resources Assessment 2010: BRAZIL** (Country Report). July 2009.

GRIBEL, R.; FERREIRA, C.A.C; SANTOS, J.L.; COELHO, L.S. **Relatório preliminar da vegetação do Parque Nacional do Viruá-RR**. INPA, Manaus. 2008.46p.

GROVE, S.J. **Extent and composition of dead wood in Australian lowland tropical rainforest with different management histories**. *Forest Ecology and Management*. n. 154, p.35–53. 2001.

HARMOM, M.E.; SEXTON, J. **Guidelines for measurements of woody detritus in forest ecosystems**. USA.US LTER Network Office, 1996.

HARMON, M. E. **Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems**. *Advances in Ecological Research*. v. 15, p. 133–302. 1986.

HOUGHTON, R.A.; LAWRENCE, K.T.; HACKLER, J.L.; BROWN, S. **The spatial distribution of forest biomass in the Brazilian Amazon: a comparison of estimates**. *Global Change Biology*. v. 7, p. 731-746. 2001.

HOUGHTON, R.A. **Aboveground forest biomass and the global carbon balance**. *Global Change Biology*. v.11, p.945–958. 2005.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira: manuais técnicos em geociências nº 1**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. 92p. 1992.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Greenhouse Gas Inventory: Reporting instructions, Vol 2**. In: J.T. Houghton; LG. Meira Filho; B Lim; K. Treanton; I. Mamaty; Y. Bonki; DJ Gribbs; B A. Gllander (Ed), Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC/OECD/IEA. Genebra, Suíça. 1997.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Good practice guidance for land-use change and forestry**, 2003. Available from: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>>. Access from: 12 Aug. 2010.

KELLER, M., PALACE, M.; ASNER, G.P.; PEREIRA, R.; SILVA, J.N.M. **Coarse woody debris in undisturbed and logged forests in the eastern Brazilian Amazon**. *Global Change Biology*. v. 10, p.784–795. 2004.

KIRA, T. Community architecture and organic matter dynamics in tropical lowland rain forests of Southeast Asia with special reference to Pasoh Forest, West Malaysia. In: TOMLINSON, P. B.; ZIMMERMAN, M. H. Zimmerman. **Tropical trees as living systems**. Cambridge:CambridgeUniversity Press, 1978. p. 561–590.

LAURANCE, W. F.; FEARNSIDE, P. M.; LAURANCE, S. G.; DELAMONICA, P.; LOVEJOY, T. E.; RANKIN-DE-MERONA, J.; CHAMBERS, J. Q.; GASCON, C. **Relationship between soils and Amazon forest biomass: A landscape-scale study**. *Forest Ecology and Management*. n.118, p. 127-138. 1999.

MAGNUSSON, W.E.; LIMA, A.P.; LUIZÃO, R.; LUIZÃO, F.; COSTA, F.R.C.; CASTILHO, C.V. KINUPP, V.F. **RAPELD**: uma modificação do método de Gentry para inventários de biodiversidade em sítios para pesquisa ecológica de longa duração. *Biota neotropical*. v.5, n.2, jul/dez 2005.

MALHI, Y.; MEIR, P.; BROWNS. **Forest Carbon and Global Climate**. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A-Mathematical physical and Engineering Sciences. v.360, n.1797, p. 1567-1591, 2002.

MALHI, Y.; BAKER, T.; OLIVER L. PHILLIPS, ALMEIDA, S.; ALVAREZ, E.; ARROYO, S.; CHAVE, J.; CZIMCZIK, C.I.; DIFIORE, A.; HIGUCHI, N.; KILLEEN, T.; LAURANCE, S.; LAURANCE, W.F.; LEWIS, S.L.; MONTOYA, L.M.M.; MONTEAGUDO, A.; NEILL, D.A.; VARGAS, P.N.; PATIN.; PITMAN, N.C.A.; CARLOS ALBERTOQUESADA, C.A.; SALOMAÕ, R.; SILVA, J.M.N. LEZAMA, A.R.; MARTÍNEZ, R.V.; TERBORGH, J.; VINCETI, B.; JONLLOY, D. The above-ground coarse woody productivity of 104 Neotropical forest plots. **Global Change Biology** V 10, p.563-591, 2004.

NASCIMENTO M.T., PROCTOR J. **Population dynamics of five tree species in a monodominant forest and two other forest types on Maracá Island, Roraima, Brazil**. *Forest Ecology and Management*, v.94, p. 115–128. 1997.

NASCIMENTO, H.E.M.; LAURANCE, W.F. **Biomass dynamics in Amazonian forest fragments**. *Ecological Application*. v.14, n.4, p. 127-138. 2004.

NASCIMENTO, M.T.; BARBOSA, R.I.; VILLELA, D.M.; PROCTOR, J. **Above-ground biomass changes over an 11-year period in an Amazon monodominant forest and two other lowland forest**. *Plant Ecology*, 192: 181-191. 2007.

NASCIMENTO, M.T.; PROCTOR, J.; VILLELA, D.M. **Forest structure, floristic composition and soils of a Amazonian monodominant forest on Maracá Island, Roraima, Brazil**. *Edinburgh Journal of Botany*, v.54, p.11-38. 2008.

NELSON, D.W.; SOMMERS, L.E. Total carbon and total nitrogen. In: SPARKS, D.L. (ed.). **Methods of soil analysis**: Part 3- Chemical Methods. SSSA Book Series nº 5, SSSA-ASA, Madison, WI, EUA. P. 961-1010. 1996.

NEPSTAD, D. C., TOHVER, I. M., RAY, D., MOUTINHO, P., CARDINOT, G., 2007. **Mortality of large trees and lianas following experimental drought in an Amazon forest**. *Ecology* 88, 2259-2269.

NOGUEIRA, A. **Variação da densidade, área basal e biomassa de lianas em 64 km² de floresta de terra firme na Amazônia Central**. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia e Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2006.

NOGUEIRA, E.M. **Biomassa de árvores na Amazônia Central**: densidade de madeira, volume do fuste e ocorrência de oco. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia e Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2003.

NOGUEIRA, E. M.; FEARNside, P.M.; NELSON, B.W.; BARBOSA, R.I.; KEIZER, E.W.H. **Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: new allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories.** *Forest Ecology and Management*. 256, 1853-1867.2008.

PALACE, M.; KELLER, M.; SILVA, H. Necromass production: studies in undisturbed and logged Amazon forests. **Ecological Applications**. v. 4, n. 18, p.873-884. 2008.

PAULETTO, D. **Estoque, produção e fluxo de nutrientes da liteira grossa em floresta submetida à exploração seletiva de madeira no noroeste do Mato Grosso.** Manaus. 2006. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

PPBio 2009. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. **Programa de Pesquisa em Biodiversidade.** Disponível em: <<http://ppbio.inpa.gov.br/Port/inventarios>>. Acesso em: 19 set. 2009.

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. Carbon balance and vegetation dynamics in an old-growth Amazonian forest. **Ecological Applications**. v. 14, p.55–71. 2004.

ROCHA, R. M., **Taxas de recrutamento e mortalidade da floresta de terra firme da bacia do Rio Cuieiras na região de Manaus – AM.** Dissertação (Mestrado em Ecologia). Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia e Universidade Federal do Amazonas. Manaus. 2001.

SAATCHI, S.S., HOUGHTON, R.A., DOS SANTOS ALVALA, R.C., SOARES, J.V., YU, **Distribution of aboveground live biomass in the Amazon Basin.** *Global Change Biology* v.13, p.816-837. 2007.

SCHAEFER, C.E.G.R.; MENDONÇA, B.A.F.; FERNANDES FILHO, E.I. **Geoambientes e paisagens do Parque Nacional do Viruá – RR: Esboço de integração da geomorfologia, climatologia, solos, hidrologia e ecologia (Zoneamento Preliminar).** 2008. 56p.

SCOTT, D.A.; PROCTOR, J.; THOMPSON, J. **Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. II. Litter and nutrient cycling.** *Journal of Ecology*. v. 80, p.705–717.1992.

SLIK, J.W.S. **El Niño droughts and their effects on tree species composition and diversity in tropical rain forests.** *Oecologia*, v. 141, p.114–120. 2004.

SUMMERS, P.M. **Estoque, decomposição e nutrientes da liteira grossa em floresta de terra-firme, na Amazônia Central.** Dissertação (Mestrado em Ecologia). Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia e Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 1998.

TOLEDO, J.J. **Influência do solo e topografia sobre a mortalidade de árvores e decomposição de madeira em uma floresta de terra-firme na Amazônia Central**. Manaus, 2009. 85p. Tese (Doutorado em ecologia). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas.

VIEIRA, S.; CAMARGO, P.B.; SELHORST, D.; SILVA, R.; HUTYRA, L.; CHAMBERS, J.Q.; BROW, I.F.; HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; WOFSEY, S.C.; TRUMBORE, S.E.; MARTINELLI, L.A. **Forest structure and carbon dynamics in Amazonian tropical rain forests**. *Oecologia*, v.140, p. 468–479. 2004.

APÊNDICE B

Descrição das Fitofisionomias da Grade PPBio da ESEC Maracá onde foi determinada a produtividade de Liteira Grossa.

<http://ppbio.inpa.gov.br/knb/metacat?action=read&qformat=ppbio&sessionid=0&docid=menger.220.2>

Legenda da Fitofisionomia	DESEscrição da Fitofisionomia	Principais Espécies (pela ordem)	Principais características
Ab	Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas	Ecclinusa guianensis (Leitosa), Pradosia surinamensis (Casca Doce) e Attalea maripa (inajá)	Floresta aberta com palmeiras (sem a presença de <i>Peltogyne gracilipes</i>) que não sofre inundação sazonal (terra firme sempre acima dos 60m de altitude). Relevo quase sempre é plano. Pequenos igarapés florestados podem conter diferenças na composição florística, mas não na estrutura, não permitindo uma classificação firme de Aa (aluvial).
Ca	Floresta Estacional Decidual Aluvial	<i>Peltogyne gracilipes</i> (roxinho)	Floresta monodominante de <i>Peltogyne gracilipes</i> (> 50% dos indivíduos desfolhados na época seca). Geralmente associada a vales e depressões arenosos com pequenos cursos d'água. Sofre influencia de inundação periódica de curto prazo devido à rápida vazante. É tipicamente caducifólia.
Cb	Floresta Estacional Decidual das Terras Baixas	<i>Peltogyne gracilipes</i> (roxinho)	Floresta monodominante de <i>Peltogyne gracilipes</i> (> 50% dos indivíduos desfolhados na época seca). Geralmente associada às pequenas encostas e declives de vales e depressões arenosos, mas sem inundação sazonal. É tipicamente caducifólia.
Fb	Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas	<i>Peltogyne gracilipes</i> (roxinho) e <i>Ecclinusa guianensis</i> (Leitosa)	Floresta com grande abundância de <i>Peltogyne gracilipes</i> (20-50% de dominância), com os indivíduos de grande porte (> 40 m de altura) funcionando como emergentes, dominando o dossel superior. Não sofre influencia de inundação periódica. O desfolhamento sazonal dos roxinhos emergentes confere aspecto semidecidual. Pequenos igarapés florestados podem conter diferenças na composição florística, mas não na estrutura, não permitindo uma classificação firme de Fa (aluvial).
LG	Campinarana Graminosa	-	Fitofisionomia com predominância do estrato graminoso sob inundação periódica de ciclo mediano a longo 5-6 meses dependendo do ano climático. Solo sempre arenoso, por vezes com a presença da palmeira buriiti (<i>Mauritia</i>

			<i>flexuosa</i>).
Lb	Campinarana Arbustiva	-	Fitofisionomia com predominância arbustiva, embora o estrato gramíneo seja proeminente (vegetação ESEClerofila sob inundações periódicas de ciclo mediano 3-4 meses). Solo sempre arenoso.
La	Campinarana Arborizada	Pagamea sp, Pera sp, Clusia sp, Humiria balsamifera	Fitofisionomia arborizada com indivíduos arbóreo-arbustivos não ultrapassando os 4-5 m de altura (vegetação ESEClerofila sob inundações periódicas de ciclo curto; 1-2 meses). Solo sempre arenoso e com presença do líquen <i>Cladonia</i> sp.
Ld	Campinarana Florestada	-	Fitofisionomia florestada com indivíduos arbóreos alcançando 10-12 m de altura apesar do aspecto ESEClerofila da vegetação dominante. Solo arenoso.
LO	Ecótono ou Enclave de Campinarana com Floresta Ombrófila	-	Mistura de ambientes entre a campinarana florestada/arborizada com feições de floresta ombrófila aberta. Solo arenoso, mas com alguma concentração de argila.
ON	Ecótono ou Enclave de Floresta Ombrófila com Floresta Estacional	<i>Attalea maripa</i> (inajá), <i>Peltogyne gracilipes</i> (roxinho) e <i>Ecclinusa guianensis</i> (Leitosa)	Mistura de ambientes entre a floresta ombrófila aberta e a floresta estacional, onde <i>Peltogyne gracilipes</i> assume papel de emergente, dominando, por vezes, parte do dossel superior. Ocorre em quase todos os tipos de relevo (do plano ao ondulado).
Paa	Formação Pioneira sob Influência Fluvial (presença de estrato arbustivo sob sistema de inundações periódicas)	Marajá e aningas	Vegetação arbustiva não superior a 4 m de altura em situação de alagamento sazonal. Solo mal drenado.
Pab	Formação Pioneira sob Influência Fluvial (presença de estrato arbóreo caracterizado pela presença de <i>Mauritia flexuosa</i> , sob sistema de inundações periódicas)	<i>Mauritia flexuosa</i>	Buritzal estabelecido em sistemas de drenagem primária. Solo mal drenado.
Pah	Formação Pioneira sob Influência Fluvial (presença de estrato herbáceo sob sistema de inundações periódicas)	Cyperaceae no estrato gramíneo e Marajá no bosque inundável	Vegetação herbácea, ocasionalmente aquática, em situação de alagamento sazonal superior a 6-7 meses por ano. Solo mal drenado.
PN	Ecótono ou Enclave de Formação Pioneira com Floresta	-	Mistura de ambientes entre a formação pioneira e a floresta estacional. Ocorre na transição dos buritizais para as florestas monodominantes.

Estacional			
PO	Ecótono ou Enclave de Formação Pioneira com Floresta Ombrófila	-	Mistura de ambientes entre a formação pioneira e a floresta ombrófila. Ocorre na transição dos buritizais para as florestas ombrófilas ou para os enclaves de ON.
SO	Ecótono ou Enclave de Savana com Floresta Ombrófila	-	Mistura de ambientes entre a savana e a floresta ombrófila aberta. É a transição de ambientes, onde o contato florestal assume estrutura mais baixa devido ao aparecimento de espécies típicas das savanas regionais.
Sp	Savana Parque	Curatella americana, Byrsonima crassifolia, Davilla aspera	Fitofisionomia típica de savana estacional com estrato arbóreo-arbustivo não ultrapassando os 3-5m. Há periodicidade de inundação, mas por curto período de tempo.

APÊNDICE C

Quadro comparativo entre o método visual e o laboratorial para determinação do grau de decomposição das peças de madeira mortas observadas na ESEC Maracá.

Codificação de Campo	Codificação Laboratorial	Número de Peças (n)	Média Decomposição Campo (%)	Acerto (%)	Média Decomposição Laboratório (%)	Média Decomposição Real (%)
P1 (< 10)	P1	65			0,11	
	P2	1	0,98	97,01	15,70	0,44
	P3	1			42,63	
P2 (11-30)	P1	82			0,69	
	P2	6	6,55	6,19	18,99	20,24
	P3	9			51,64	
P3 (> 31)	P1	0				
	P2	14	39,99	62,16	21,10	51,26
	P3	23			51,49	

APÊNDICE D

Descrição das Fitofisionomias da Grade PPBio do PARNA Viruá onde foi determinada a produtividade de Liteira Grossa

<http://ppbio.inpa.gov.br/knb/metacat?action=read&qformat=ppbio&sessionid=0&docid=menger.226.8>

Legenda da Fitofisionomia	descrição da fitofisionomia	Principais Espécies (pela ordem)	Principais características
Ab	Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas	Lecythidaceae (Eschweilera atropetiolata), Ebenaceae (Diospyros sp), Myristicaceae (Virola surinamensis), além da palmeira Attalea maripa (inajá)	Floresta aberta com palmeiras. Está estabelecida em pequenos terraços residuais, sempre acima da zona de inundação (terra firme > 55 m de altitude). Relevo plano a levemente ondulado. Em geral estão estabelecidos em argissolo vermelho ou vermelho-amarelo, mas podem vir associados também com alguma concentração de areia na parte mais exposta do solo. Pequenos igarapés florestados destes terraços podem conter diferenças na composição florística, mas não na estrutura. Dossel superior com altura média entre 25-30m, embora algumas emergentes (raras) possam atingir 35-40m.
As/As*	Floresta Ombrófila Aberta Submontana	Burseraceae (Protium apiculatum), Lauraceae (Ocotea cinerea), Chrysobalanaceae (Licania heteromorpha), além da palmeira Oneocarpus bacaba (bacaba)	Floresta aberta das pequenas serras. Está sempre associada a solos litólicos de altitude superior a 100m (nunca ultrapassando os 400m). As encostas das serrotas que se encontram abaixo desta cota (70-100m) também estão sendo consideradas nesta fitofisionomia por manterem a mesma estrutura ecológica (As*). Nunca sofre alagações sazonais. Altura média das árvores é muito variável (20-40m).
L	Mosaico de Campinarana não definido	-	Mistura de diferentes fitofisionomias de campinaranas.
La	Campinarana Arborizada	Arbóreo (Ruizterania retusa, Humiria balsamifera, Clusia sp. e Caraipa llanorum)	Fitofisionomia arborizada com indivíduos arbóreo-arbustivos não ultrapassando os 7-8m de altura. Sub-bosque com vegetação ESEC lerofila sob inundação periódica, fazendo com que a vegetação arbórea possua mecanismos de sustentação (raízes aéreas). Solo sempre arenoso e com rara presença do líquen Cladonia sp. A maioria dos indivíduos não ultrapassa 20cm de DAP.
La+Lb	Campinarana	Mosaico de La+Lb	

Arborizada/Mosaico			
Lago	Vegetação aquática ou subaquática	-	Mosaico de fitofisionomias de campinarana com predominância da "arborizada" Centros dos lagos sem vegetação ou com indivíduos gramíneos (Poaceae e/ou Cyperaceae) e, as bordas dos lagos sub vegetação ripária de baixo porte, com indivíduos arbustivos sob domínio de um extrato gramíneo.
Lb	Campinarana Arbustiva	Herbáceo: cobertura de ciperáceas, gramíneas, xiridáceas e melastomatáceas, e a palmeira-anã <i>Barcelina odorata</i>	Fitofisionomia com predominância arbustiva sob um estrato gramíneo proeminente. A vegetação é tipicamente ESEClorofila, sofrendo inundação periódica. Relevo sempre plano sob solo arenoso com vegetação rasteira gramínea, com presença marcante do líquen <i>Cladonia</i> sp. Altura média dos indivíduos arbustivos não ultrapassa os 3-4m.
Lb+Lg	Campinarana Arbustiva/Mosaico	Mosaico de Lb+Lg	Mosaico de fitofisionomias de campinarana aberta com predominância da "arbustiva"
Ld	Campinarana Florestada	Vochysiaceae (<i>Ruizterania retusa</i>), Chrysobalanaceae (<i>Licania heteromorpha</i>) Humiriaceae (<i>Sacoglottis guianensis</i>), Ochnaceae (<i>Ouratea spruceana</i>), além de palmeiras como <i>Oenocarpus bacaba</i> , <i>Euterpe caatingae</i> , <i>Mauritiella aculeata</i> e <i>Leopoldina piassava</i>	Fitofisionomia florestada com indivíduos arbóreos alcançando 15-20m de altura (raras emergentes acima de 25 m). Vegetação do sub-bosque é raquítica (aspecto ESEClorofilo), mas alguns indivíduos arbóreos podem alcançar DAP superior a 60cm. Relevo plano e solo sempre arenoso sob inundação periódica. Na maioria das ocasiões, a vegetação arbórea possui mecanismos de sustentação (raízes aéreas).
Ld+La	Campinarana Florestada/Mosaico	Mosaico de Ld+La	Mosaico de fitofisionomias de campinarana fechada, com predomínio da "florestada"
Lg	Campinarana Gramínea	Herbáceo: Poaceae, Cyperaceae (<i>Lagenocarpus</i>), <i>Xyris</i> spp. e <i>Abolboda</i> spp. (<i>Xyridaceae</i>), <i>Paepalanthus</i> spp e <i>Syngonanthus</i> spp. (<i>Eriocaulaceae</i>), <i>Utricularia</i> sp. (<i>Lentibulariaceae</i>) e <i>Drosera</i> sp (<i>Droseraceae</i>)	Fitofisionomia com predominância do estrato gramíneo sob inundação periódica. Solo arenoso, por vezes cortado por vereda de buritis que fazem o papel das vertentes de vazante. Em geral ocupa os planos mais baixos em mosaico com as demais fitofisionomias de campinarana.
LO	Ecótono ou Enclave de Campinarana com Floresta Ombrófila	Vochysiaceae (<i>Ruizterania retusa</i>), Apocynaceae (<i>Parahancornia amara</i>) e Rubiaceae (<i>Duroia saccifera</i>)	Mistura de ambientes entre a campinarana florestada/arborizada com feições de floresta ombrófila aberta. Solo arenoso, mas com alguma concentração de argila, podendo sofrer inundação temporária em curto espaço de tempo. Altura média das árvores é sempre superior a 25m, e o sub-bosque, em geral, é povoado por palmeiras anãs.

Pab	Formação Pioneira sob Influência Fluvial (presença de estrato arbóreo caracterizado pela presença de <i>Mauritia flexuosa</i> , sob sistema de inundação periódica)	<i>Mauritia flexuosa</i> (buriti) é a espécie dominante, mas <i>Mauritiella aculeata</i> e <i>Euterpe precatoria</i> também podem ser encontradas, além das arbóreas <i>Callophylum brasiliense</i> e <i>Virola</i> sp.	Buritized estabelecido em sistemas de drenagem primária. Solo mal drenado.
PL	Ecótono ou Enclave de Formação Pioneira com Campinarana	-	Mistura de ambientes entre a formação pioneira e a campinarana. Ocorre na transição dos buritizais para as campinaranas florestadas.
PO	Ecótono ou Enclave de Formação Pioneira com Floresta Ombrófila	-	Mistura de ambientes entre a formação pioneira e a floresta ombrófila. Ocorre na transição dos buritizais para as florestas ombrófilas.

APÊNDICE E

Quadro comparativo entre o método visual e o laboratorial para determinação do grau de decomposição das peças de madeira mortas observadas no PARNA Viruá.

Codificação de Campo	Codificação Laboratorial	Número de Peças (n)	Média Decomposição Campo (%)	Acerto (%)	Média Decomposição Laboratório (%)	Média Decomposição Real (%)
P1 (< 10)	P1	71	2,96	89,87	0,86	1,33
	P2	7			17,73	
	P3	1			48,24	
P2 (11-30)	P1	57	11,39	11,39	1,37	17,62
	P2	9			18,68	
	P3	13			50,32	
P3 (> 31)	P1	5	43,15	62,50	7,55	56,83
	P2	7			16,15	
	P3	20			61,49	

APÊNDICE F

	<i>guianensis</i>										
	<i>Brosimum rubescens</i>	0.003		0.014							0.017
	<i>Clarisia racemosa</i>	0.042									0.042
	<i>Maquira guianensis</i>			0.006							0.006
Olacaceae	<i>Minuartia guianensis</i>					0.003					0.003
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i>	0.016									0.016
	<i>Pouteria caimito</i>	0.016				0.037					0.053
	<i>Pouteria cf oppositifolia</i>	0.018		0.006							0.024
	<i>Pradosia surinamensis</i>	0.164	0.101	0.033							0.297
Sapotaceae	Morfotipo 1	0.245	0.016	0.034				0.026			0.321
	Morfotipo 2	0.031									0.032
	Morfotipo 5	0.063	0.010					0.007	0.054	0.047	0.182
	<i>Pouteria sp2</i>	0.264	0.047			0.019		0.031		0.021	0.382
	<i>Richardella sp1</i>	0.055									0.055
	<i>Richardella sp2</i>	0.029		0.017		0.137					0.183
	<i>cf Simaruba sp.</i>	0.015	0.028					0.004			0.047
Simaroubaceae	<i>Simaruba amara</i>	-		0.004							0.004
	<i>NI-maracá</i>	0.006									0.006
	Morfotipo 5					0.001					0.001
Dicotiledónea	Morfotipo 10	0.131	0.055								0.186
	<i>NI-maracá</i>	0.163		0.226		0.303	0.037	0.007	0.030		0.766
Total geral	-	3.488	0.716	0.766	0.012	0.693	0.083	0.199	0.298	0.076	6.330

APÊNDICE G

Produtividade de liteira grossa por famílias e espécies botânicas (por fitofisionomia) encontradas na grade amostral PARNA Viruá.

Familia	Genero -espécie	Fitofissionomias									Total geral
		Ab	As	As*	L	La	Ld	Ld+La	LO	PO	
Anacardiaceae	<i>Anacardium giganteum</i>	0.025			0.039						0.065
	<i>cf Tapirira guianensis</i>	0.003	0.045								0.048
	<i>cf Xylopia amazonica</i>	0.019			0.047			0.034			0.100
Annonaceae	Morfotipo 3						0.025				0.025
	Morfotipo 4			0.082							0.082
	Morfotipo 5	0.008		0.009	0.016						0.033
	Morfotipo 6			0.018							0.018
Apocynaceae	Morfotipo 7				0.023				0.008		0.032
	<i>cf Couma sp.</i>	0.026					0.043	0.017	0.006		0.092
Araliaceae	<i>Parahancornia amapa</i>	0.012									0.012
	<i>Schefflera morototoni</i>	0.087	0.031					0.013			0.131
	<i>Attalea maripa</i>	0.011				0.066					0.076
Arecaceae	<i>Euterpe cf precatória</i>				0.006		0.009				0.015
	<i>Mauritia flexuosa</i>									0.017	0.017
	<i>Oenocarpus bacaba</i>	0.082	0.005	0.003	0.006						0.096
Bombacaceae	<i>Oenocarpus bataua</i>	0.009					0.013				0.021
	Morfotipo 1				0.005						0.005
	Morfotipo 2						0.004				0.004
Burseraceae	<i>Protium cf apiculatum</i>	0.031		0.050					0.042		0.123
	<i>Protium sp1</i>	0.006									0.006
Cecropiaceae	<i>Cecropia sp.</i>	0.010									0.010
Chrysobalanaceae	<i>cf Licania sp1</i>	0.091	0.039		0.006		0.008		0.010		0.154
	<i>cf Licania sp2</i>				0.014			0.012			0.026
	<i>cf Symphonia sp.</i>						0.011				0.011
Clusiaceae	<i>Clusia sp.</i>				0.052		0.003				0.055
	Morfotipo 1	0.005					0.013				0.018
Euphorbiaceae	<i>Hevea sp.</i>						0.008				0.008
Fabaceae-Caesalpinioideae	<i>Schizolobium amazonicum</i>								0.046		0.046
	Morfotipo 1	0.017	0.006		0.022			0.023	0.098		0.167
Fabaceae-Faboideae	<i>cf Ormosia sp.</i>							0.007			0.007
	Morfotipo 1	0.021						0.009			0.030
	<i>Enterolobium schomburgkii</i>	0.092									0.092
Fabaceae-Mimosoideae	<i>Inga sp1</i>		0.025								0.025
	<i>Inga sp2</i>	0.082							0.069		0.150
Goupiaceae	<i>Goupia glabra</i>				0.136						0.136
Humiriaceae	<i>cf Endopleura sp.</i>	0.026			0.023		0.123				0.171
	<i>Licaria sp.</i>	0.016							0.026		0.042
Lauraceae	<i>Mezilaurus itauba</i>		0.009								0.009
	Morfotipo 1	0.029	0.039	0.046	0.003		0.059	0.012			0.188
Lecythidaceae	<i>Couratari tauari</i>				0.029		0.005				0.034
	<i>Eschweilera sp.</i>				0.029		0.259				0.288

Moraceae	<i>Brosimum rubescens</i>		0.008		0.009		0.037	0.005			0.059
Myrtaceae	<i>Eugenia sp.</i>		0.019			0.011					0.030
	Morfotipo 3			0.022	0.002		0.004				0.029
	Morfotipo 5			0.033							0.033
Sapotaceae	<i>Pouteria sp1</i>	0.240		0.043	0.086		0.027	0.096			0.492
	<i>Pouteria sp3</i>								0.029		0.029
	<i>Pouteria sp4</i>								0.046		0.046
Simaroubaceae	<i>cf Simaruba sp.</i>			0.034			0.006				0.040
	<i>cf Qualea brevipedicellata</i>	0.029					0.011				0.040
Vochysiaceae	<i>cf Qualea paraensis</i>	0.019							0.144		0.162
	Morfotipo 1								0.026		0.026
	Morfotipo 2						0.022				0.022
	Morfotipo 3	0.028	0.032	0.010	0.020			0.114	0.020		0.224
Dicotiledónea	Morfotipo 4				0.004						0.004
	Morfotipo 8		0.022								0.022
	Morfotipo 9		0.002				0.001	0.014	0.063		0.080
	<i>NI-virua</i>								0.006		0.006
Total geral		1.023	0.282	0.350	0.589	0.066	0.689	0.355	0.639	0.017	4.011