

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA
PROGRAMA INTEGRADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA
TROPICAL E RECURSOS NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS

DESENVOLVIMENTO DE MODELOS ALOMÉTRICOS PARA ESTIMAR
BIOMASSA E CARBONO DE MUDAS DE ESPÉCIES ARBÓREAS, EM ÁREAS
ATINGIDAS POR TEMPESTADES DE VENTO EM MANAUS (AM)

Gabriel Henrique Pires de Mello Ribeiro

Manaus, Amazonas
Maio, 2010

GABRIEL HENRIQUE PIRES DE MELLO RIBEIRO

DESENVOLVIMENTO DE MODELOS ALOMÉTRICOS PARA ESTIMAR
BIOMASSA E CARBONO DE MUDAS DE ESPÉCIES ARBÓREAS, EM ÁREAS
ATINGIDAS POR TEMPESTADES DE VENTO EM MANAUS (AM)

ORIENTADOR: NIRO HIGUCHI, Ph.D.

Dissertação apresentada ao Programa Integrado de Pós-Graduação do INPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciências de Florestas Tropicais, área de concentração em Manejo florestal.

Manaus, Amazonas
Maio, 2010

R484

Ribeiro, Gabriel Henrique Pires de Mello

Desenvolvimento de modelos alométricos para estimar biomassa e carbono de mudas de espécies arbóreas, em áreas atingidas por tempestades de vento em Manaus (AM) / Gabriel Henrique Pires de Mello Ribeiro.--- Manaus : [s.n.], 2010.

xiii, 75 f. : il. color.

Dissertação (mestrado)-- INPA, Manaus, 2010

Orientador : Niro Higuchi

Área de concentração : Manejo Florestal e Silvicultura

1. Regeneração natural. 2. Reflorestamento. 3. Sequestro de carbono.
4. Distúrbios naturais. I. Título.

CDD 19. ed. 634.9285

Sinopse:

Foi estudada a alometria de mudas de espécies arbóreas em áreas atingidas por tempestades de vento em Manaus (AM). Aspectos como o uso de diferentes modelos alométricos para estimar a biomassa e o carbono foram avaliados.

Palavras chave: regeneração natural, reflorestamento, sequestro de carbono, distúrbios naturais.

Agradecimentos

Agradeço a Deus e a toda energia da floresta Amazônica.

Aos professores da UnB que foram responsáveis pelo meu aprendizado e contribuíram com minha vinda para Manaus: Dr^a Alba Valéria Rezende e a Dr^a Jeanine Maria Felfili Fagg que nos abandonou julho passado, a ela todo respeito.

A realização desse trabalho se tornou possível devido à ajuda de muitas pessoas envolvidas direta ou indiretamente com as varias etapas desenvolvidas. Aos Doutores Niro Higuchi e Joaquim dos Santos, sem os quais não teria sido possível. Ao Doutorando Adriano José Nogueira Lima pela paciência e comentários indispensáveis, a todas as meninas do Laboratório de Manejo Florestal, Dr^a Rose, Adélia, Fabiana, Sheila, Pricila em especial à Vilany pela grande ajuda na identificação botânica.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida, sem a qual a vida em Manaus teria sido inviável.

À família ZF-02 com a qual recebi o aprendizado de vida: Caboré, Geraldão, Bitonho, Neném, Bertran, Carçoço, Cuiu, Quequé, Bico, Geraldinho, Chicó, Wandeco, Serjão, Dila, Nego, Quintanilha, Zezão, Romeu, Haroldo, Jesus e ao finado Pedro.

Ao pessoal da secretaria: Valdecira, Alcione, Ana Clycia, Lira, aos amigos dos cursos de Botânica e de Ecologia e as meninas do Muiraquitã pelos momentos de descontração e ajuda.

Aos laboratórios: Química da Madeira e Temático de Solos e Plantas (LTSP), pelo uso do espaço, equipamentos e aprendizado com seus técnicos e doutores. Agradeço à Dr^a Jesus Varejão e Irineide em nome de todos os envolvidos no laboratório de Química da Madeira e ao técnico Marcelo Lima em nome de todos os envolvidos no LTSP e em nome da Raimundinha a todos os funcionários do grupo Geração que trabalham para tornar o ambiente do INPA mais agradável.

A todos os amigos (as) do curso de Ciências de Florestas Tropicais das turmas de 2007, aos amigos (as) da turma de 2008 com os quais tive diversas oportunidades de aprendizado, dentre esses vários antigos amigos (as) de graduação, ao Nó-Blind, Peter, Hada, D2, aos Bento, a Mi, Jana, Ciça, Flavinha, Caique e em especial aos corintianos, Griza e Massoca e aos novos amigos (as) das turmas 2009 e 2010.

Aos meus familiares, (Pires de Mello e Ribeiro) José Geraldo, Yeda Nícia, Rozilda, José Ribeiro, Anna Cristina, Adriana, Matheus, Bellinha, Filipe e Daniel Marra, pela grande contribuição em chegar até aqui e continuar em busca do crescimento profissional.

Muito obrigado.

“Onde estiver seja lá como for, tenha fé porque até no lixão nasce flor” (Racionais Mc’s,)
Epígrafe

Sumário

Resumo	viii
Abstract.....	ix
Lista de tabelas	x
Lista de figuras	xii
1 Introdução.....	1
2 Revisão Bibliográfica	3
2.1 Biomassa.....	3
2.2 Carbono	4
2.3 Alometria	6
2.3.1 Modelos alométricos	6
2.4 Alocação de biomassa e carbono em mudas	7
2.5 Tempestades de ventos	8
2.6 Protocolo de Quioto.....	10
2.7 Mitigação	12
2.7.1 Monitoramento da dinâmica do carbono da regeneração natural.....	13
3 Objetivos.....	15
3.1 Geral	15
3.2 Específicos.....	15
4 Material e Métodos	15
4.1 Descrição da área de estudo.....	15
4.1.1 Localização.....	15
4.1.2 Vegetação	15
4.1.3 Clima	17
4.1.4 Solos	17
4.2 Categorias de Tamanhos.....	18
4.3 Coleta de dados de biomassa total da regeneração natural – método destrutivo: ...	18
4.4 Modelos alométricos	19
4.5 Covariância com variáveis Dummy	21
5 Resultados.....	23
5.1 Estatística descritiva	23
5.2 Modelos alométricos para Regeneração Natural	28
5.2.1 Modelo 1.....	28
5.2.2 Modelo 2.....	30
5.2.3 Modelo 3.....	32
5.2.4 Modelo 4.....	34
5.2.5 Modelo 5.....	36
5.2.6 Modelo 6.....	38
5.2.7 Modelo 7.....	40
5.2.8 Modelo 8.....	42
5.2.9 Modelo 9.....	44
5.2.10 Modelo 10.....	46
5.2.11 Uso da variável independente DAP para categoria RN 4.....	48
5.3 Diferenças entre PT e Ps por modelo para cada categoria:	50
5.4 Equações resultantes.....	51
5.4.1 4 cat	51
5.4.2 RN 1.....	51
5.4.3 RN 2.....	52
5.4.4 RN 3.....	52

5.4.5	RN 4.....	53
5.4.6	Cupiuba.....	53
5.5	Tores de carbono	54
5.6	Teste de Paralelismo.....	55
5.7	Monitoramento da dinâmica do carbono em indivíduos da regeneração natural	55
6	Discussão.....	56
7	Conclusão	57
8	Perspectivas	59
9	Bibliografia.....	60
10	Anexo A.....	68

Resumo

Usando um arquivo de dados com 504 indivíduos arbóreos pertencentes à regeneração natural (de 30 cm em altura e DAP < 5 cm), foram testados dez modelos alométricos, sendo cinco logarítmicos e cinco não lineares para estimar a biomassa seca total de mudas em pé. Os dados foram coletados de forma destrutiva, na região de Manaus (AM), em um sítio de floresta de terra-firme sobre platôs de latossolo amarelo, atingido por tempestades convectivas no ano de 2005. Os micro sítios criados pela passagem do distúrbio permitiram a coleta de indivíduos que chegaram a área após o evento, evitando a coleta de indivíduos com mais de 5 anos. O arquivo de dados foi dividido nas diferentes categorias de tamanho; categoria RN 1 (de 30 a 50 cm em altura), RN 2 (de 50 a 100 cm em altura), RN 3 (de 100 a 200 cm em altura), RN 4 (de 200 cm em altura e < 5 cm DAP) e 38 indivíduos de *Goupia glabra* Aubl. (cupiuba) pertencentes ao arquivo (4cat). O material foi seco em estufa a 65°C até atingir peso constante e moído até a consistência de pó. Para todo o arquivo de dados seis modelos estimam precisamente o peso, para RN 1 nenhum modelo, RN 2 oito modelos, RN 3 seis modelos, RN 4 um modelo e para o arquivo de dados de cupiuba dois modelos, sendo o afastamento entre a média observada e estimada menor que 5%. O uso de todo o arquivo de dados é mais consistente que o uso de equações para as diferentes categorias de tamanho. Para todo o arquivo de dados o modelo não linear com apenas uma variável independente, o diâmetro de colo, apresenta resultados tão consistentes e precisos quanto os modelos que incluem a variável altura total. Os indivíduos das categorias RN 1 e RN 2 não foram compartimentados, a RN 3 foi dividida em raízes e parte aérea e a RN 4 em raízes, caule e folhas. Os teores médios de carbono para as diferentes categorias e seus diferentes compartimentos são os seguintes: RN 1 e RN 2 (45,25% ± 0,07), RN 3 raízes (41,84% ± 0,10) e parte aérea (47% ± 0,05), RN 4 raízes (44,77% de ± 0,11), caule (46,05% ± 0,06) e folhas (47,37% ± 0,08). As médias ponderadas para esses teores são: RN 3 (46,05% ± 0,06), RN 4 (46,15% ± 0,07) e 4 cat (46,04% ± 0,07), todos a um IC 95%. Não foi possível pelo método de covariância (variáveis dummy) o uso de uma única equação para estimar biomassa seca total das diferentes categorias de tamanho de mudas. A equação gerada pelo modelo 6 para todo o banco de dados, pode ser utilizada para acompanhar a dinâmica do carbono da regeneração natural bem como ser utilizado, para estimar sequestro de carbono na fase inicial de plantios com espécies de florestas tropicais.

Palavras-chave: Regeneração natural, reflorestamento, sequestro de carbono, distúrbios naturais.

Abstract

A data set with 504 trees belonging to the natural regeneration (from 30 cm in height and < 5 cm dbh), was used to test 10 allometric models, five linear and five non linear, to estimate total dry biomass of standing seedlings and saplings. The data was collected destructively, near Manaus (AM), Central Amazonia, on a site covered by dense “terra-firme” moist forest on plateaus dominated by yellow oxisols, affected by wind storms in 2005. The micro sites created by the wind gust made possible the access to individuals that came to the area after the disturbance. The data set was divided in different size categories. The hole data set (4 cat), RN 1 (30-50 cm in height), RN 2 (50-100 in height), RN 3 (100-200 cm in height), RN 4 (from 200 cm in height and less than 5 cm dbh) and 38 individuals of *Goupia glabra* Aubl. (Cupiuba) belonging to the 4 cat. For the whole data set 6 models estimated precisely the dry biomass, for RN 1 non models, RN 2 eight models, RN 3 six models, RN 4 one model, and two for cupiuba, being the difference between observed and estimated mean dry weight below 5%. The use of the whole data set produces more consistent results than the use of the different size categories. For 4 cat the use of non linear model with a single independent variable, root collar diameter (D_c), presents results as consistent and precise as the models that include seedling and sapling total height in the model. The individuals belonging to RN 1 and RN 2 was not divided in biomass components, RN 3 was divided in roots and shoot, RN 4 in roots, stems and foliage. The mean carbon content for the different size categories and different biomass components are: RN 1 and RN 2 (45,25% \pm 0,07), RN 3 roots (41,84% \pm 0,10), shoot (47% \pm 0,05), RN 4 roots (46,15% \pm 0,11), stem (46,05% \pm 0,06) and foliage (47,37% \pm 0,08). The weighted means are: RN 3 (46,05% \pm 0,06), RN 4 (46,15% \pm 0,07) and 4 cat (46,04% \pm 0,07). The use of a single equation to estimate total dry weight to represent the different size categories, applying the covariance analysis with dummy variables was not possible. The regression equation of the model six to represent the whole data set can be used to follow carbon dynamics for natural regeneration seedlings and saplings, as well as to estimate carbon sequestration in the beginnings of reforestation/afforestation activities.

Key words: Natural regeneration, reforestation, carbon sequestration, natural disturbances.

Lista de tabelas

Tabela 1: Teste de paralelismo.	22
Tabela 2: Estatística descritiva dos dados observados, para as 4cat, por categoria (RN 1, RN 2, RN 3 e RN 4) e para 38 indivíduos de <i>Goupia glabra</i> respectivamente.	23
Tabela 3: Contribuição (%) do compartimento, raízes (R) e parte aérea (PA) para a categoria RN 3 e raízes (R), caule (Ca) e folhas (Fo) para a categoria RN 4 no peso seco total de uma muda, para 132 e 87 observações para categoria RN 3 e RN 4, respectivamente e biomassa seca total em gramas (PT).	24
Tabela 4: Resumo das equações geradas pelo modelo 1, para biomassa seca total de mudas, em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.	28
Tabela 5: Resumo das equações geradas pelo modelo 2, para biomassa seca total de mudas, em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.	30
Tabela 6: Resumo das equações geradas pelo modelo 3, para biomassa seca total de mudas, em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.	32
Tabela 7: Resumo das equações geradas pelo modelo 4, para biomassa seca total de mudas, em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.	34
Tabela 8: Resumo das equações geradas pelo modelo 5, para biomassa seca total de mudas, em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.	36
Tabela 9: Resumo das equações geradas pelo modelo 6, para biomassa seca total de mudas, em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.	38
Tabela 10: Resumo das equações geradas pelo modelo 7, para biomassa seca total de mudas, em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.	40
Tabela 11: Resumo das equações geradas pelo modelo 8, para biomassa seca total de mudas, em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.	42
Tabela 12: Resumo das equações geradas pelo modelo 9, para biomassa seca total de mudas, em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.	44
Tabela 13: Resumo das equações geradas pelo modelo 10, para biomassa seca total de mudas, em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.	46
Tabela 14: Resumo das equações testadas para biomassa seca total de mudas (superiores a 2 m em altura e inferiores a 5 cm em DAP), em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.	48
Tabela 15: Diferenças entre o peso total real (PT) e o peso total estimado (Ps) em gramas, para os cinco modelos logaritmos testados para todo o banco de dados, para as quatro categorias de tamanho e para o banco de dados de cupiuba.	50
Tabela 16: Diferenças entre o peso total real (PT) e o peso total estimado (Ps) em gramas, para os cinco modelos exponenciais testados para todo o banco de dados, para as quatro categorias de tamanho e para o banco de dados de cupiuba.	50
Tabela 17: Afastamento em % do peso médio estimado pelas diferentes equações, em relação ao peso médio observado (Pmr).	50
Tabela 18: Concentração percentual média (Cm%), mínima e máxima de carbono por categoria de tamanho, para raízes (R) e parte aérea (PA) da categoria RN 3 e para raízes (R), caule (Ca) e folhas (Fo) da categoria RN 4, desvio, intervalo de confiança (IC), coeficiente de variação percentual (CV%), peso total (PT) e contribuição percentual de cada compartimento no peso total (%PT).	54
Tabela 19: Análise da Variância: teste de paralelismo.	55
Tabela 20: Teste para interceptos comuns (assumindo angulação comum).	55
Tabela 21: Coordenadas geográficas dos pontos de coleta.	68
Tabela 22: Lista de famílias e espécies para as categorias RN 1 e RN2, número de indivíduos (N) e carbono percentual (C%) por família, para o primeiro momento de moagem.	68

Tabela 23: Lista de famílias e espécies para as categorias RN 1 e RN2, número de indivíduos (N), e carbono percentual (C%) por família, para o segundo momento de moagem.	70
Tabela 24: Lista de famílias e espécies para a categoria RN 3, número de indivíduos (N) e carbono percentual (C%) para raiz (R) e parte aérea (PA) por gênero, para o primeiro momento de moagem.	72
Tabela 25: Lista de famílias e espécies para a categoria RN 3, número de indivíduos (N) e carbono percentual (C%) para raiz (R) e parte aérea (PA) por gênero, para o segundo momento de moagem.	73
Tabela 26: Lista de famílias e espécies para a categoria RN 4, número de indivíduos (N) e carbono percentual para raiz (R), caule (Ca) e folha (Fo) por espécie.	74

Lista de figuras

Figura 1: Floresta de terra firme perturbada pela passagem de uma tempestade convectiva (downburst) ocorrida em Janeiro de 2005. Localização: Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas, Brasil; Imagem: composição RGB (bandas 3, 4 e 5) do sensor Landsat TM5 (L523106220080806) (Fonte: http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer);Legenda: a- região de Manaus, bacia do rio Cuieiras e EEST; b-trecho de floresta perturbada estudado; c- pontos de coleta.....	16
Figura 2: 4 cat de 2a a 2c, (2a) relação entre Dc e peso total (PT), (2b) relação entre AT e PT e (2c) relação entre Nfo e PT, RN 1 de 3a a 3c, (3a) relação entre Dc e PT, (3b) relação entre AT e PT e (3c) relação entre Nfo e PT, de mudas da regeneração natural, coletadas em áreas de floresta de terra firme atingidas por tempestade de vento, em Manaus.....	25
Figura 3:RN2 de 4a a 4c, (4a) relação entre Dc e peso seco total (PT), (4b) relação entre AT e PT e (4c) relação entre Nfo e PT, RN 3 de 5a a 5c, (5a) relação entre Dc e PT, (5b) relação entre AT e PT, (5c) relação entre Nfo e PT, de mudas da regeneração natural coletadas em áreas de floresta de terra firme atingidas por tempestade de vento, em Manaus.	26
Figura 4:RN 4 de 6a a 6c, (6a) relação entre Dc e peso seco total (PT), (6b) relação entre AT e PT e (6c) relação entre Nfo e PT, cupiuba de 7a a 7c (7a) relação entre Dc e PT, (7b) relação entre AT e PT, (7c) relação entre Nfo e PT, de mudas da regeneração natural coletadas em áreas de floresta de terra firme atingidas por tempestade de vento, em Manaus.	27
Figura 5: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (Ps) do modelo 1, para todo banco de dados da regeneração natural (8a), para as categorias RN 1 (8b), RN 2 (8c), RN 3 (8d), RN 4 (8e) e para o banco de dados de cupiuba (8f).....	29
Figura 6: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (Ps) do modelo 2, para todo banco de dados da regeneração natural (9a), para as categorias RN 1 (9b), RN 2 (9c), RN 3 (9d), RN 4 (9e) e para o banco de dados de cupiuba (9f).....	31
Figura 7: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (Ps) do modelo 3, para todo banco de dados da regeneração natural (10a), para as categorias RN 1 (10b), RN 2 (10c), RN 3 (10d), RN 4 (10e) e para o banco de dados de cupiuba (10f).....	33
Figura 8: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (Ps) do modelo 4, para todo banco de dados da regeneração natural (11a), para as categorias RN 1 (11b), RN 2 (11c), RN 3 (11d), RN 4 (11e) e para o banco de dados de cupiuba (11f).....	35
Figura 9: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (Ps) do modelo 5, para todo banco de dados da regeneração natural (12a), para as categorias RN 1 (12b), RN 2 (12c), RN 3 (12d), RN 4 (12e) e para o banco de dados de cupiuba (12f).....	37
Figura 10: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (Ps) do modelo 6, para todo banco de dados da regeneração natural (13a), para as categorias RN 1 (13b), RN 2 (13c), RN 3 (13d), RN 4 (13e) e para o banco de dados de cupiuba (13f).....	39
Figura 11: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (Ps) do modelo 7, para todo banco de dados da regeneração natural (14a), para as categorias RN 1 (14b), RN 2 (14c), RN 3 (14d), RN 4 (14e) e para o banco de dados de cupiuba (14f).....	41
Figura 12: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (Ps) do modelo 8, para todo banco de dados da regeneração natural (15a), para as categorias RN 1 (15b), RN 2 (15c), RN 3 (15d), RN 4 (15e) e para o banco de dados de cupiuba (15f).....	43
Figura 13: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (Ps) do modelo 9, para todo banco de dados da regeneração natural (16a), para as categorias RN 1 (16b), RN 2 (16c), RN 3 (16d), RN 4 (16e) e para o banco de dados de cupiuba (16f).....	45
Figura 14: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (Ps) do modelo 10, para todo banco de dados da regeneração natural (17a), para as categorias RN 1 (17b), RN 2 (17c), RN 3 (17d), RN 4 (17e) e para o banco de dados de cupiuba (17f).....	47

Figura 15: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (Ps), obtidos com o uso dos diferentes modelos testados para a categoria RN 4 com o uso da variável independente DAP.....	49
---	----

1 Introdução

Após a ausência por quase 30 anos em pesquisas científicas, a discussão sobre biomassa florestal volta a desempenhar sua significância histórica (Zianis e Mencuccini, 2004). Nos trópicos, Klinge e Rodrigues (1973), realizaram um dos primeiros trabalhos de biomassa florestal na região de Manaus. Estes autores adotaram metodologia semelhante à que Kira empregou na Malásia em 1971 (Kira, 1987).

Poucos são os estudos publicados que utilizam dados coletados por métodos destrutivos, devido a dificuldades de aquisição em campo (Chave *et al.*, 2005). Na Amazônia, nos municípios de Manaus (AM) e Tomé-Açu (PA), as primeiras equações alométricas desenvolvidas com base em coletas destrutivas foram apresentadas por Higuchi e Carvalho Jr. (1994), Araújo (1995) e Santos (1996). Mais tarde, estes trabalhos foram publicados em revistas científicas como Higuchi *et al.* (1994), Higuchi *et al.* (1998) e Araújo *et al.* (1999).

Silva (2007), em sua tese de doutorado resgata todos os dados de biomassa acima do nível do solo do laboratório de Manejo florestal (LMF) do INPA e acrescenta dados de biomassa de raízes e de capoeiras. Este trabalho foi desenvolvido sob as orientações do guia do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima – IPCC (IPCC, 2006). Foi concluído que a regeneração natural de espécies arbóreas ($DAP < 5$ cm) contribui com apenas 2% da biomassa viva acima do nível do solo, ficando 93% da contribuição para as árvores ($DAP \geq 5$ cm) e os demais 5% para palmeiras, cipós e lianas.

O trabalho de Silva (2007) cobre do ponto de vista metodológico, as demandas de compromissos incluídos no Protocolo de Quioto (inventário nacional de emissões, coordenados pelo IPCC) e com a Organização para a Agricultura e Alimentação da ONU – FAO (Avaliação dos Recursos Florestais – FRA 2005). Cobre também as demandas incluídas na Lei Estadual de Mudanças Climáticas do Governo do Estado do Amazonas (Lei 3.135 de 05/06/2007).

No caso do clima a biomassa é utilizada para estimar os estoques de carbono, que, por sua vez, são utilizados para estimar a quantidade de CO_2 que é liberada a atmosfera durante processo de queimadas (Higuchi *et al.*, 1998). Bem como para prever o crescimento de plantios florestais (Wagner e Ter-Mikalelian, 1999). Segundo Marcene *et al.* (2006) as atividades de reflorestamento tornam-se uma opção viável e lógica para mitigar os problemas causados pela elevada taxa de emissão do CO_2 . Sendo esta atividade uma das modalidades de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) relatadas no Protocolo de Quioto como instrumento para auxiliar na redução das mudanças climáticas.

Apesar do grande número de modelos alométricos compilados por Zianis e Mencuccini em 2004, para prever a biomassa de árvores maduras, em nível de espécie ou sítio, relativamente poucos estudos têm o foco na regeneração arbórea (Wagner e Ter-Mikalelian, 1999). Para tornar mais precisa a quantificação de biomassa e carbono, se torna um requisito o conhecimento sobre a biomassa acima e abaixo do nível do solo durante todo o ciclo de vida da floresta (Peichl e Arain, 2007).

Apesar de contribuir com apenas 2% da biomassa viva acima do nível do solo (Silva, 2007) igualmente importante é o estudo de biomassa total (acima e abaixo do nível do solo) e carbono para a regeneração natural de espécies arbóreas. Carvalho Jr. *et al.* (1994), chegaram a um valor médio de, aproximadamente, 47% de teor de carbono contido na regeneração natural tendo por base o peso seco. Esse valor se encontra dentro dos limites de concentrações em florestas tropicais, entre 46 e 52% (Higuchi *et al.*, 2004).

Em florestas naturais e multiêneas um problema comum é a falta de acesso à idade dos indivíduos presentes no local. Com o intuito de aproveitar áreas de floresta primária na Amazônia Central, em Manaus, atingida por tempestade de vento no ano de 2005, foram determinados pesos individuais (parte aérea e raízes) de 504 mudas, pertencentes à regeneração natural, divididas em quatro categorias de tamanho. As áreas afetadas apresentam dossel descontínuo e microsítios criados pelo distúrbio permitindo o acesso a indivíduos que chegaram à área após o evento.

Esse controle permite uma tentativa de representar a fase inicial de plantios de mudas de florestas tropicais. Tendo em vista que durante o primeiro período de comprometimento do Protocolo de Quioto (2008-2012), as atividades de MDL envolvendo sequestro de carbono nos projetos de Uso da Terra, Mudanças no uso da Terra e Florestas (LULUCF, sigla em inglês), estão restritos a atividades de florestamento/reflorestamento (UNFCCC, 2005). Sendo no Brasil a contribuição desses projetos inferior a 1% (Teixeira *et al.*, 2006).

Os melhores modelos alométricos obtidos por Santos (1996) e Higuchi *et al.* (1998) serão re-testados com o novo arquivo de dados. Estes modelos têm produzido bons resultados, com coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,95 e erros abaixo de 5% (Silva, 2007).

Dez diferentes modelos alométricos foram testados e avaliados para cada categoria de tamanho da regeneração natural, para todo o arquivo de dados e para 38 indivíduos de *Goupia glabra* Aubl. (cupiuba), que tiveram a massa seca total (PT) como variável dependente e diâmetro de colo (Dc), altura total (AT) e número de folhas (Nfo) como variáveis independentes. Amostras de cada indivíduo foram coletadas para determinação de teores de carbono.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Biomassa

A biomassa é definida como, a massa total dos organismos vivos em uma dada área ou de uma dada espécie (IPCC, 2006), ou por matéria orgânica viva (Keeling e Phillips, 2007), expressa em massa seca ($g = 10^{-3}$ kg, kg, t = 10^3 kg, Mg = 10^6 kg, Gg = 10^9 kg, Tg = 10^{12} kg e Pg = 10^{15} kg). Zianis e Mencuccini (2004) mencionam a biomassa do sistema, para propósitos científicos, como uma variável fundamental em vários modelos ecológicos e ecofisiológicos. Sendo também utilizados para comparação de diferentes formações florestais, e entre formações florestais similares em diferentes localidades (Overman *et al.*, 1994).

Estimativas de biomassa são requisitos para acessar a quantidade de energia primária das florestas assim como uma alternativa para combustíveis fósseis (Zianis e Mencuccini, 2004). O crescente interesse em estimar a biomassa em florestas se dá devido ao papel das mesmas em regular os ciclos de carbono e nutrientes (Cairns *et al.*, 1997). Essas estimativas são informações imprescindíveis nas questões ligadas entre outras, às áreas de manejo florestal e de clima. No primeiro caso, a biomassa está relacionada com os estoques de macro e micronutrientes da vegetação, que são obtidos pelo produto da massa pela concentração de cada mineral. No caso do clima, a biomassa é utilizada para estimar o balanço do carbono da interação biosfera-atmosfera (Higuchi *et al.*, 1998).

As estimativas de biomassa dos diversos tipos florestais da Amazônia vêm de estudos que utilizam métodos diretos e indiretos (Brown *et al.*, 1989, Overman *et al.*, 1994). Métodos diretos envolvem a derrubada e pesagem de todas as árvores presentes em unidades amostrais de área fixa (Higuchi *et al.*, 1994). No método indireto as estimativas, têm sido produzidas a partir de dados de inventários florestais, que foram executados com a finalidade de planejar a exploração e o manejo florestal, sendo o volume de madeira a principal variável (Higuchi *et al.*, 1994).

Os poucos estudos que mensuram a biomassa diretamente, têm por base medidas de poucas, e pequenas unidades amostrais tendenciosamente escolhidas, cobrindo pequenas áreas de florestas tropicais (Brown *et al.*, 1989). No caso do banco de dados de volume provenientes do projeto RadamBrasil (Projeto RadamBrasil, 1973-1983) as estimativas originais de volume e sua subsequente transformação para biomassa, podem conter erros provenientes de estimativas de altura comercial sem o uso de medidas diretas, e devido ao uso de um único fator de forma utilizado para todas as classes de tamanho das árvores e tipologias florestais (Nogueira *et al.*, 2008).

Dados provenientes de inventários florestais em grandes extensões de área são preferidos por alguns autores para estimar a biomassa, do que o uso de modelos alométricos devido ao fato da melhor representatividade espacial (Brown e Lugo, 1992). Por sua vez os modelos alométricos possuem a vantagem de ser facilmente aplicados para grandes áreas, para estimativas de biomassa florestal (Chave *et al.*, 2005). Aparentemente, não existe um único modelo de regressão, e escolher a melhor solução não é fácil, uma vez que envolve escolhas entre funções de diferentes formas, diferentes transformações, e a seleção das variáveis independentes a serem utilizadas (Overman *et al.*, 1994).

Sempre que possível deve se recorrer à escala original para avaliar a precisão das estimativas dos diferentes modelos, levando em conta que além da avaliação estatística, os modelos devem ser de uso prático (Overman *et al.*, 1994). O ideal é ter um modelo estatístico para cada tipo florestal e para cada sítio (Higuchi *et al.*, 2004), porém inviável.

Segundo o IPCC (2004), a biomassa deve ser estimada, separadamente, considerando os seguintes componentes: (1) biomassa acima e abaixo do nível do solo, que inclui troncos, galhos grossos e finos, casca, flores, frutos, folhas a biomassa do solo ou a biomassa de raízes maiores que 2 mm de base e (2) biomassa de matéria morta ou necromassa, que são todos os materiais vegetais mortos não contidos na serapilheira, sejam em pé, no chão ou no solo.

2.2 Carbono

O carbono é um elemento químico, símbolo C de número atômico seis (seis prótons e seis elétrons) com massa atômica igual a 12 u (dalton), sendo 1u igual a $1,66 \times 10^{-27}$ kg. Algumas equivalências importantes do carbono são citadas por Higuchi *et al.* (2009):

CO_2 para C = dividir por 3,6667

C para CO_2 = multiplicar por 3,6667

CO_2 em kg = $12 * (16 * 2) = 44$

1 kg de C = $44/12 = 3,6667$ kg de CO_2

Petróleo e Carbono

1 barril de petróleo = 159 litros

6 barris = $1\text{m}^3 = 0,9$ t

1 litro de gasolina = 2,164 kg de CO_2 (Cetesb, 2003).

O Quarto Relatório de Avaliação (QRA) do Grupo de Trabalho III do IPCC informa o aumento nas emissões de CO_2 em cerca de 80% de 1970 até 2004, representando 77% das emissões antrópicas de gases de efeito estufa em 2004 (IPCC, 2007). Devido a grande contribuição deste gás, outros gases de efeito estufa tais como CH_4 , N_2O , HFC, PFC e SF_6 são

transformados em equivalentes a CO₂ (Higuchi *et al.*, 2009). O glossário do QRA do Grupo de Trabalho I do IPCC define essa equivalência sendo a concentração de CO₂ que causaria a mesma força radiativa que uma mistura de dióxido de carbono e outros gases de efeito estufa (IPCC, 2007).

Equivalências em relação a outros gases de efeito estufa:

Gás carbônico (CO₂) = 1 crédito

Óxido nitroso (N₂O) = 310 créditos

Metano (CH₄) = 21 créditos

Hidrofluorcarbonetos (HFCs) = 140-11700 créditos

Perfluorcarbonetos (PFCs) = 6500-9200 créditos

Hexafluoreto de enxofre (SF₆) = 23900 créditos

O mesmo glossário define a Redução Certificada de emissões (RCE) igual à redução de emissões de uma tonelada métrica de CO₂ equivalente ou sequestrada por projetos de MDL, sendo 1 crédito igual a uma tonelada métrica de CO₂.

Para Clark (2004), florestas primárias da Amazônia desempenham papel fundamental no balanço global de carbono. Essa afirmação seria verdadeira caso o perfil global de emissões de carbono fosse originado de mudanças no uso da terra e agricultura. Sendo este último, o caso do Brasil aonde 81% das emissões é oriundo destas atividades e não do setor energético como no restante do mundo (Teixeira *et al.*, 2006).

A pergunta é se essas florestas atuam como fontes ou sumidouros do carbono. A elas é atribuída à função de filtrar 20% da água doce do planeta e conter cerca de 30% do carbono da vegetação terrestre (Vieira *et al.*, 2005) e consequentes mudanças no estoque de carbono florestal implicam impactos nas mudanças climáticas globais (Keeling e Phillips, 2007).

Higuchi *et al.* (2004) estudaram parcelas permanentes em áreas de floresta primária com 12 medições repetidas durante o período de 1986 a 2000. Durante esse período ocorreram duas secas anormais na região (fenômeno El Nino, em 1992-93 e 1997-98) e uma chuva anormal na região (fenômeno La Nina, em 1999). Devido a esses fenômenos as taxas de mortalidade e recrutamento foram iguais. No entanto houve um acúmulo de carbono de aproximadamente 1,2 t/ha/ano.

Segundo Chambers *et al.* (2001) o crescimento das árvores na Amazônia Central é muito lento (média de, 1,1 mm em incremento diamétrico anual) e o acúmulo de carbono só atingirá uma nova dinâmica de equilíbrio, quando a maioria das árvores tiver estabilizado seu máximo crescimento (idade média de 175 anos).

2.3 Alometria

Para melhor estimar a massa de uma árvore é indicado o uso de relações alométricas baseadas na representatividade de árvores derrubadas aonde os atributos dos indivíduos (diâmetro na base do tronco, altura da árvore, densidade da madeira) são correlacionados à massa (Chambers *et al.*, 2001a).

No jargão de mudanças climáticas globais, as equações de regressão são chamadas de equações alométricas. Sendo o estudo da variação das formas e dos processos dos organismos e tem dois significados: (i) o crescimento de uma parte do organismo em relação ao organismo inteiro ou parte dele e (ii) o estudo das consequências do tamanho sobre as formas e os processos. No jargão florestal é o estudo da biomassa (todo) em função de partes do todo (DAP, altura total e altura comercial) (Silva, 2007).

Uma relação funcional é uma declaração (frequentemente expressa na forma de uma equação) de como uma variável, chamada variável dependente, depende de uma ou mais variáveis, chamadas variáveis independentes (Schroeder *et al.*, 1986). A variável dependente deve ser uma variável contínua, mas as variáveis independentes podem ser contínuas, discretas ou categóricas (Faraway, 2000). De acordo com o último autor análises de regressão possuem vários possíveis objetivos; predição de observações futuras; avaliação do efeito de, ou relação entre, variáveis independentes na resposta e descrição geral na estrutura das observações.

2.3.1 Modelos alométricos

Indiscutivelmente o modelo matemático mais utilizado em estudos de biomassa é representado por uma equação exponencial (Zianis e Mencuccini, 2004). Esse modelo foi apresentado por West *et al.* (1997, 1999) e Enquist e Niklas (2002):

$$M = aD^b$$

onde: M = massa seca acima do nível do solo; D = DAP; a = coeficientes de escala e b = expoente de escala.

Como alternativa a aproximações empíricas, princípios biomecânicos de estrutura das árvores e modelos ecofisiológicos baseados em propriedades fractais (distribuição dos recursos por meio do conjunto de galhos hierárquicos das plantas vasculares), West *et al.* (1999), tem utilizado esse modelo para estimar o coeficiente de escala para prever, que a biomassa viva acima do nível do solo, de espécies arbóreas, deve variar numa escala em relação ao tronco em média com $b = 8/3$ ($\approx 2,67$). Independente da estrutura ou características morfológicas dos indivíduos arbóreos sobre investigação, tendo como principal desvantagem,

o fato de considerar a taxa de crescimento específico em M e D constante, para diferentes espécies em ambientes totalmente diversos (Zianis e Mencuccini, 2004).

As relações alométricas são de interesse particular no caso de árvores, que usualmente crescem de plântulas com menos de 1g até indivíduos adultos alcançando até 10^7 g (King, 2005). Árvores apresentam variação substancial na alometria, sendo grande parte dessa variação associada à variação ambiental, tornando confusa a interpretação alometria versus influências ambientais sobre crescimento (King, 2005). Isso pode alterar a relação entre as variáveis da árvore (diâmetro) e os componentes de biomassa dependentes das árvores, os quais podem consequentemente dependendo do estágio de desenvolvimento da árvore requerer diferentes equações alométricas (Peichl e Arain, 2007).

Para Dietze *et al* (2008) ir a um novo sítio florestal ou encontrar novas espécies torna necessário à construção de novos modelos alométricos, isso pode ser particularmente problemático em áreas de alta diversidade, como as florestas tropicais, aonde coletar dados suficientes de espécies raras pode ser formalmente difícil e as probabilidades de encontrar novas espécies são sempre altas.

Tendo em vista que o principal atributo dos modelos testados é o tamanho das árvores, os mesmos têm de absorver a alta diversidade florística e as diferentes associações botânicas, distribuições espaciais e densidades (intra e interespecíficas), da vegetação de terra-firme (Higuchi *et al.*, 1998).

2.4 Alocação de biomassa e carbono em mudas

Plantas vasculares variam em tamanho por cerca de 12 ordens de magnitude e um simples indivíduo de sequóia passa por quase todas as ordens conforme cresce desde o estágio de muda a uma árvore madura (West *et al.*, 1999). Enquist e Niklas (2002) propuseram regras globais para alocação de biomassa em plantas utilizando-se de alometria. De acordo com Saack (2002) durante a ontogenia (da emergência até, aproximadamente, 5 g em peso seco) as plantas seguem diferentes regras das propostas pelos autores. Sendo um período crucial para o estabelecimento das plantas.

Para Shipley e Meziane (2002) ao capturar carbono e nutrientes, a planta deve alocar estes recursos adquiridos para novos tecidos. A alocação desses recursos adquiridos recentemente para as diferentes partes da planta irá afetar as taxas subsequentes de captura de carbono e recursos do solo. Sendo a alocação diferencial em biomassa relacionada ao crescimento da planta.

Enquanto a captura de carbono se dá nas folhas, a água e nutrientes minerais são capturados pelas raízes, pode-se dizer que a alocação em biomassa irá favorecer as folhas caso a luz se torne limitante, e irá favorecer as raízes se os nutrientes minerais se tornarem limitantes ao crescimento. Essas mudanças em alocação podem ser vistas como adaptações, pois permitem que as plantas capturem mais desses recursos que influenciam diretamente a limitação em crescimento (Poorter e Nagel, 2000).

O crescimento de mudas de espécies tropicais em determinados ambientes, e sua capacidade de se adaptar as mudanças nesse ambiente, dependem de interações complexas em atributos morfológicos e fisiológicos de cada espécie (Garwood, 1996). Diferentes estratégias de sobrevivência e crescimento são refletidas em diferentes padrões de aquisição e distribuição de carbono. Para espécies tolerantes à sombra crescer em ambientes de baixa luminosidade do sub-bosque da floresta implica em sucesso regenerativo e manutenção positiva no balanço líquido de carbono. Para espécies pioneiras crescer em ambientes de rápido desenvolvimento em clareiras pode ser de fundamental importância (Veneklaas e Poorter, 1998).

Poorter (1999) estudando a resposta de 15 espécies de floresta tropical em um gradiente de luz encontrou o comprimento específico do caule como uma das variáveis mais influenciadas pela ontogenia. Veneklaas e Poorter (1998) estudando o crescimento e partição de carbono para a regeneração natural em ambientes de luz contrastantes, relatam o pequeno papel do caule no balanço do carbono, devido a baixas taxas de respiração e longo tempo de vida. Os requerimentos em luz para uma espécie podem diferir desde a germinação e estabelecimento, crescimento e reprodução, variando durante seu ciclo de vida (Poorter *et al.*, 2005).

Contudo, árvores são organismos de vida longa e o estágio plântulas pode representar apenas um breve período na expectativa de vida de uma árvore (Poorter, 2009). Os fortes requerimentos ambientais em combinação com altas taxas de mortalidade podem determinar quando, aonde e sob quais condições a regeneração arbórea pode ocorrer (Poorter *et al.*, 2005).

2.5 Tempestades de ventos

Linhas de instabilidade são a muito tempo respeitadas devido a relação de sua passagem com tempestades de grande intensidade (Willians, 1949). Esse mesmo autor observando 7 ocorrências (de linhas de instabilidade), relata que a velocidade do vento permaneceu estável até a passagem das mesmas, quando um pico de rajada de vento ocorria.

Esse pico permanecia por um ou 2 minutos a uma velocidade superior a 125 km.h^{-1} . Embora a média dos picos de rajadas de vento foi de, aproximadamente, 90 km.h^{-1} .

Distúrbios atuam como uma parte integral e natural de ecossistemas florestais (Dale *et al.*, 2000). Distúrbios, sejam induzidos pelo homem ou naturais, modelam ambientes florestais por influenciar sua composição, estrutura e processos funcionais (Dale *et al.*, 2001). Tempestades de ventos podem causar intensa mortalidade, promover rompimento do dossel, reduzir a densidade e a estrutura de tamanho das árvores, e mudar as condições locais do ambiente (Dale *et al.*, 2001).

Nelson *et al.* (1994) utilizando Landsat Thematic Mapper (TM), imagem de satélites, reportaram 330 (de 0,33 a 33 km^2) manchas de distribuição não uniforme, largamente afetadas por essas tempestades (mencionadas como blowdown) totalizando, aproximadamente, 90.000 ha em florestas da Amazônia brasileira. Garsgatang *et al.* (1998) estudando o efeito de nuvens convectivas com grandes correntes de ar, como a causa responsável por esses distúrbios, relata que as forças exercidas nas copas de árvores e enraizamento superficial em solos pobres podem explicar o fato observado de árvores tombadas, que tiveram suas raízes expostas ao invés de quebrarem o tronco.

Falinsk (1978), estudando um hectare de floresta no Parque Nacional de Bialowieza, Polônia, afetado por tempestades de vento em 1971, relatou que, ao cair 45% das árvores já estavam mortas, e em 87% dos casos houve exposição de raízes, sendo a madeira em decomposição e buracos deixados pelas árvores tombadas um tipo especial de micro ambientes. Em áreas com baixa frequência de fogo, as rajadas de vento tomam uma importância ecológica ainda maior como agentes primários de distúrbio, promovendo heterogeneidade e riqueza de espécies (Putz, 1983).

Whitmore (1996) relata a redução local na competição de raízes no solo, quando uma clareira é formada por rajadas de vento, devido ao fato de várias raízes serem arrancadas do solo com a queda de árvores. A exposição de raízes arranca a camada de serapilheira e expõe o solo (Falinski, 1978; Putz, 1983; Whitmore, 1996). Para Falinski (1978) as árvores que tombam e expõem as raízes desempenham papel relevante no ecossistema florestal por afetarem a estrutura interna e dinâmica do ecossistema resultando em mudanças na estrutura vertical e horizontal.

Peterson e Leach (2008) estudando uma floresta atingida por tempestade no oeste de Tennessee nos Estados Unidos, relatam os tipos de microsítios mais comuns relacionados ao vento: (i) buracos deixados por árvores que tiveram suas raízes expostas devido à queda; (ii)

torrões de terra presentes nas raízes levantadas, (iii) copas de árvores caídas e (iv) manchas de solo intacto com pouca ou sem cobertura de serapilheira e sem cobertura vegetal.

Ou seja, ocorre a criação de locais disponíveis, antes não existentes para o surgimento de novas plântulas, que podem ou não ter sucesso para se estabelecer. Uma vez que a mortalidade de plântulas é com frequência extremamente alta (Lieberman, 1996).

Esses microsítios permitem a coleta de indivíduos arbóreos pertencentes à regeneração natural com idades inferiores a cinco anos (época em que os microsítios foram criados) simulando tamanhos similares aos de mudas plantadas nas fases iniciais de projetos de reflorestamento.

2.6 Protocolo de Quioto

Muitos dos recentes debates políticos e científicos têm sido concentrados no impacto potencial de sumidouros terrestres no balanço do carbono terrestre global e no balanço das concentrações de CO₂ (House *et al.*, 2002). A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC) foi assinada na Rio-92 por mais de 150 nações. Na Convenção de 1998 no Protocolo de Quioto (PQ) foram propostos processos quantitativos, na tentativa de fazer cumprir limites nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera terrestre (Marland *et al.*, 2001).

Para que o PQ entrasse em vigor era necessária a adesão de países responsáveis por pelo menos 55% das emissões de dióxido de carbono. Isso se tornou possível em Fevereiro de 2005, com a adesão da Rússia e os 37 países mais desenvolvidos das 146 nações que ratificaram o acordo, concordaram em reduzir suas emissões de GEE abaixo dos níveis de 1990 durante um período de comprometimento inicial de 2008-2012 (Santilli *et al.*, 2005).

O Protocolo provê, além disso, a possibilidade de países removerem o GEE dióxido de carbono da atmosfera para plantas, sequestrando carbono na biosfera terrestre, e usando o carbono sequestrado para compensar algumas de suas emissões de GEE oriundos de outras fontes (Marland *et al.*, 2001). Essa temática entrou nas negociações no tópico de Uso da Terra, Mudanças no Uso da Terra e Florestas (Jung, 2005).

Para isso o Protocolo estabeleceu um dos instrumentos de flexibilidade denominados projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) que permitem países industrializados (incluindo entidades privadas localizadas dentro de seus territórios), com metas de redução de emissões de GEE desenvolver projetos de mitigação de emissões em países em desenvolvimento, limitando as atividades de MDL a projetos de florestamento e reflorestamento (Boyd *et al.*, 2008).

O PQ define os termos florestamento e reflorestamento como o estabelecimento de florestas em áreas não florestadas por pelo menos 50 anos ou em áreas desflorestadas antes de 1990, respectivamente.

Durante o desenvolvimento, uma árvore sequestra carbono em seus tecidos e a quantidade de biomassa aumenta, mitigando o aumento do CO₂ atmosférico (Losi *et al.*, 2003). O sequestro de carbono por árvores é apenas uma medida temporária, uma vez que ao alcançar a maturidade às taxas de sequestro diminuem e podem ser excedidas pelas taxas de respiração (Baral e Guha, 2004).

De acordo com os últimos autores apesar de ser uma medida temporária é uma proposta emergencial para frear ou reverter o aumento atmosférico de CO₂, prove tempo para que se desenvolvam e utilizem tecnologias de energia limpa. Sendo uma boa estimativa de sequestro de carbono essencial para qualquer projeto deste tipo (Losi *et al.*, 2003).

O estudo de Peichl e Arain (2007) visa um melhor conhecimento sobre biomassa e alocação de carbono em *Pinnus strobus* L. para calcular com menores erros o potencial de sequestro de carbono para essa espécie, uma vez que a mesma é considerada importante e adaptada para plantios/florestamento em regiões temperadas. No Brasil apenas dois projetos de reflorestamento estão sendo analisados. O primeiro AES Tiête projetos florestamento/reflorestamento no Estado de São Paulo (MG e SP), está em validação e realiza atividades de florestamento e reflorestamento em áreas de campos não manejados dentro de reservas/áreas protegidas. O segundo Reflorestamento como fonte de fornecimento de madeira para Indústria, no estado de Minas Gerais e está em processo de revisão. Disponível em, <http://cdmpipeline.org/overview.htm>.

De acordo com Teixeira *et al.* (2006) o perfil de emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil está distribuído da seguinte maneira, 25% da agricultura, 56% de mudanças de uso na terra e atividades florestais (grande parte vêm de desflorestamentos), 1% de indústrias, 17% do setor de energia e 1% de desperdícios. Comparado a uma média global de aproximadamente, 14% do fornecimento de energia proveniente de fontes renováveis, o Brasil com 42% do fornecimento oriundo de fontes renováveis, produz 75% da eletricidade.

Ainda assim a porcentagem de projetos MDL no Brasil por escopo setorial distribui-se sem focar o perfil de emissões de GEE, sendo 50% no setor de energia renovável, 15% na suinocultura, 11% na troca de combustível fóssil e 9% em aterros sanitários e os demais 15% em outras atividades. Disponível em, http://unfccc.int/ghg_data/itens/3825.php.

Higuchi *et al.* (2009), realizando uma simulação para as emissões de carbono pela cidade de Manaus e alternativas de neutralização, sendo consideradas apenas as emissões via

queima de combustível fóssil. Assumindo que a cidade é responsável pela emissão de 1 milhão de t de carbono (C), com uma população de 1.646.603 pessoas, sendo a emissão *per capita* de cada cidadão manauara de 2.227 kg de CO₂ por ano.

Com um arquivo de dados de uma análise realizada na década de 80 sobre o crescimento de espécies nativas plantadas em plena abertura, foram obtidas as taxas de incremento anual (cm em diâmetro por ano) de 0,43, 0,70 e 1,37 cm por ano para espécies de crescimento lento, médio e rápido, respectivamente. No primeiro ano de plantio as espécies de crescimento lento, médio e rápido seqüestraram, respectivamente, 0,579 kg CO₂, 1,445 kg CO₂ e 5,098 kg CO₂.

Com base nesses dados, considerando um plantio com espaçamento 2 m x 2,5 m (2 mil mudas por hectare), serão necessários, respectivamente, 2,5 milhões, 1 milhão e 288 mil hectares em termos de área plantada para espécies de lento, médio e rápido crescimento. Tendo em vista que o perímetro urbano de Manaus é de 49 mil hectares, a neutralização de emissões de CO₂ via plantios é inviável.

2.7 Mitigação

O IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima) foi criado pela UNEP (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) e WMO (Organização Meteorológica Mundial), siglas em inglês, em 1988 para acessar a situação do conhecimento existente sobre as mudanças climáticas: sua ciência, os impactos ambientais, econômicos e sociais e possíveis estratégias de resposta. Possui três grupos de trabalho: WG I se concentra no sistema climático (base da ciência física); WG II aborda opções de resposta e impactos ambientais e socioeconômicos e WG III aborda as dimensões econômicas e sociais (mitigação das mudanças climáticas). Disponível em www.unep.org/.

O IPCC revisa e acessa as informações científicas, técnicas e sócio-econômicas mais recentes produzidas pelo mundo, relevantes ao entendimento das mudanças climáticas. Milhares de cientistas do mundo inteiro contribuem ao trabalho do IPCC em uma base voluntária. Devido à natureza científica e intergovernamental o IPCC provê informação científica, rigorosa e equilibrada para tomadores de decisão. Sendo seu trabalho politicamente-relevante, neutro e nunca prescritivo. Disponível em www.ipcc.ch/.

Entre os vários objetivos da Lei Estadual de Mudanças Climáticas do Governo do Estado do Amazonas (Lei 3.135 de 05/06/07), há um relacionado com a promoção de ações para ampliação da educação ambiental sobre os impactos e as conseqüências das mudanças climáticas para as comunidades tradicionais, comunidades carentes e alunos da rede pública

escolar, por meio de cursos, publicações impressas e da utilização da rede mundial de computadores.

Na tentativa de alcançar o objetivo acima citado pela Lei 3.135 o Laboratório de Manejo Florestal (LMF) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) realizou uma proposta, para monitoramento da dinâmica do carbono da regeneração natural e de mudas plantadas.

2.7.1 Monitoramento da dinâmica do carbono da regeneração natural

Para neutralizar o carbono emitido é preciso entender o processo de sequestro de carbono pela vegetação. Na área florestal, sequestro de carbono pode ser calculado usando a seguinte expressão matemática:

$$QA(t) = QA(t_0) + \int_{t_0}^t [QE(t) - QS(t)] dt$$

onde:

QA(t) = quantidade de biomassa ou carbono (g, kg ou t) armazenada no sistema (floresta) com o passar do tempo.

QE(t) = quantidade de biomassa ou C que entra no sistema com o passar do tempo.

QS(t) = quantidade de biomassa ou C que sai do sistema com o passar do tempo.

t₀ = primeira mensuração ou tempo 0

t₁ = segunda mensuração ou intervalo de tempo entre a primeira e segunda medição.

A quantidade que entra no sistema (QE) é o C fixado pela fotossíntese e pode ser decomposta da seguinte maneira: (i) o estoque da biomassa ou C dos indivíduos recrutados para a primeira categoria de tamanho, (ii) incremento individual dos indivíduos que estavam vivos em t₀ e permaneceram assim em t₁. A quantidade que sai do sistema (QS) é o C perdido pela respiração dos indivíduos vivos e mortos e pela decomposição da matéria morta; pode ser quantificado usando o estoque de biomassa ou C dos indivíduos vivos em t₀, mas mortos em t₁.

Quando $\int_{t_0}^t QE(t) dt > \int_{t_0}^t QS(t) dt$, o povoamento está sequestrando C da atmosfera; isso acontece nos primeiros anos do reflorestamento ou quando a floresta manejada está respondendo positivamente aos tratamentos silviculturais. Quando $\int_{t_0}^t QE(t) dt < \int_{t_0}^t QS(t) dt$, o povoamento está emitindo. Neste caso a taxa de mortalidade é maior do que a de recrutamento. Para que estes métodos possam ser utilizados é necessário instalar parcelas permanentes, para acompanhar a regeneração natural utilizando-se de medições periódicas do crescimento e acompanhar a mortalidade dos indivíduos da regeneração natural. Essas medições não requerem grandes intervalos de tempo.

Vários modelos alométricos serão testados para as diferentes categorias de tamanhos, que terão a massa seca total como variável dependente e diâmetro de colo, altura total e número de folhas como independentes. O melhor (ou melhores) será aplicado em parcelas permanentes que serão instaladas em 4 sítios de Manaus: Parque do Mindú, Jardim Botânico, Bosque da Ciência do INPA e Parque das Samaúmas, para o monitoramento da dinâmica do carbono da regeneração natural e de mudas plantadas.

3 Objetivos

3.1 Geral

Desenvolver modelos alométricos para estimativas de biomassa e carbono da regeneração natural (diferentes categorias de tamanho de mudas) de espécies arbóreas.

3.2 Específicos

- Selecionar o melhor modelo para cada categoria de tamanho.
- Determinar os teores de carbono de indivíduos arbóreos da regeneração natural em nível de família, gênero e espécie de acordo com as categorias de tamanho e de acordo com a abundância de cada espécie.
- Aplicar o teste de paralelismo entre os melhores modelos, para verificar se o uso de uma única equação pode ajustar os dados observados para as quatro categorias de RN.
- Possibilitar o monitoramento da dinâmica do carbono em indivíduos da regeneração natural.

4 Material e Métodos

4.1 Descrição da área de estudo

4.1.1 Localização

Os pontos de coletas (Figura 1) estão localizados nas margens da estrada vicinal ZF-2 (as coordenadas geográficas encontram-se no anexo 1), entre km- 37 e km-50. Esta área foi identificada como área atingida por tempestades de vento (Chambers *et al.*, 2007) utilizando-se de sensoriamento remoto. Situadas em terras da Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST) do INPA, localizada no Distrito Agropecuário da Superintendência da Zona Franca de Manaus, no quilômetro 45 da BR-174. As coordenadas geográficas da estação são 2° 35' 55,5" de latitude sul e 60° 02' 14,8" de longitude oeste Grw.

4.1.2 Vegetação

A área de estudo é coberta por floresta tropical úmida de terra firme, com características típicas da parte central da região amazônica (Higuchi *et al.*, 1998a). RADAM-BRASIL (1978) denominou a área de sub-região dos baixos platôs da Amazônia. A vegetação da área é influenciada pela Bacia do Rio Negro, que abriga as florestas mais heterogêneas da Amazônia (Pinto *et al.*, 2003).

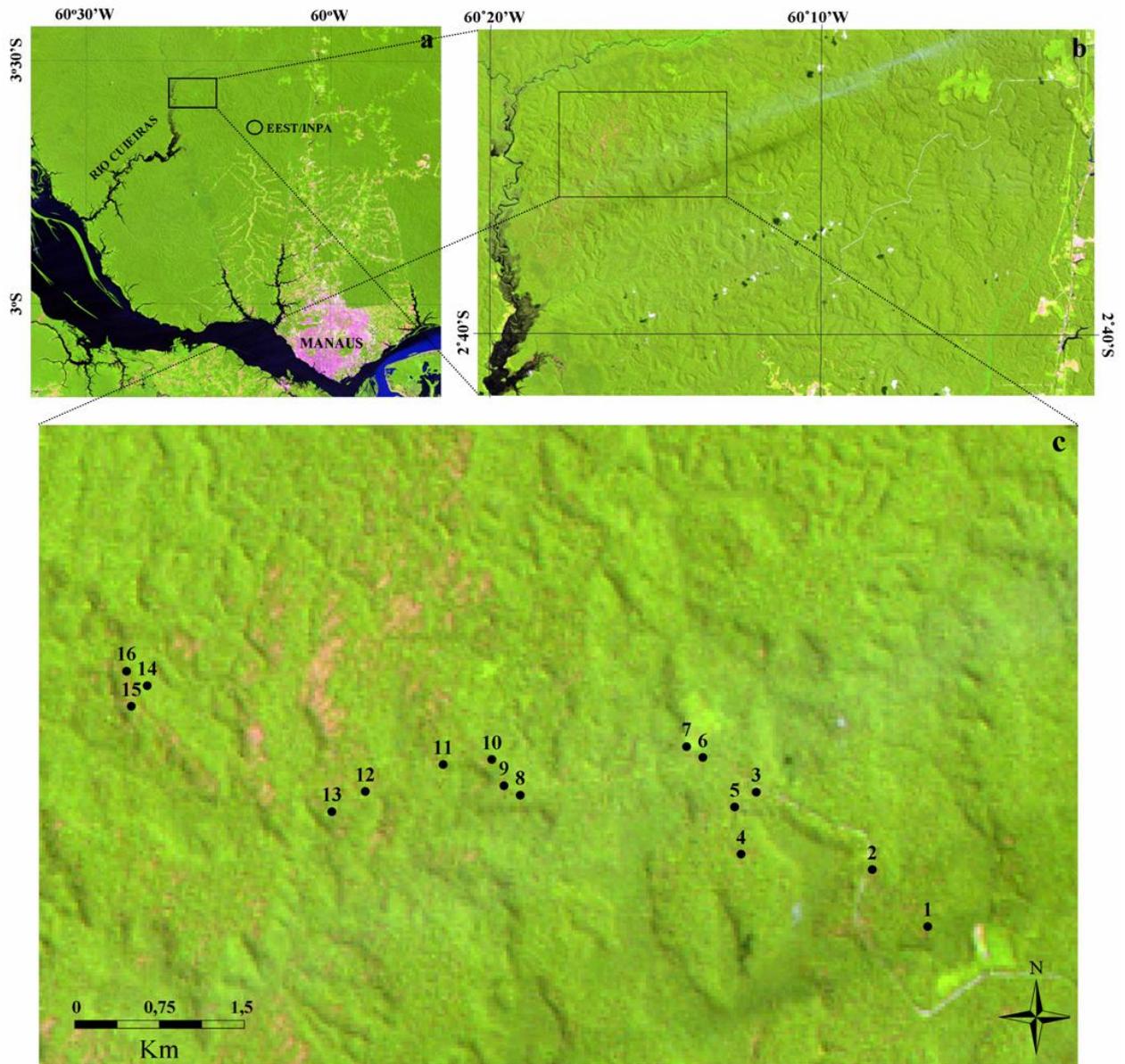


Figura 1: Floresta de terra firme perturbada pela passagem de uma tempestade convectiva (downburst) ocorrida em Janeiro de 2005. Localização: Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas, Brasil; Imagem: composição RGB (bandas 3, 4 e 5) do sensor Landsat TM5 (L523106220080806) (Fonte: <http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer/>); Legenda: a- região de Manaus, bacia do rio Cuieiras e EEST; b- trecho de floresta perturbada estudado; c- pontos de coleta.

Na bacia do Tarumãzinho, área contígua ao rio Cuieiras, por meio do inventário florestal de 96 hectares, foram encontrados 14.922 indivíduos com $DAP \geq 25$ cm, distribuídos em 51 famílias botânicas, com 409 espécies para 206 gêneros. As espécies mais abundantes foram castanha jarana (Lecythidaceae), inharé (Moraceae), ucuúba (Myristicaceae) e uxi (Humiriaceae), com uniforme distribuição espacial dentro da área (Higuchi *et al.*, 1985).

Saito *et al.* (2003) estudando a composição florística e forma de vida de espécies vasculares na área da ZF-2, encontraram 317, 238 e 193 espécies nos inventários para as classes de dossel, sub-bosque e mudas, respectivamente. Um total de 393 espécies apareceu nas três classes. A riqueza individual de famílias foi diferente entre platôs e baixios apesar de Sapotaceae e Chrysobalanaceae mostrarem alta riqueza individual em ambas as áreas.

4.1.3 Clima

Segundo a classificação Köppen, o clima é do tipo “Amw”. Esta classificação é caracterizada como clima tropical chuvoso, apresentando temperatura elevada, com variação térmica diurna maior que a variação térmica noturna, temperatura média anual do mês mais frio é sempre maior que 18°C, umidade relativa média muito alta, variando de 84% a 90%, precipitação média anual de 2097 mm, apresentando maior precipitação pluviométrica nos meses de dezembro a maio.

Pesquisas realizadas na área de estudo por Miranda (2002), caracterizaram a temperatura (°C), precipitação (mm) e umidade relativa (%) com máximas e mínimas de valores: (34,7 e 20,8); (116,2 e 00,0) e (100 69,0), respectivamente. Esses dados foram obtidos por meio da utilização da micro-estação meteorológica da torre de observação do km-14 da ZF-2.

4.1.4 Solos

De acordo com Ferraz *et al.* (1998), os solos dos platôs são de textura argilosa; nas encostas variam de argilo-arenoso (próximo aos platôs) e areno-argilosos (próximos aos baixios) e nos baixios, são de textura arenosa. Sendo classificados em: Latossolo Amarelo nos platôs; Podzólicos Vermelho-Amarelo, nas encostas; e Arenossolos Hidromórficos nos baixios. O tipo de solo predominante é o latossolo amarelo álico, argiloso (Higuchi *et al.*, 1998a).

O padrão da distribuição vertical dos teores dos nutrientes trocáveis K, Ca e Mg indicam que é na camada mais próxima à cobertura vegetal onde se processa com maior intensidade a ciclagem de nutrientes. A conservação da matéria orgânica nesses solos é fator importante para manutenção da fertilidade dos solos. A disponibilidade de nutrientes para as plantas é baixa, e os solos podem ser classificados como distróficos (Ferraz *et al.*, 1998).

4.2 Categorias de Tamanhos

Foi considerada regeneração natural (RN) todo indivíduo arbóreo que não tenha atingido um diâmetro mínimo de inclusão ($DAP \geq 5$ cm) e que possua altura total (AT) superior a 30 cm. A RN será distribuída nas seguintes categorias:

RN 1 – $30 \text{ cm} < AT < 50 \text{ cm}$

RN 2 – $50 \text{ cm} < AT < 100 \text{ cm}$

RN 3 – $100 \text{ cm} < AT < 200 \text{ cm}$

RN 4 – $AT \geq 200 \text{ cm}$ e $DAP \leq 5 \text{ cm}$.

4.3 Coleta de dados de biomassa total da regeneração natural – método destrutivo:

Em 16 pontos ao longo da estrada vicinal ZF-02, localizados em áreas afetadas por tempestades de vento no ano de 2005, foram investigados para retirada de mudas de indivíduos arbóreos inteiros (raízes e parte aérea) da RN. Cerca de 30 indivíduos foram coletados por caminhamentos em cada clareira. Indivíduos que apresentaram injúrias devido à queda de galhos grossos oriundos de árvores mortas, mas ainda em pé e rebrotas não foram coletados.

Os 504 indivíduos foram coletados em torrões de terra presentes em raízes expostas de árvores tombadas, em troncos de árvores tombadas, em buracos deixados na área anteriormente ocupada pela árvore em pé e em áreas ocupadas por copas de árvores presentes no solo. Ou seja, em microsítios criados pelo distúrbio a fim de garantir que todos os indivíduos analisados tenham chegado à área após o fenômeno. Não possuindo por tanto mais do que cinco anos.

Após a coleta, os indivíduos tiveram a remoção do solo de suas raízes (inclusive as menores de dois mm de base), foram levados à base da EEST e tiveram suas medidas de diâmetro de colo, altura total (altura do chão até a gema apical), número de folhas e diâmetro a altura do peito tomadas, a última apenas para os indivíduos pertencentes à categoria RN 4. Após a medição os indivíduos foram separados por categoria e por componentes de cada categoria em sacos de papel.

A massa seca (peso observado) de cada indivíduo das categorias RN 1 e RN 2, das raízes e parte aérea da RN 3 (um indivíduo da categoria RN 3 foi embalado de maneira inadequada não sendo compartimentado) e raízes, tronco e folhas da RN 4, foram obtidos com uso de estufas a 65° C . A massa verde não foi obtida, devido as dificuldades de acesso às áreas de coleta, com o transporte de uma balança eletrônica.

Após uma semana dentro da estufa as amostras foram pesadas em gramas com uso de balança de precisão (duas casas decimais), periodicamente (uma vez por dia) até alcançar massa constante (três medidas consecutivas com igual valor). As amostras foram pesadas sem a presença das embalagens.

A moagem completa do material até a consistência de pó foi feita empregando-se um moinho de 10 facas, sendo seis fixas e quatro móveis e peneira metálica de 1 mm. Para evitar a contaminação das amostras o moinho foi limpo com um jato de ar a cada moagem. O teor de carbono foi obtido por meio da cromatografia gasosa a partir de combustão a seco, utilizando o analisador CN (Sumigraph NC-900). Neste método, a amostra de material sólido é levada à combustão total sendo que um sensor infravermelho detecta a quantidade de dióxido de carbono (CO₂) gerado pela combustão, relacionando-a automaticamente com a quantidade de carbono elementar existente na amostra (Marcene *et al.*, 2006).

A determinação dos teores de carbono foi dividida de acordo com as categorias de tamanho. Para as categorias RN 1 e RN 2, a amostra foi o indivíduo inteiro (inclusive raízes) uma vez que separar esses componentes pode resultar em quantidades ínfimas de material vegetal, sendo as amostras feitas a nível de família. Para a categoria RN 3, foram retiradas amostras da parte aérea e das raízes, separadamente, sendo os indivíduos analisados a nível de gênero. Da categoria RN 4, foram feitas amostras das raízes, tronco e folhas, separadamente, por espécie. As amostras foram feitas em dois momentos de moagem do material vegetal.

Para obtenção da média ponderada para as categorias de tamanho que foram compartimentadas foi necessário utilizar os valores de percentagem de contribuição na biomassa de cada compartimento, multiplicado pela concentração percentual média de carbono para cada compartimento. Para a categoria RN 3 foi realizada a média ponderada entre as raízes (R) e partes aéreas (PA) e para a categoria RN 4 a média ponderada entre raízes (R) caules (Ca) e folhas (Fo). Para as 4 cat foi realizada a média ponderada entre as categorias RN 1, RN 2, RN 3 R, RN 3 PA, RN 4 R, RN 4 Ca e RN 4 Fo.

4.4 Modelos alométricos

Foram realizadas análises de regressão tendo como variável dependente o caractere de natureza destrutiva massa seca total (PT) e como variáveis independentes, as mensuráveis e não destrutivas; diâmetro de colo (Dc), diâmetro a altura do peito (DAP), altura total (AT) e número de folhas (Nfo). A variável DAP só foi utilizada para indivíduos da categoria RN 4.

Os melhores modelos alométricos testados por Santos (1996) e Higuchi *et al.* (1998) serão re-testados (utilizando-se do software SYSTAT 12) com o novo arquivo de dados. Estes

modelos produziram bons resultados no trabalho de Silva (2007) e não foram testados em indivíduos arbóreos com menos de 5 cm em DAP.

Os modelos foram testados para todo o arquivo de dados (4 cat), por categoria de tamanho (RN 1, RN 2, RN 3 e RN 4, que tiveram respectivamente 95, 189, 133 e 87 indivíduos), e para 38 indivíduos pertencentes a mesma espécie (*Goupia glabra* Aubl.) retirados do arquivo de dados. Devido à escala da variável dependente (g), foram consideradas seis casas decimais para obtenção dos coeficientes de regressão.

Foram testados os seguintes modelos logarítmicos e não lineares:

1. $\ln(\text{Psi}) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(\text{Dci}) + \varepsilon_i$,
2. $\ln(\text{Psi}) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(\text{ATi}) + \varepsilon_i$,
3. $\ln(\text{Psi}) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(\text{Nfoi}) + \varepsilon_i$,
4. $\ln(\text{Psi}) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(\text{Dci}) + \beta_2 * \ln(\text{ATi}) + \varepsilon_i$,
5. $\ln(\text{Psi}) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(\text{Dci}) + \beta_2 * \ln(\text{ATi}) + \beta_3 * \ln(\text{Nfoi}) + \varepsilon_i$,
6. $\text{Psi} = \beta_0 * \text{Dci}^{\beta_1} + \varepsilon_i$
7. $\text{Psi} = \beta_0 * \text{ATi}^{\beta_1} + \varepsilon_i$
8. $\text{Psi} = \beta_0 * \text{Nfoi}^{\beta_1} + \varepsilon_i$
9. $\text{Psi} = \beta_0 * \text{Dci}^{\beta_1} * \text{ATi}^{\beta_2} + \varepsilon_i$
10. $\text{Psi} = \beta_0 * \text{Dci}^{\beta_1} * \text{ATi}^{\beta_2} * \text{Nfoi}^{\beta_3} + \varepsilon_i$ para $i = 1, 2, \dots, i$.

Onde: Psi = peso (total acima e abaixo do solo) estimado de acordo com a massa seca (g) de cada indivíduo;

Dci = diâmetro de colo de cada indivíduo das categorias RN 1, RN 2, RN 3 e RN 4 em mm;

ATi = altura total (até a gema apical) de cada indivíduo em cm;

Nfoi = número de folhas de cada indivíduo;

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ e β_3 = coeficientes de regressão;

ε_i = erro aleatório; ln = logaritmo natural.

Para a categoria RN 4 os modelos 1, 4, 5, 6, 9 e 10 foram testados substituindo a variável independente Dc pela variável independente DAP de cada indivíduo.

Para a escolha do melhor modelo estatístico, visando-se estimar a biomassa seca total da regeneração natural, para cada categoria, serão adotados os procedimentos tradicionais da ciência florestal (de 1 a 3), de acordo com Santos (1996), que são:

1. Maior coeficiente de determinação ajustado (R^2_{ajustado}): utilizado para avaliar a quantidade de variação explicada pelo modelo de regressão em porcentagem.
2. Menor erro padrão de estimativa em relação à média ($s_{y.x}$): é um indicador de dispersão, logo é o desvio padrão da relação.

3. Melhor distribuição gráfica dos resíduos: reflete a homogeneidade ou heterogeneidade de distribuição dos resíduos em relação aos valores estimados obtidos.

4. Confrontar os valores de PT com os valores do peso total estimado (Ps), na escala original para cada situação testada, bem como o peso médio real (Pmr) com o peso médio estimado (Pms).

No caso de modelos logarítmicos se faz necessária a transformação dos dados de saída (peso estimado) da regressão para a escala original, uma vez que o objeto de estudo é a massa (g) e não o logaritmo da massa (g).

Após a obtenção dos coeficientes de regressão, o modelo 1: $\ln(Ps) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(Dc)$ passa a ter a seguinte forma, $Psi = \text{Exp}(\beta_0 + \beta_1 * (\ln(Dci)))$, para obtenção do peso de cada observação em gramas. Com os pesos estimados na mesma escala é possível realizar a soma dos quadrados residuais (SQR), obtida pela soma dos quadrados da diferença do peso observado e peso estimado para cada observação. A raiz da divisão da SQR pelos graus de liberdade dos resíduos nos fornece o desvio padrão da estimativa para todo o conjunto amostrado.

Um assunto chave na compilação de incertezas é a distinção entre o desvio padrão do banco de dados e o desvio padrão da média. O desvio padrão da média, também conhecido por erro padrão da média ($s_{y,x}$), é o desvio padrão do banco de dados dividido pela raiz quadrada do número de observações (IPCC 2003). Para obtenção do erro padrão da média em porcentagem ($S_{y,x\%}$) basta dividirmos o $s_{y,x}$ pela observação média (no caso o peso médio) e multiplicar esse valor por 100.

Para inventários sob a chancela do Protocolo de Quioto, o tamanho da incerteza associada à média ($S_{y,x\%}$) estimada é tão importante quanto à própria média (Higuchi *et al.*, 2009). No Guia do IPCC 2006, o multiplicador é 2 para o nível de 95% de probabilidade. Ou seja, a incerteza para cada entrada do conjunto de dados é obtida multiplicando-se o $S_{y,x\%}$ por dois, em outras palavras essa incerteza mais ou menos a média constroi o intervalo de confiança.

Para fins comparativos a distribuição gráfica dos resíduos para os modelos logarítmicos foi realizada com os valores de peso estimado (Ps) na escala original (g).

4.5 Covariância com variáveis Dummy

A hipótese de que uma única equação é suficiente para ajustar os dados observados para todo o banco de dados, para as 4 categorias de tamanho da RN e para o banco de dados

de cupiuba será testada por meio da análise de covariância (Tabela 1) com variáveis “dummy”, segundo Freese (1968).

No caso de regressões lineares de simples entrada, regressões para grupos podem diferir por apresentarem diferentes angulações ou no caso de apresentarem mesma angulação, irão diferir nos níveis. A covariância, primeiro testa a hipótese de que não existe diferença em angulação. Posteriormente se não houver evidência, testa a hipótese de não existir diferença de níveis. Se nenhuma diferença é encontrada para ambas, angulações e níveis, então uma regressão simples poderá ser ajustada ignorando-se a diferença de grupos.

Tabela 1: Teste de paralelismo.

Fontes de variação	Gl	SQ	MQ
Ângulos comuns, níveis separados		SQns	
Ângulos comuns, níveis comuns		SQnc	
Teste de níveis, diferença		SQdif	
Resíduos		SQres	
Total			

$$F_{\alpha, GL1, GL2} = MQdif / MQres$$

GL1 = graus de liberdade no numerador (número de categorias – 1) e GL2 = GL dos resíduos no denominador.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 * X_i, \text{ onde}$$

Y_i = Peso de cada observação

X_i = Diâmetro de colo de cada observação

β_0 = intercepto

β_1 = coeficiente de angulação

Isto significa estabelecer duas hipóteses nulas (H_0' , H_0''), H_0' testa se as 6 equações (uma para cada entrada do banco de dados) de regressão descrevem superfícies paralelas, e H_0'' testa a hipótese se estas superfícies coincidem, visto que são paralelas.

Tendo-se as 6 equações, há interesse em saber se estas podem ser combinadas em uma só, ou se diferentes equações devem ser empregadas para cada entrada do banco de dados. O primeiro passo consiste em verificar se as seis equações descrevem superfícies de regressão paralelas, para isso testou-se a hipótese H_0' .

Um resultado significativo de F leva a rejeição da hipótese H_0' . Neste caso não tem sentido testar se os interceptos são iguais (H_0''), uma vez que as superfícies de regressão apresentam diferentes inclinações.

5 Resultados

5.1 Estatística descritiva

A distribuição de frequência para as categorias RN 1, RN 2, RN 3 e RN 4 foram respectivamente 95, 189, 133 e 87 e perfazem 18,85%, 37,50%, 26,39% e 17,26% do número de observações. A estatística descritiva da variável dependente (PT) e das variáveis independentes (Dc, AT e Nfo) encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2: Estatística descritiva dos dados observados, para as 4cat, por categoria (RN 1, RN 2, RN 3 e RN 4) e para 38 indivíduos de *Goupia glabra* respectivamente.

Variável	Média	Desvio	CV%	Mínimo	Máximo	Categoria
PT (g)	73,32	7,25	9,89	0,76	1874,76	4 cat
Dc (mm)	8,52	0,23	2,71	1,88	33,38	
AT (cm)	123,30	4,22	3,43	30	525	
Nfo (n°)	59	4,63	7,82	2	904	
PT (g)	6,23	0,51	8,27	0,76	28,35	RN 1
Dc (mm)	4,29	0,14	3,36	1,88	8,88	
AT (cm)	39,83	0,01	0,02	30	50	
Nfo (n°)	27	4,75	17,57	2	297	
PT (g)	16,61	0,89	5,37	2,7	68,85	RN 2
Dc (mm)	6,18	0,13	2,08	2,71	11,55	
AT (cm)	72,41	1,12	1,55	51	100	
Nfo (n°)	41	4,52	10,93	2	382	
PT (g)	55,77	3,22	5,78	8,94	191,97	RN 3
Dc (mm)	9,19	0,20	2,13	4,82	14,88	
AT (cm)	140,33	2,59	1,84	101	197	
Nfo (n°)	73	10,44	14,34	2	904	
PT (g)	296,60	32,24	10,87	38,19	1874,16	RN 4
Dc (mm)	17,18	0,61	3,55	8,84	33,38	
AT (cm)	298,94	8,16	2,73	201	525	
Nfo (n°)	112	17,15	15,28	2	900	
PT (g)	30,21	5,27	17,44	1,83	127,29	Cupiuba
Dc (mm)	6,25	0,46	7,28	2,34	12,36	
AT (cm)	101,68	8,65	8,51	31	250	
Nfo (n°)	81	8,68	10,68	17	225	

PT – peso seco total; Dc – diâmetro de colo; AT – altura total; Nfo – número de folhas.

Como era de se esperar, nota-se uma considerável variação nos valores encontrados para maioria das variáveis, o que é justificável por se tratar de uma vegetação nativa (Rezende *et al.*, 2006). O maior valor de peso encontrado para a categoria RN 1 também possui representatividade na categoria RN 2 e assim sucessivamente, o mesmo fato é observado para as variáveis independentes Dc e Nfo, uma vez que a divisão das diferentes categorias é em função da altura total das mudas. Ou seja, mudas de diferentes alturas (categorias) podem apresentar mesmas medidas de Dc e Nfo, bem como iguais PT.

A Tabela 3 apresenta as estatísticas descritivas relativas, à biomassa seca total (PT) e à contribuição de cada um dos compartimentos de biomassa seca para as categorias RN 3 (raízes e parte aérea) e RN 4 (raízes, caules e folhas) no peso seco total. Um indivíduo da categoria RN 3 foi embalado de maneira inadequada (inteiro) e não participou desta análise.

Tabela 3: Contribuição (%) do compartimento, raízes (R) e parte aérea (PA) para a categoria RN 3 e raízes (R), caule (Ca) e folhas (Fo) para a categoria RN 4 no peso seco total de uma muda, para 132 e 87 observações para categoria RN 3 e RN 4, respectivamente e biomassa seca total em gramas (PT).

Categoria	compartimento	Peso médio	desvios	CV%	peso mínimo	peso máximo	%	PT
RN 3	Total	55,97	3,28	5,86	8,94	191,97	100	7388,36
RN 3	R	10,30	0,75	7,30	1,4	48,55	18,4	1359,75
RN 3	PA	45,67	2,79	6,12	6,47	178,98	81,6	6028,61
RN 4	Total	296,60	32,24	10,87	38,19	1874,16	100	25804,1
RN 4	R	47,15	6,12	12,97	2,44	310,15	15,9	4101,65
RN 4	Ca	182,11	20,06	11,01	14,79	1203,51	61,4	15843,8
RN 4	Fo	67,34	8,66	12,86	2,08	509,64	22,7	5858,62

As categorias RN 3 e RN 4 apresentam valores próximos para o CV% de seus componentes, sendo observada maior variação para a categoria de maior altura. A distribuição de biomassa entre raízes e parte aérea também apresentam valores próximos, sendo observado um decréscimo na contribuição de partição de biomassa para as raízes da categoria de maior altura.

A relação da massa seca total (PT) com as variáveis independentes (Dc, AT e Nfo), para todo o banco de dados, para as diferentes categorias de RN e para o banco de dados de *G. glabra* (cupiuba) visualizam-se, na Figura 2 (2a a 3c), Figura 3 (4a a 5 c) e Figura 4 (6a a 7c) respectivamente para 4cat (2a a 2c) e RN1 (3a a 3c), RN 2 (4a a 4c) e RN 3 (5a a 5c), RN 4 (6a a 6c) e cupiuba (7a a 7c).

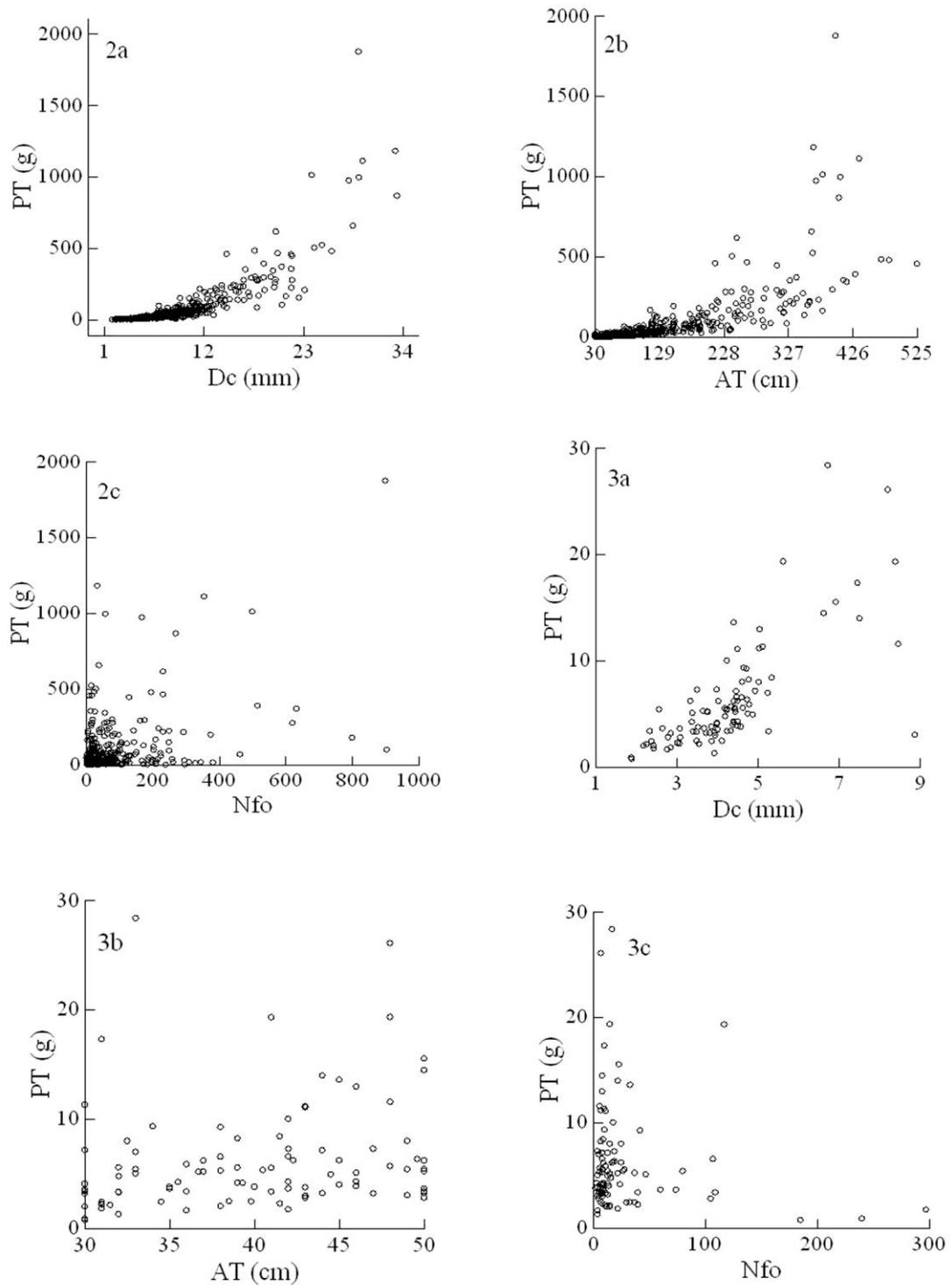


Figura 2: 4 cat de 2a a 2c, (2a) relação entre Dc e peso total (PT), (2b) relação entre AT e PT e (2c) relação entre Nfo e PT, RN 1 de 3a a 3c, (3a) relação entre Dc e PT, (3b) relação entre AT e PT e (3c) relação entre Nfo e PT, de mudas da regeneração natural, coletadas em áreas de floresta de terra firme atingidas por tempestade de vento, em Manaus.

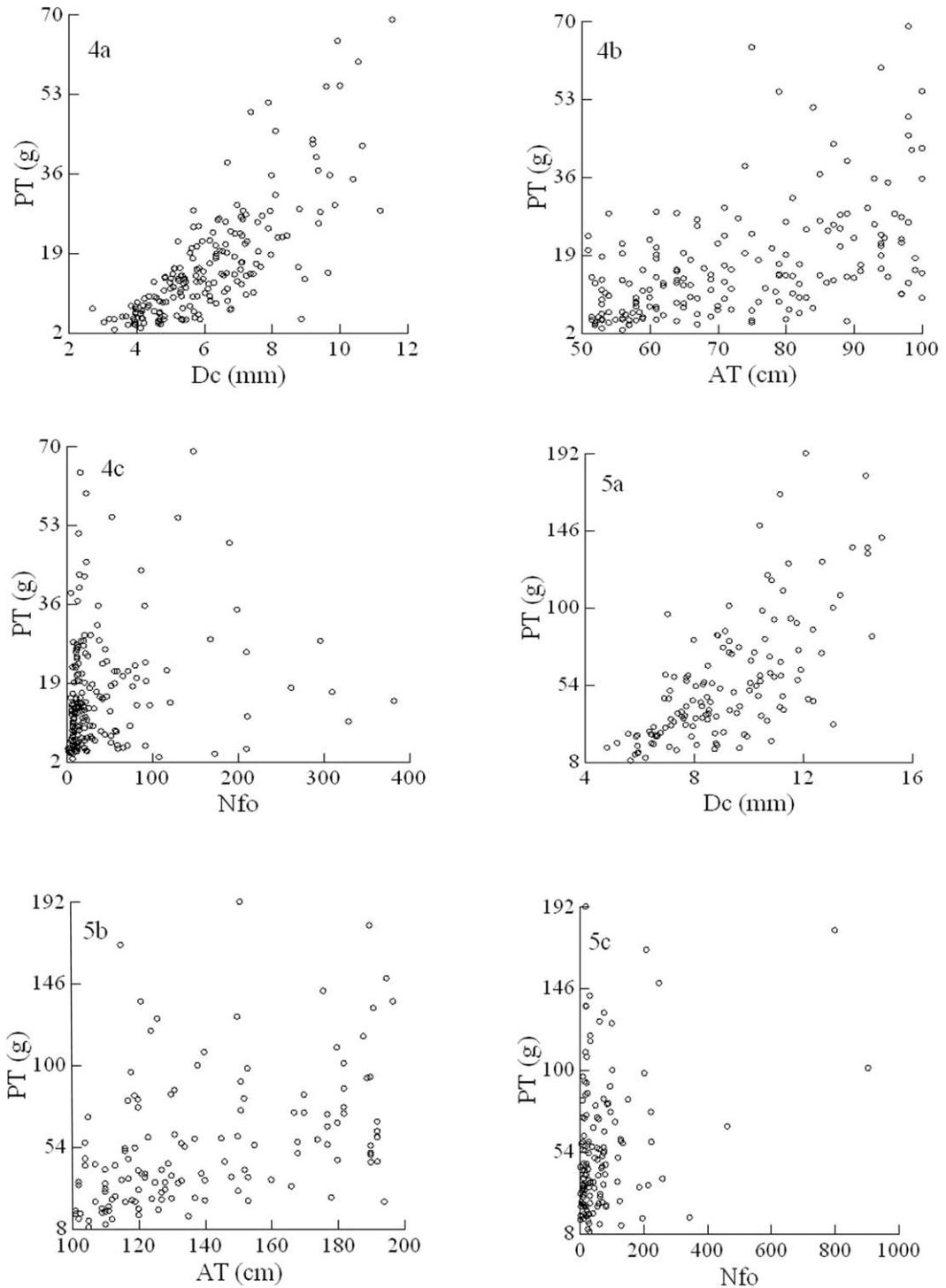


Figura 3: RN2 de 4a a 4c, (4a) relação entre Dc e peso seco total (PT), (4b) relação entre AT e PT e (4c) relação entre Nfo e PT, RN 3 de 5a a 5c, (5a) relação entre Dc e PT, (5b) relação entre AT e PT, (5c) relação entre Nfo e PT, de mudas da regeneração natural coletadas em áreas de floresta de terra firme atingidas por tempestade de vento, em Manaus.

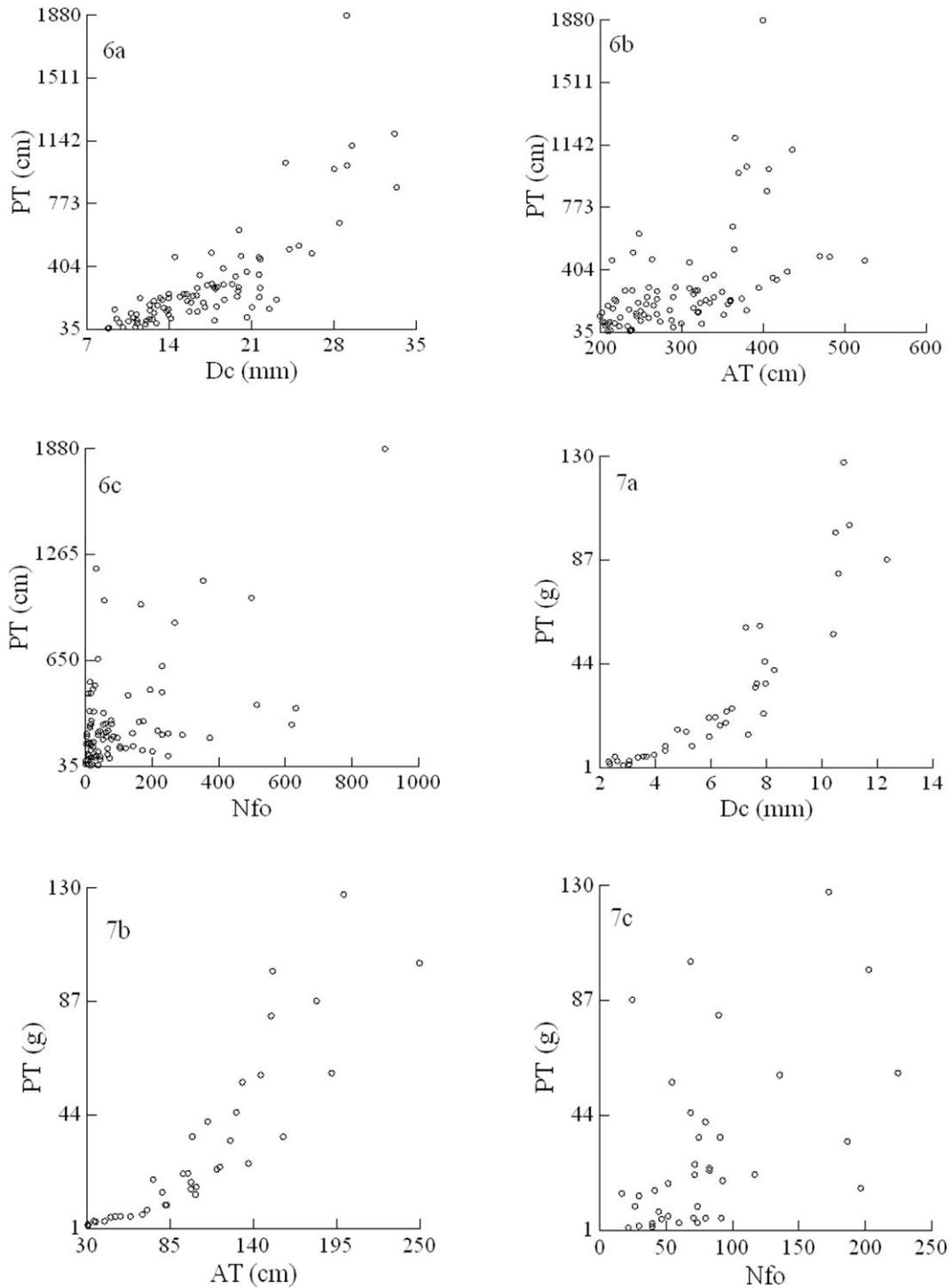


Figura 4: RN 4 de 6a a 6c, (6a) relação entre Dc e peso seco total (PT), (6b) relação entre AT e PT e (6c) relação entre Nfo e PT, cupiuba de 7a a 7c (7a) relação entre Dc e PT, (7b) relação entre AT e PT, (7c) relação entre Nfo e PT, de mudas da regeneração natural coletadas em áreas de floresta de terra firme atingidas por tempestade de vento, em Manaus.

5.2 Modelos alométricos para Regeneração Natural

5.2.1 Modelo 1

Os coeficientes de regressão e de determinação ajustado, os erros padrões de estimativa, os erros padrões de estimativa percentuais e incerteza do modelo 1 testados para regeneração natural (todo banco de dados – 4cat), incluindo as variações para as quatro categorias de tamanho (RN 1, RN 2, RN 3 e RN 4) e para 38 indivíduos de *G. glabra* respectivamente, verificam-se na Tabela 4.

Tabela 4: Resumo das equações geradas pelo modelo 1, para biomassa seca total de mudas, em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.

Modelo Matemático	1: $\ln(\Psi_i) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(Dci)$					
Categoria	β_0	β_1	R ² ajus	S _{y.x}	S _{y.x%}	Incerteza
4cat	-1,818725	2,514994	0,8826	3,2628	4,45	8,90
RN 1	-0,80377	1,698555	0,5943	0,3631	5,83	11,66
RN 2	-0,89727	1,947687	0,6217	0,5648	3,40	6,80
RN 3	-0,29157 ^{ns}	1,87731	0,4965	2,3858	4,28	8,56
RN 4	-0,68577 ^{ns}	2,159261	0,7009	19,0057	6,41	12,82
Cupiuba	-1,26747	2,363042	0,9170	2,1284	7,04	14,09

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

De modo geral os valores de coeficientes de determinação (R²_{ajustado}) foram distintos e não tiveram relação direta com o número de observações (n) por categoria, ou seja, um aumento no número de observações não implica necessariamente em um aumento do R²_{ajustado}. O maior valor foi apresentado para o banco de dados de cupiuba (*G. glabra*) seguido pelo valor apresentado para as 4cat. Com relação ao (S_{y.x%}) a categoria RN 2 foi a que teve melhor desempenho, apresentando os menores erros, seguida pelo uso de todo banco de dados (4 cat), pela categorias RN 1 e para o banco de dados de cupiuba (as categorias RN 3 e RN 4 não apresentaram valores significativos para o intercepto (β_0)).

O padrão da distribuição gráfica dos resíduos (Figura 5) mostra tendências à subestimação dos valores de PT (obtidos com o uso da balança após estabilização em estufa) sendo alguns indivíduos responsáveis por grande parte das diferenças encontradas para todo o banco de dados (8a). As categorias RN 1 a RN 4 e o banco de dados de cupiuba (8b, 8c, 8d, 8e e 8f) respectivamente apresentam heterocedasticidade na distribuição dos resíduos, de maneira geral subestimando os valores reais da variável dependente.

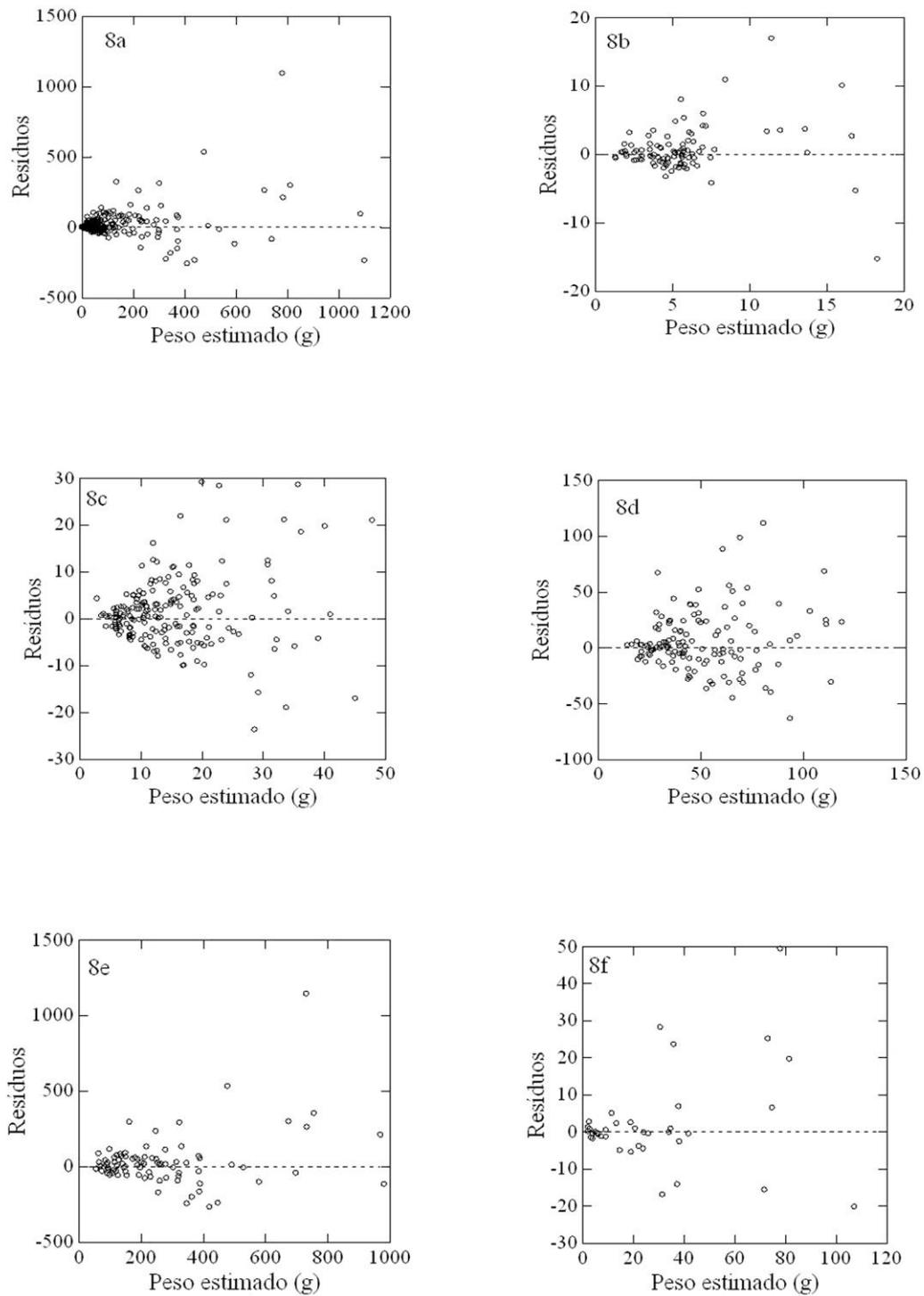


Figura 5: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (P_s) do modelo 1, para todo banco de dados da regeneração natural (8a), para as categorias RN 1 (8b), RN 2 (8c), RN 3 (8d), RN 4 (8e) e para o banco de dados de cupiuba (8f).

5.2.2 Modelo 2

Os coeficientes de regressão e de determinação ajustado, os erros padrões de estimativa e os erros padrões de estimativa percentuais e incerteza do modelo 2 testados para regeneração natural (todo banco de dados – 4cat), incluindo as variações para as quatro categorias de tamanho (RN 1, RN 2, RN 3 e RN 4) e para 38 indivíduos de *G. glabra* respectivamente, verificam-se na Tabela 5.

Tabela 5: Resumo das equações geradas pelo modelo 2, para biomassa seca total de mudas, em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.

Modelo Matemático	2: $\ln(\text{Psi}) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(\text{ATi})$					
Categoria	β_0	B1	R ² ajus	S _{y.x}	S _{y.x%}	Incerteza
4cat	-5,382789	1,877783	0,8235	5,0811	6,93	13,86
RN 1	-3,217188	1,309176	0,0954	0,5184	8,32	16,65
RN 2	-5,491868	1,892899	0,3260	0,7766	4,68	9,35
RN 3	-4,329146	1,654653	0,2665	2,9692	5,32	10,65
RN 4	-6,671456	2,119086	0,3824	28,1996	9,51	19,02
Cupiuba	-6,16752	2,005900	0,9224	2,5234	8,35	16,71

Novamente observam-se os maiores valores de coeficientes de determinação (R²_{ajustado}), para o banco da cupiuba seguido pelo valor para as 4cat, as demais categorias de tamanho apresentaram valores abaixo de 0,4. Em comparação ao modelo 1 a percentagem de variação dos dados explicada pelo modelo, com exceção para o banco de dados de cupiuba, foi inferior. Esse fato mostra a importância da altura quando se trabalha com mudas ao nível de uma única espécie. Com relação ao (S_{y.x%}) a categoria RN 2 foi a que teve melhor desempenho, apresentando o único valor abaixo de 5%.

O padrão da distribuição gráfica dos resíduos (Figura 6) mostra tendências à subestimação dos valores de PT (obtidos com o uso da estufa) sendo alguns indivíduos responsáveis por grande parte das diferenças encontradas para as 4cat (9a). Quatorze indivíduos (todos acima de 240 cm em altura) apresentaram subestimativas superiores a 200 g.

As categorias RN 1 a RN 4 e o banco de dados de cupiuba (9b, 9c, 9d, 9e e 9f) também apresentam heterocedasticidade na distribuição gráfica dos resíduos, de maneira geral subestimando os valores reais da variável dependente. Ao comparar as figuras 9a e 9e é possível verificar os mesmos pontos responsáveis por essa subestimação dos valores reais da variável dependente, assim como para as figuras 8a e 8e, ou seja, a categoria RN 4 mostra fortes diferenças em relação as demais.

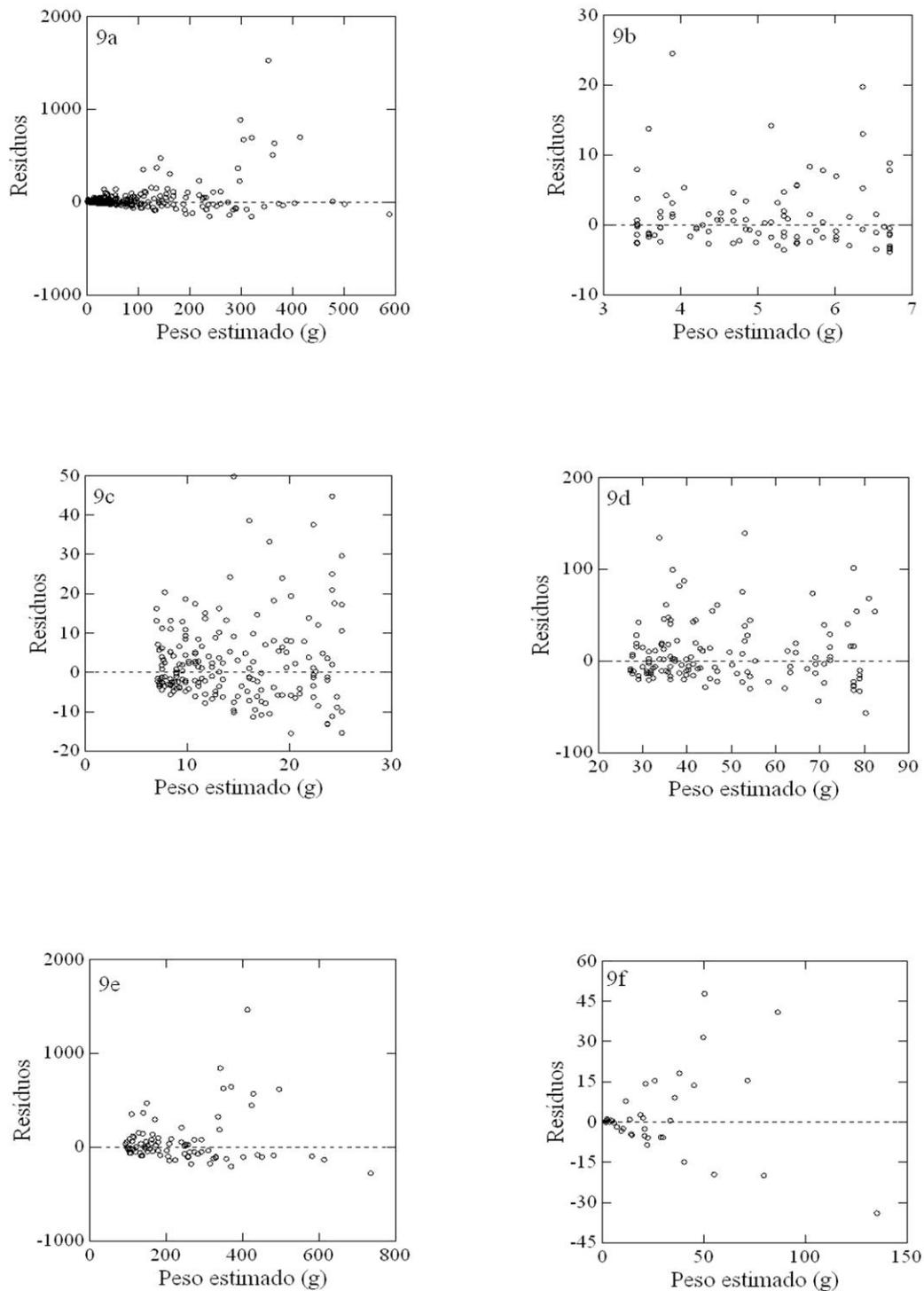


Figura 6: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (P_s) do modelo 2, para todo banco de dados da regeneração natural (9a), para as categorias RN 1 (9b), RN 2 (9c), RN 3 (9d), RN 4 (9e) e para o banco de dados de cupiuba (9f).

5.2.3 Modelo 3

Os coeficientes de regressão e de determinação ajustado, os erros padrões de estimativa, os erros padrões de estimativa percentuais e incerteza do modelo 3 testados para regeneração natural (todo banco de dados – 4cat), incluindo as variações para as quatro categorias de tamanho (RN 1, RN 2, RN 3 e RN 4) e para 38 indivíduos de *G. glabra* respectivamente, verificam-se na Tabela 6.

Tabela 6: Resumo das equações geradas pelo modelo 3, para biomassa seca total de mudas, em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.

Modelo Matemático	3: $\ln(\text{Psi}) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(\text{Nfoi})$					
Categoria	β_0	β_1	R^2 ajus	$S_{y,x}$	$S_{y,x\%}$	incerteza
4cat	1,567885	0,495630	0,1733	7,1965	9,82	19,63
RN 1	1,851478	-0,098755 ^{ns}	0,0097	0,5339	8,57	17,14
RN 2	2,009494	0,183311	0,0738	0,8953	5,39	10,78
RN 3	3,297062	0,143682	0,0559	3,2205	5,77	11,55
RN 4	4,280340	0,272983	0,1947	30,3918	10,25	20,49
Cupiuba	-1,10577 ^{ns}	0,931571	0,2246	4,7978	15,88	31,76

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

A percentagem de variação dos dados explicada pelo modelo de simples entrada, com Nfo (número de folhas), como variável independente para todas as categorias, foi inferior a 25% e mesmo sendo baixos os valores encontrados, mostram a importância desse compartimento na fase de regeneração natural, quando se trabalha com uma única espécie (banco de dados de cupiuba). Com relação ao ($S_{y,x\%}$), nenhuma categoria de tamanho apresentou valores inferiores à 5% novamente o melhor desempenho apresentado foi para a categoria RN 2.

A distribuição gráfica de resíduos (Figura 7) gerada por esse modelo apresentou inclinação negativa ao longo do eixo de peso estimado (Ps), trinta e seis pontos apresentam subestimativas superiores a 200 g para todo o banco de dados (Figura 10a), para todas as categorias (Figuras 10b, 10c, 10d e 10e) apresenta elevada heterocedasticidade em sua distribuição. Tornando difícil a interpretação dessa variável independente ao longo das diferentes categorias de tamanho. A distribuição para o banco de dados de cupiuba (Figura 10f) também apresenta tendências de subestimação dos valores da variável dependente e apesar da variação percentual explicada pelo modelo ter sido superior às demais categorias o valor do intercepto (β_0) não foi significativo e apresentou maiores valores para o erro padrão percentual de estimativa.

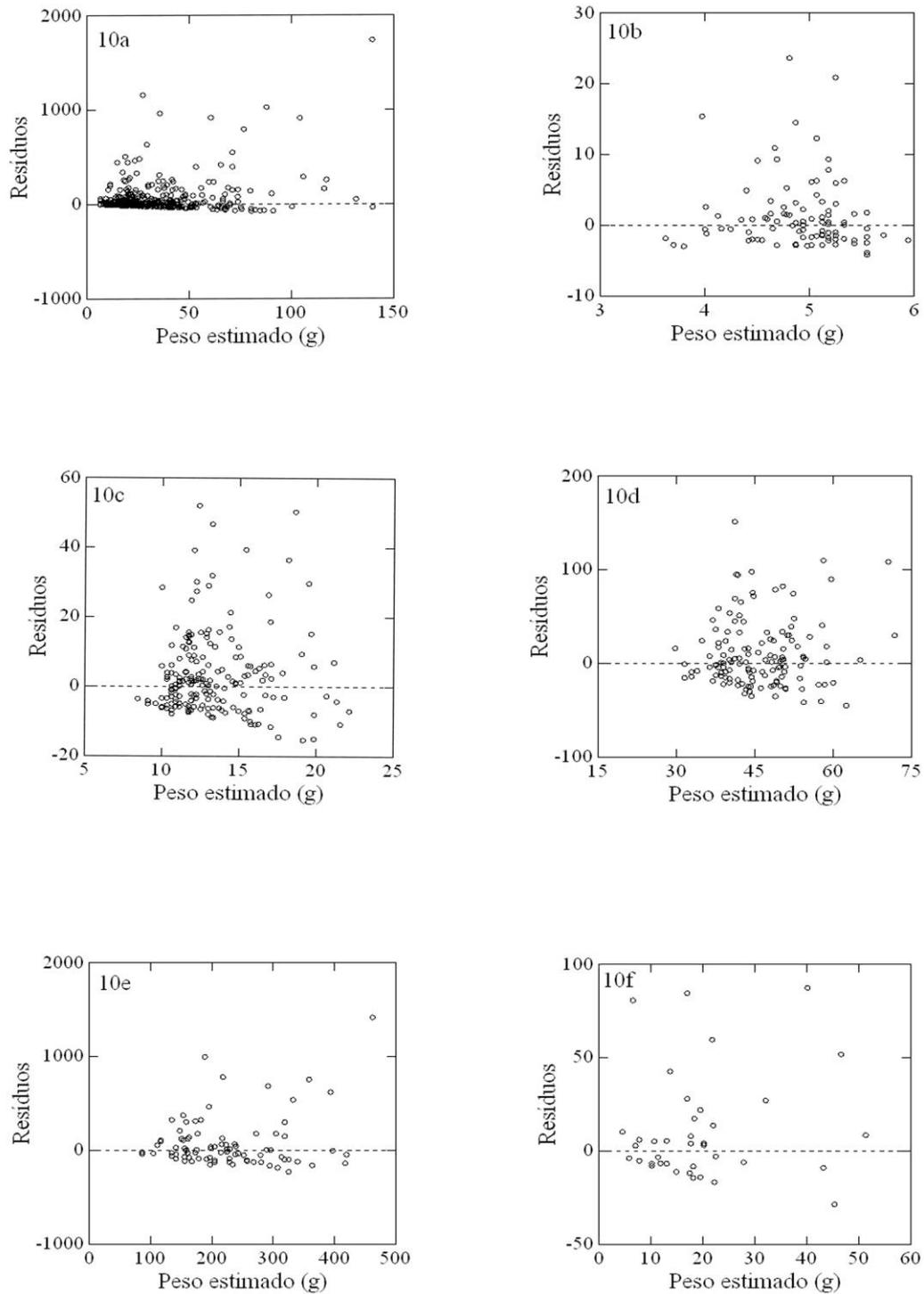


Figura 7: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (P_s) do modelo 3, para todo banco de dados da regeneração natural (10a), para as categorias RN 1 (10b), RN 2 (10c), RN 3 (10d), RN 4 (10e) e para o banco de dados de cupiuba (10f).

5.2.4 Modelo 4

Os coeficientes de regressão e de determinação ajustado, os erros padrões de estimativa, os erros padrões de estimativa percentuais e incerteza do modelo 4 testados para regeneração natural (todo banco de dados – 4cat), incluindo as variações para as quatro categorias de tamanho (RN 1, RN 2, RN 3 e RN 4) e para 38 indivíduos de *G. glabra* respectivamente, verificam-se na Tabela 7.

Tabela 7: Resumo das equações geradas pelo modelo 4, para biomassa seca total de mudas, em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.

Modelo Matemático	4: $\ln(\text{Psi}) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(\text{Dci}) + \beta_2 * \ln(\text{ATi})$						
Categoria	β_0	β_1	β_2	R ² ajus	S _{y.x}	S _{y.x%}	incerteza
4cat	-3,53071	1,668887	0,744038	0,9119	3,4241	4,67	9,34
RN 1	-2,1123	1,634678	0,380993 ^{ns}	0,5981	0,3721	5,97	11,95
RN 2	-3,86679	1,649083	0,821898	0,6677	0,5314	3,20	6,40
RN 3	-4,21239	1,578446	0,929338	0,5669	2,2847	4,10	8,19
RN 4	-2,31702 ^{ns}	1,964739	0,38346 ^{ns}	0,7045	18,9874	6,40	12,80
Cupiuba	-4,05115	1,17921	1,078343	0,9531	1,8070	5,98	11,96

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores dos coeficientes de determinação ajustado (R²_{ajustado}), foram superiores em todas as situações, quando comparados aos modelos de simples entrada tendo como variável independente o diâmetro de colo (Dc) ou altura total (AT). Para todo o banco de dados o uso das duas variáveis independentes aumentou o valor do R²_{ajustado}, em aproximadamente, 3% em relação ao modelo 1 e 9% em relação ao modelo 2. Com relação ao (S_{y.x%}) apenas as categorias RN 2, RN 3 e todo o banco de dados apresentaram valores inferiores a 5%, sendo novamente o menor erro apresentado pela categoria RN 2.

A distribuição gráfica dos resíduos (Figura 8) para as 4cat (11a), para as diferentes categorias de tamanho (11b, 11c, 11d e 11e) e para o banco de dados de cupiuba (11f), continuam a apresentar tendências de subestimativa da variável dependente, mas devido ao uso do Dc e AT conjuntamente, essas tendências apresentam-se de forma menos acentuada quando comparadas a distribuição gráfica dos resíduos dos modelos 1 e 2.

As categorias RN 1 e RN 4 não apresentaram valores significativos a um nível de 5% de probabilidade para o coeficiente β_2 . Para essas categorias, os valores gerados para o coeficiente, não são significativos do ponto de vista estatístico e a variável independente AT não deve ser utilizada.

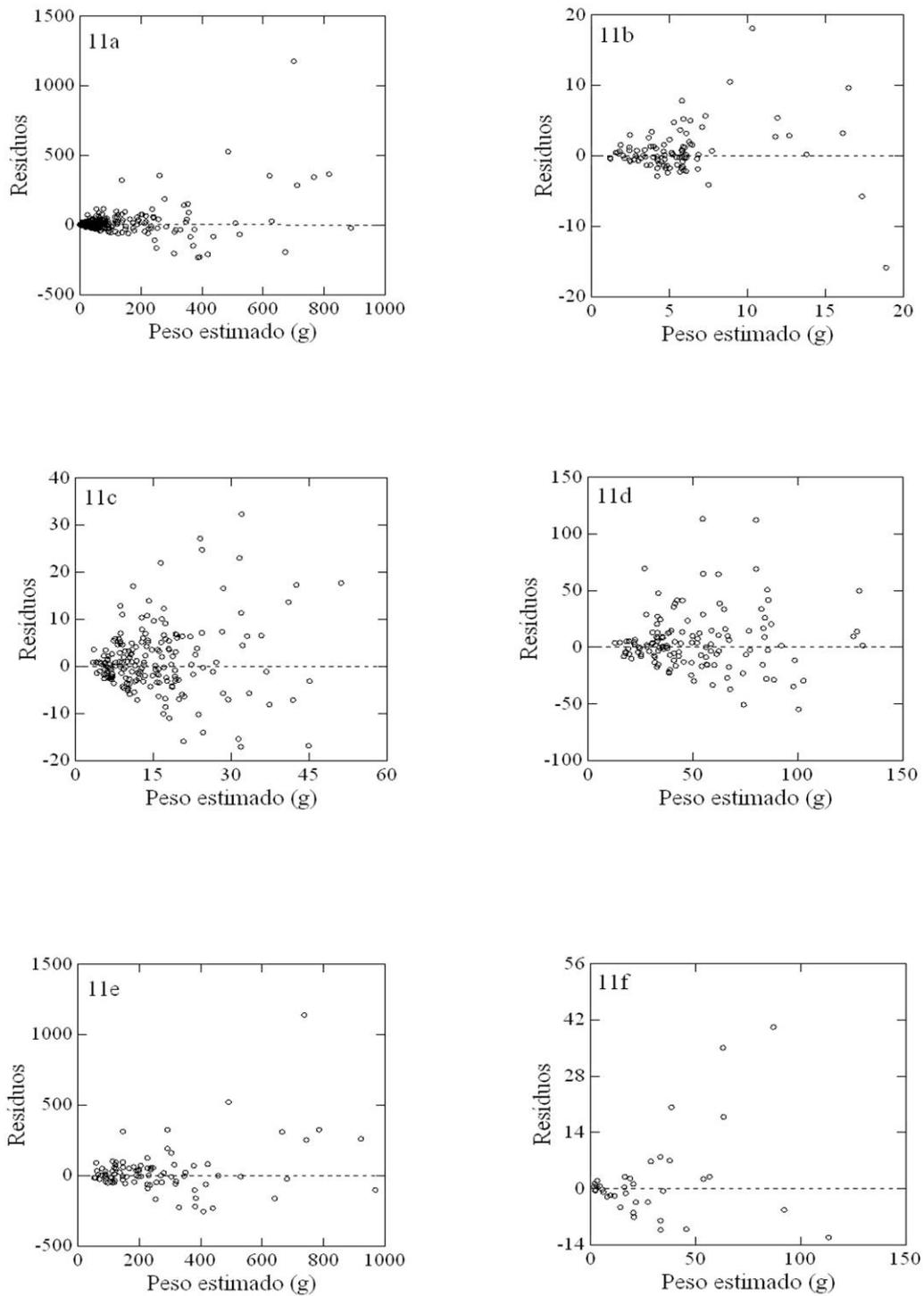


Figura 8: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (P_s) do modelo 4, para todo banco de dados da regeneração natural (11a), para as categorias RN 1 (11b), RN 2 (11c), RN 3 (11d), RN 4 (11e) e para o banco de dados de cupiuba (11f).

5.2.5 Modelo 5

Os coeficientes de regressão e de determinação ajustado, os erros padrões de estimativa, os erros padrões de estimativa percentuais e incerteza do modelo 5 testados para regeneração natural (todo banco de dados – 4cat), incluindo as variações para as quatro categorias de tamanho (RN 1, RN 2, RN 3 e RN 4) e para 38 indivíduos de *G. glabra* respectivamente, verificam-se na Tabela 8.

Tabela 8: Resumo das equações geradas pelo modelo 5, para biomassa seca total de mudas, em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.

Modelo Matemático 5: $\ln(\text{Psi}) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(\text{Dci}) + \beta_2 * \ln(\text{ATi}) + \beta_3 * \ln(\text{Nfoi})$									
Categoria	B0	B1	β_2	β_3	R ² ajus	S _{y.x}	S _{y.x%}	incerteza	
4cat	-3,533543	1,706531	0,629941	0,136849	0,9233	2,7826	3,80	7,59	
RN 1	-2,406440	1,767964	0,331610 ^{ns}	0,107968	0,6152	0,3589	5,76	11,52	
RN 2	-3,830439	1,619095	0,759791	0,091748	0,6852	0,5155	3,10	6,21	
RN 3	-4,257769	1,691959	0,771989	0,158248	0,6391	2,0567	3,69	7,38	
RN 4	-2,559210	1,834811	0,360313 ^{ns}	0,188622	0,7988	14,8638	5,01	10,02	
Cupiuba	-4,13913	1,411022	0,764252	0,259893	0,9670	1,36177	4,51	9,02	

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

A percentagem de variação dos dados explicada pelo modelo de múltipla entrada aumentou em relação aos demais modelos logarítmicos para as 4cat, para as diferentes categorias de tamanho e para o banco de dados de cupiuba. Apesar da variável independente Nfo sozinha não ter apresentado bom desempenho, quando acrescentada ao modelo 4, aumentou em 1% o desempenho das 4cat e do banco de dados de cupiuba, em 2% para categoria RN 2, em 7% para categoria RN 3 e 9% para categoria RN 4.

As categorias RN 1 e RN 4 não apresentaram valores significativos a um nível de 5% de probabilidade para o coeficiente β_2 . Para essas categorias, os valores gerados para o coeficiente, não são satisfatórios do ponto de vista estatístico e a variável independente AT novamente não deve ser utilizada. Com relação ao (S_{y.x%}), apenas as categorias RN 1 e RN 4 não apresentaram valores inferiores a 5%.

A distribuição gráfica dos resíduos (Figura 9) para as 4cat (12a), para as diferentes categorias de tamanho (12b, 12c, 12d e 12e) e para o banco de dados de cupiuba (12f), continuam a apresentar tendências de subestimativa da variável dependente, mas devido ao uso do Dc, AT, Nfo conjuntamente, essas tendências apresentam-se de forma menos acentuada quando comparadas a distribuição gráfica dos resíduos dos modelos 1, 2, 3 e 4.

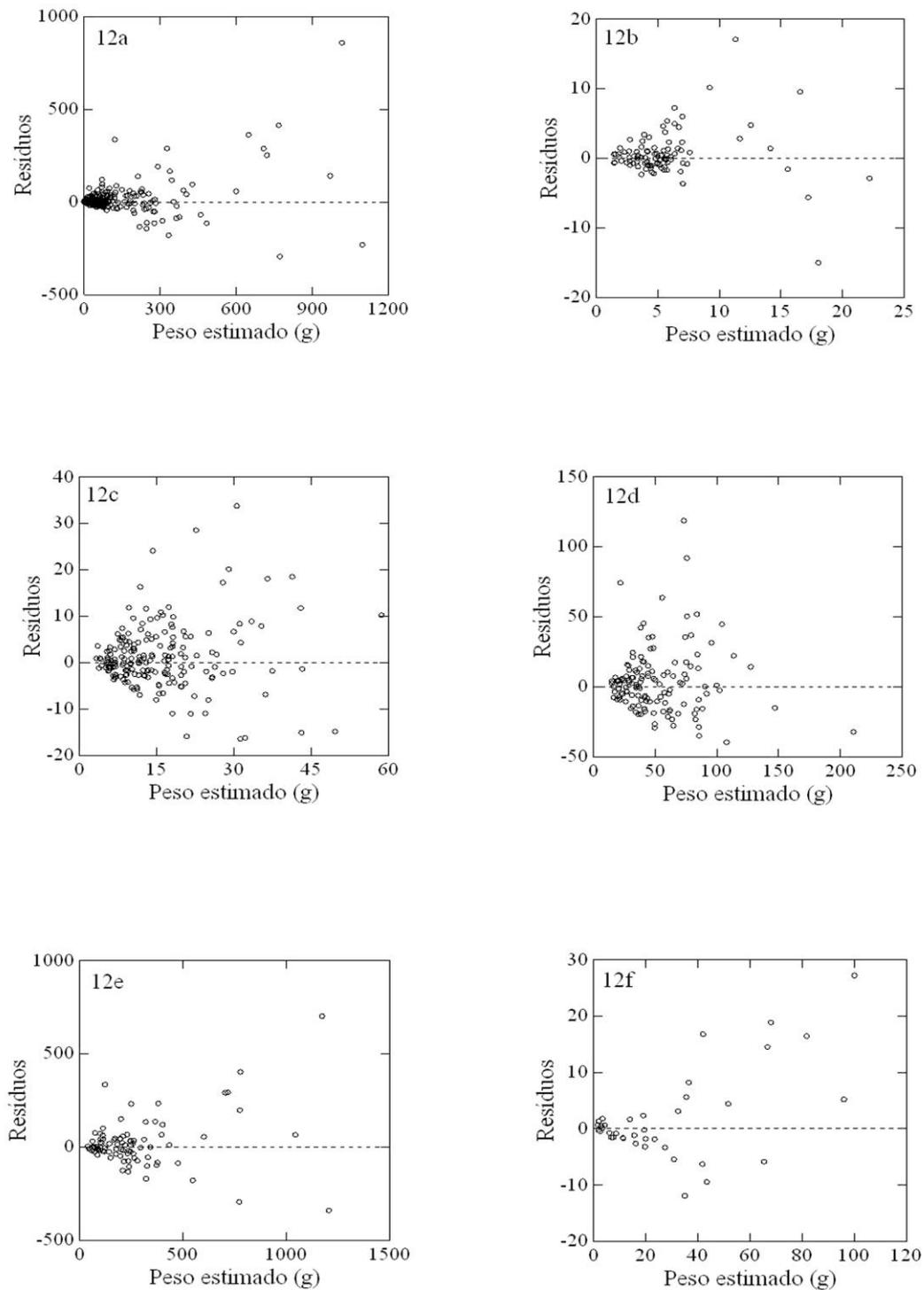


Figura 9: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (P_s) do modelo 5, para todo banco de dados da regeneração natural (12a), para as categorias RN 1 (12b), RN 2 (12c), RN 3 (12d), RN 4 (12e) e para o banco de dados de cupiuba (12f).

5.2.6 Modelo 6

Os coeficientes de regressão e de determinação ajustado, os erros padrões de estimativa, os erros padrões de estimativa percentuais e incerteza do modelo 6 testados para regeneração natural (todo banco de dados – 4cat), incluindo as variações para as quatro categorias de tamanho (RN 1, RN 2, RN 3 e RN 4) e para 38 indivíduos de *G. glabra* respectivamente, verificam-se na Tabela 9.

Tabela 9: Resumo das equações geradas pelo modelo 6, para biomassa seca total de mudas, em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.

Modelo Matemático	6: $\Psi = \beta_0 * Dci^{\beta_1}$					
Categoria	β_0	β_1	R^2 ajus	$S_{y,x}$	$S_{y,x\%}$	incerteza
4cat	0,178269	2,528425	0,8144	3,1249	4,26	8,52
RN 1	0,600502	1,584068	0,5224	0,3558	5,71	11,42
RN 2	0,426518	1,970123	0,6180	0,5512	3,32	6,64
RN 3	0,828225	1,876360	0,4777	2,3298	4,18	8,36
RN 4	0,220944	2,463765	0,6959	17,7789	5,99	11,99
Cupiuba	0,305635	2,364963	0,8490	2,0479	6,78	13,56

Os valores do coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{ajustado}$), foram superiores a 80% apenas para as 4cat e para o banco de dados de cupiuba. Quando comparados ao modelo 1 (sua forma logarítmica equivalente) todos os valores de $R^2_{ajustado}$ foram inferiores. Com relação ao $S_{y,x\%}$ apenas o conjunto das 4cat e as categorias RN 2 e RN 3 apresentaram valores inferiores a 5% e quando comparados ao modelo 1, todos os valores foram inferiores.

As distribuições gráficas dos resíduos (Figura 10) visualizam-se, para as 4cat (13a), para as diferentes categorias de tamanho (13b, 13c, 13d e 13e) e para o banco de dados de cupiuba (13f).

Diferente dos modelos logaritmos o modelo 6 não apresenta fortes tendências de subestimar a variável dependente e quando comparadas a distribuição gráfica dos resíduos do modelo 1, apresentam menores amplitudes de variação. Foi possível verificar para o banco de dados de cupiuba (por se tratar de apenas uma única espécie é esperada maior homogeneidade nos dados obtidos) dois indivíduos com Dc de 7,96 e 7,91 mm, o primeiro foi subestimado em 3,51 g e o segundo superestimado em 17,46 g.

De maneira geral todos os gráficos apresentam homogeneidade de distribuição apenas no começo, para os indivíduos de menor peso e tendem a uma maior variação conforme se aumenta o peso estimado por cada equação resultante (figura 13).

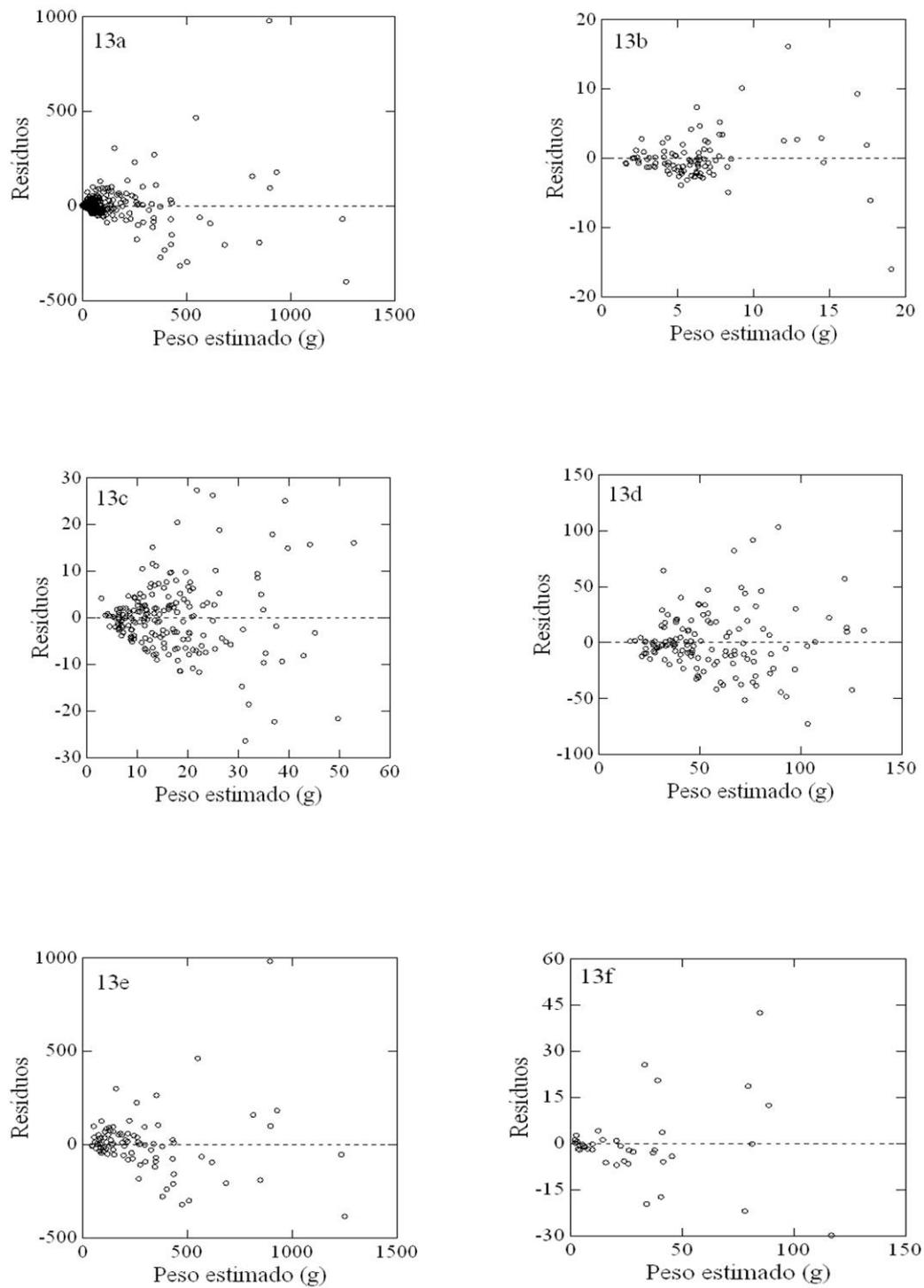


Figura 10: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (P_s) do modelo 6, para todo banco de dados da regeneração natural (13a), para as categorias RN 1 (13b), RN 2 (13c), RN 3 (13d), RN 4 (13e) e para o banco de dados de cupiuba (13f).

5.2.7 Modelo 7

Os coeficientes de regressão e de determinação ajustado, os erros padrões de estimativa, os erros padrões de estimativa percentuais e incerteza do modelo 7 testados para regeneração natural (todo banco de dados – 4cat), incluindo as variações para as quatro categorias de tamanho (RN 1, RN 2, RN 3 e RN 4) e para 38 indivíduos de *G. glabra* respectivamente, verificam-se na Tabela 10.

Tabela 10: Resumo das equações geradas pelo modelo 7, para biomassa seca total de mudas, em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.

Modelo Matemático	7: $\text{Psi} = \beta_0 * \text{ATi}^{\beta_1}$					
Categoria	β_0	β_1	R^2 ajus	$S_{y,x}$	$S_{y,x\%}$	incerteza
4cat	0,002210	2,058905	0,5708	4,7521	6,48	12,96
RN 1	0,136927	1,035861	0,0458	0,5029	8,07	16,15
RN 2	0,004948	1,886997	0,2869	0,7531	4,53	9,07
RN 3	0,068293	1,354401	0,1959	2,8909	5,18	10,37
RN 4	0,003666	1,974534	0,2819	27,3231	9,21	18,42
Cupiuba	0,009079	1,729791	0,7880	2,4269	8,03	16,07

Os valores do coeficiente de determinação ajustado (R^2_{ajustado}), foram inferiores a 80% para todas as diferentes entradas de banco de dados testadas. Quando comparados ao modelo 2 (sua forma logarítmica equivalente) todos os valores de R^2_{ajustado} foram inferiores. Com relação ao $S_{y,x\%}$ apenas a categoria RN 2 apresentou valor inferior a 5% e quando comparados ao modelo 2, todos os valores foram inferiores.

As distribuições gráficas dos resíduos (Figura 11) visualizam-se, para todo o banco de dados (14a), para as diferentes categorias de tamanho (14b, 14c, 14d e 14e) e para o banco de dados de cupiuba (14f).

De forma similar ao modelo 6 o modelo 7 não apresenta tendências de subestimar a variável dependente e quando comparadas a distribuição gráfica dos resíduos do modelo 2, apresentam menores amplitudes de variação. O modelo de simples entrada apenas com a variável independente AT, não foi capaz de captar variações no peso estimado mesmo quando comparando apenas o banco de entrada de cupiuba. Foi observado para o banco de dados de cupiuba dois indivíduos de AT 100 cm e 102,5 cm, o primeiro subestimou em 9,48 g e o segundo superestimou em 10,65 g em relação ao Ps. O problema para esse modelo é que o peso será sempre o mesmo, para uma determinada altura, independentemente do diâmetro de colo e de outros atributos da muda.

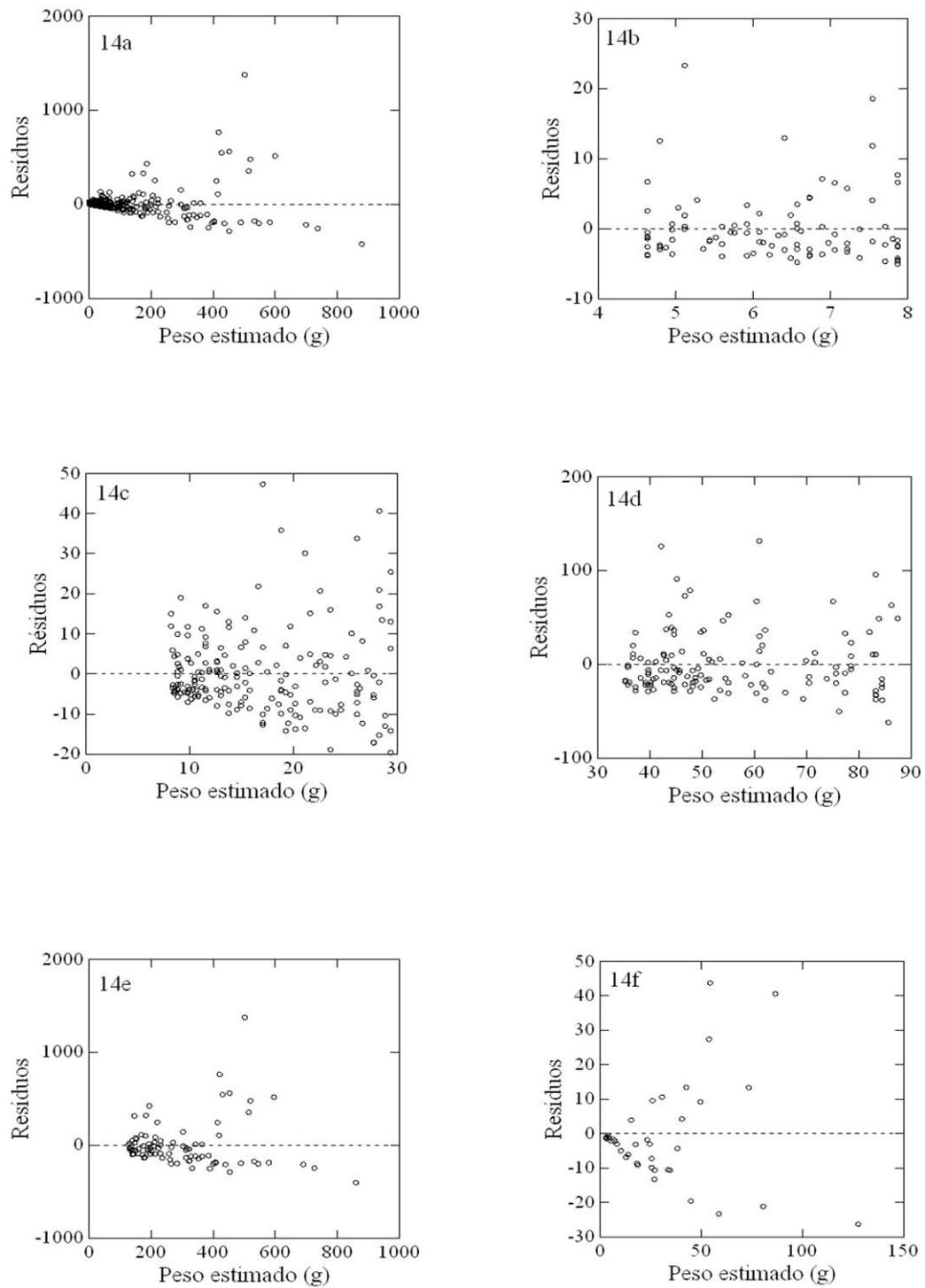


Figura 11: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (P_s) do modelo 7, para todo banco de dados da regeneração natural (14a), para as categorias RN 1 (14b), RN 2 (14c), RN 3 (14d), RN 4 (14e) e para o banco de dados de cupiuba (14f).

5.2.8 Modelo 8

Os coeficientes de regressão e de determinação ajustado, os erros padrões de estimativa, os erros padrões de estimativa percentuais e incerteza do modelo 8 testados para regeneração natural (todo banco de dados – 4cat), incluindo as variações para as quatro categorias de tamanho (RN 1, RN 2, RN 3 e RN 4) e para 38 indivíduos de *G. glabra* respectivamente, verificam-se na Tabela 11.

Tabela 11: Resumo das equações geradas pelo modelo 8, para biomassa seca total de mudas, em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.

Modelo Matemático	8: $\Psi = \beta_0 * N_{foi}^{\beta_1}$					
Categoria	β_0	β_1	R^2 ajus	$S_{v,x}$	$S_{v,x\%}$	Incerteza
4cat	3,723908	0,741658	0,1823	6,5596	8,95	17,89
RN 1	6,567310	-0,019906	0,0007	0,5147	8,26	16,53
RN 2	10,085751	0,158221	0,0648	0,8625	5,19	10,39
RN 3	30,327694	0,163504	0,0769	3,0974	5,55	11,11
RN 4	52,278641	0,400367	0,2133	28,5977	9,64	19,28
Cupiuba	0,871974	0,810354	0,2199	4,6552	15,41	30,82

Os valores do coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{ajustado}$), foram inferiores aos demais modelos testados para todas as diferentes entradas do banco de dados. Reflete a baixa porcentagem de variação dos dados explicada pelo modelo de simples entrada apenas com o uso do número de folhas. Quando comparados ao modelo 3 (sua forma logarítmica equivalente) os valores de $R^2_{ajustado}$ foram superiores para todo o banco de dados e para as categorias RN 3 e RN 4. Com relação ao $S_{y,x\%}$ nenhuma situação testada apresentou valor inferior a 5% e quando comparados ao modelo 3, todos os valores foram inferiores.

As distribuições gráficas dos resíduos (Figura 12) visualizam-se, para todo o banco de dados (15a), para as diferentes categorias de tamanho (15b, 15c, 15d e 15e) e para o banco de dados de cupiuba (15f).

As tendências de superestimar os valores da variável dependente Ψ , aparecem para um maior número de observações do que as tendências de subestimar, característica essa também apresentada pelos modelos 6 e 7. Quando as distribuições gráfica dos resíduos é comparada ao modelo 3, ocorre menor amplitude de variação para as categorias RN 2 e RN 4.

Para dois indivíduos de cupiuba com 30 folhas o modelo subestimou um em 0,005 g e superestimou o outro em 11,31 g, novamente apenas o N_{fo} não apresentou consistência.

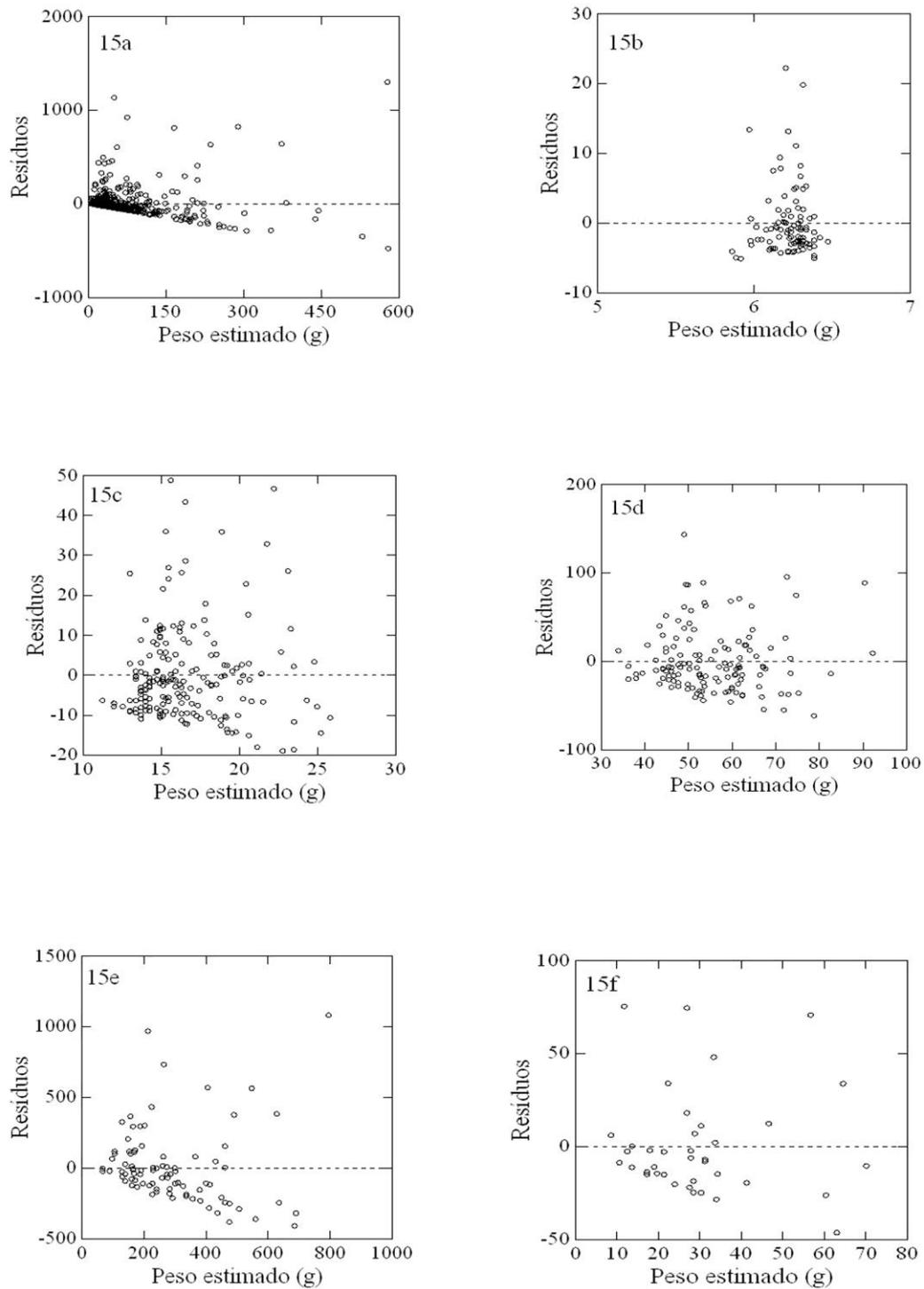


Figura 12: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (P_s) do modelo 8, para todo banco de dados da regeneração natural (15a), para as categorias RN 1 (15b), RN 2 (15c), RN 3 (15d), RN 4 (15e) e para o banco de dados de cupiuba (15f).

5.2.9 Modelo 9

Os coeficientes de regressão e de determinação ajustado, os erros padrões de estimativa, os erros padrões de estimativa percentuais e incerteza do modelo 9 testados para regeneração natural (todo banco de dados – 4cat), incluindo as variações para as quatro categorias de tamanho (RN 1, RN 2, RN 3 e RN 4) e para 38 indivíduos de *G. glabra* respectivamente, verificam-se na Tabela 12.

Tabela 12: Resumo das equações geradas pelo modelo 9, para biomassa seca total de mudas, em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.

Modelo Matemático	9: $\Psi_i = \beta_0 * Dci^{\beta_1} * AT_i^{\beta_2}$						
Categoria	β_0	β_1	β_2	R ² ajus	S _{y,x}	S _{y,x} %	incerteza
4cat	0,026288	1,674896	0,775391	0,8203	3,0780	4,20	8,40
RN 1	2,324597	1,680652	-0,40917	0,5304	0,3547	5,69	11,38
RN 2	0,026288	1,674896	0,775391	0,6605	0,5210	3,14	6,27
RN 3	0,052793	1,692544	0,639115	0,5268	2,2261	3,99	7,98
RN 4	0,033152	2,284272	0,420602	0,7030	17,6768	5,96	11,92
Cupiuba	0,028737	1,557445	0,829716	0,9051	1,6469	5,45	10,90

Igualmente ao modelo 6 os valores do coeficiente de determinação ajustado (R²_{ajustado}), foram superiores a 80% apenas para as 4cat e para o banco de dados de cupiuba e o uso da variável independente AT aumentou em menos de 1% para todo o banco de dados e para as categorias RN 1 e RN 4 em, aproximadamente, 4% para categoria RN 3 e 5% para o banco de dados de cupiuba. Quando comparados ao modelo 4 (sua forma logarítmica equivalente) todos os valores de R²_{ajustado} foram inferiores.

Com relação ao S_{y,x}% apenas o conjunto das 4 cat e as categorias RN 2 e RN 3 apresentaram valores inferiores a 5% e quando comparados ao modelo 4 todos os valores foram inferiores.

As distribuições gráficas dos resíduos (Figura 13) visualizam-se, para todo o banco de dados (16a), para as diferentes categorias de tamanho (16b, 16c, 16d e 16e) e para o banco de dados de cupiuba (16f).

Como observado anteriormente para os modelos não logarítmicos, ocorre para um maior número de observações, tendências em superestimar a variável dependente Ps do que tendências em subestimar, sendo estas últimas mais amplas que as primeiras. Quando comparadas a distribuição gráficas dos resíduos do modelo 4, ocorre menor amplitude de variação para todo o banco de dados e para a categoria RN 4.

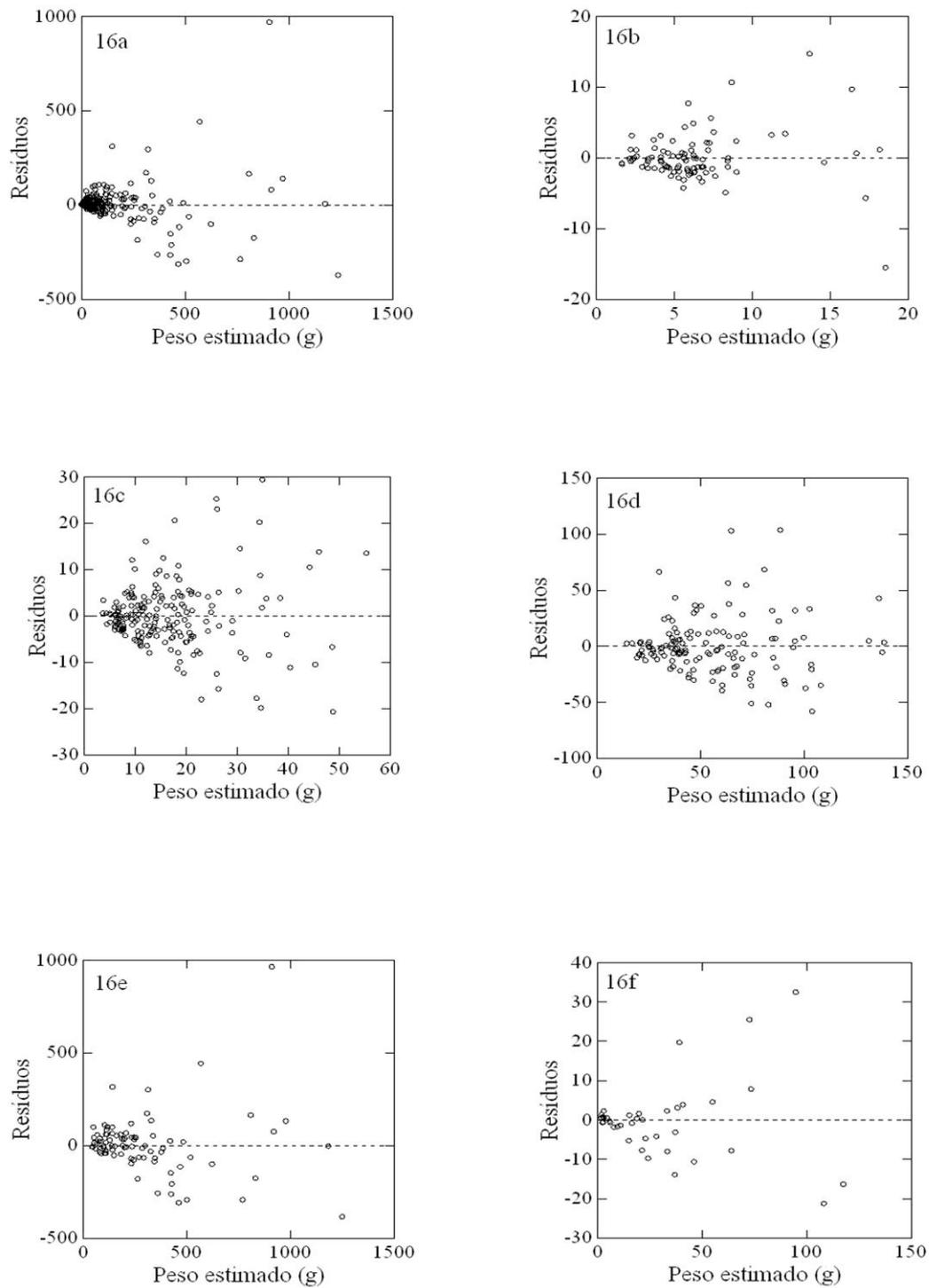


Figura 13: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (P_s) do modelo 9, para todo banco de dados da regeneração natural (16a), para as categorias RN 1 (16b), RN 2 (16c), RN 3 (16d), RN 4 (16e) e para o banco de dados de cupiuba (16f).

5.2.10 Modelo 10

Os coeficientes de regressão e de determinação ajustado, os erros padrões de estimativa, os erros padrões de estimativa percentuais e incerteza do modelo 10 testado, para regeneração natural (todo banco de dados – 4cat), incluindo as variações para as quatro categorias de tamanho (RN 1, RN 2, RN 3 e RN 4) e para 38 indivíduos de *G. glabra* respectivamente, verificam-se na Tabela 13.

Tabela 13: Resumo das equações geradas pelo modelo 10, para biomassa seca total de mudas, em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.

Modelo Matemático	10: $\Psi = \beta_0 * Dci^{\beta_1} * ATi^{\beta_2} * Nfoi^{\beta_3}$							
Categoria	β_0	β_1	β_2	β_3	R^2 ajust	$S_{y,x}$	$S_{y,x}\%$	Incerteza
4cat	0,082211	2,098770	0,211636	0,200416	0,8851	2,4642	3,36	6,72
RN 1	1,277470	1,674043	-0,324769	0,116872	0,5641	0,3436	5,52	11,03
RN 2	0,027563	1,616311	0,728822	0,083325	0,6805	0,5068	3,05	6,10
RN 3	0,079401	1,767216	0,418915	0,141010	0,6241	1,9919	3,57	7,14
RN 4	0,195855	2,124246	0,043930	0,209105	0,8144	14,0554	4,74	9,48
Cupiuba	0,008232	2,067066	0,586591	0,301171	0,9744	0,8674	2,87	5,74

Os valores do coeficiente de determinação ajustado (R^2_{ajus}), foram superiores a 80%, para as 4cat, para a categoria RN 4 e para o banco de dados de cupiuba e o uso da variável independente Nfo, aumentou os valores desse coeficiente em relação ao modelo 9 em, aproximadamente, 6%, 3%, 2%, 10%, 11% e 7%, respectivamente para as 4cat, para as categorias RN 1, RN 2, RN 3, RN 4 e para o banco de dados de cupiuba. Quando comparados ao modelo 5 (sua forma logarítmica equivalente) os valores do R^2_{ajus} foram superiores apenas para a categoria RN 4 e para o banco de dados de cupiuba.

Com relação ao $S_{y,x}\%$ apenas a categoria RN 1 apresentou valor superior a 5% e quando comparados ao modelo 5 todos os valores foram inferiores, nesse quesito o modelo 10 foi o que apresentou os melhores desempenhos para todas as categorias.

As distribuições gráficas dos resíduos (Figura 14) visualizam-se, para as 4cat (17a), para as diferentes categorias de tamanho (17b, 17c, 17d e 17e) e para o banco de dados de cupiuba (17f).

Em relação à amplitude de distribuição gráfica dos resíduos quando comparadas ao modelo 9 a inclusão da variável independente Nfo, diminuiu para a categoria RN 3 e para o banco de dados de cupiuba e quando comparado ao modelo 5 apresentou maior amplitude para as 4cat e para a categoria RN 4 e menor amplitude para o banco de dados de cupiuba.

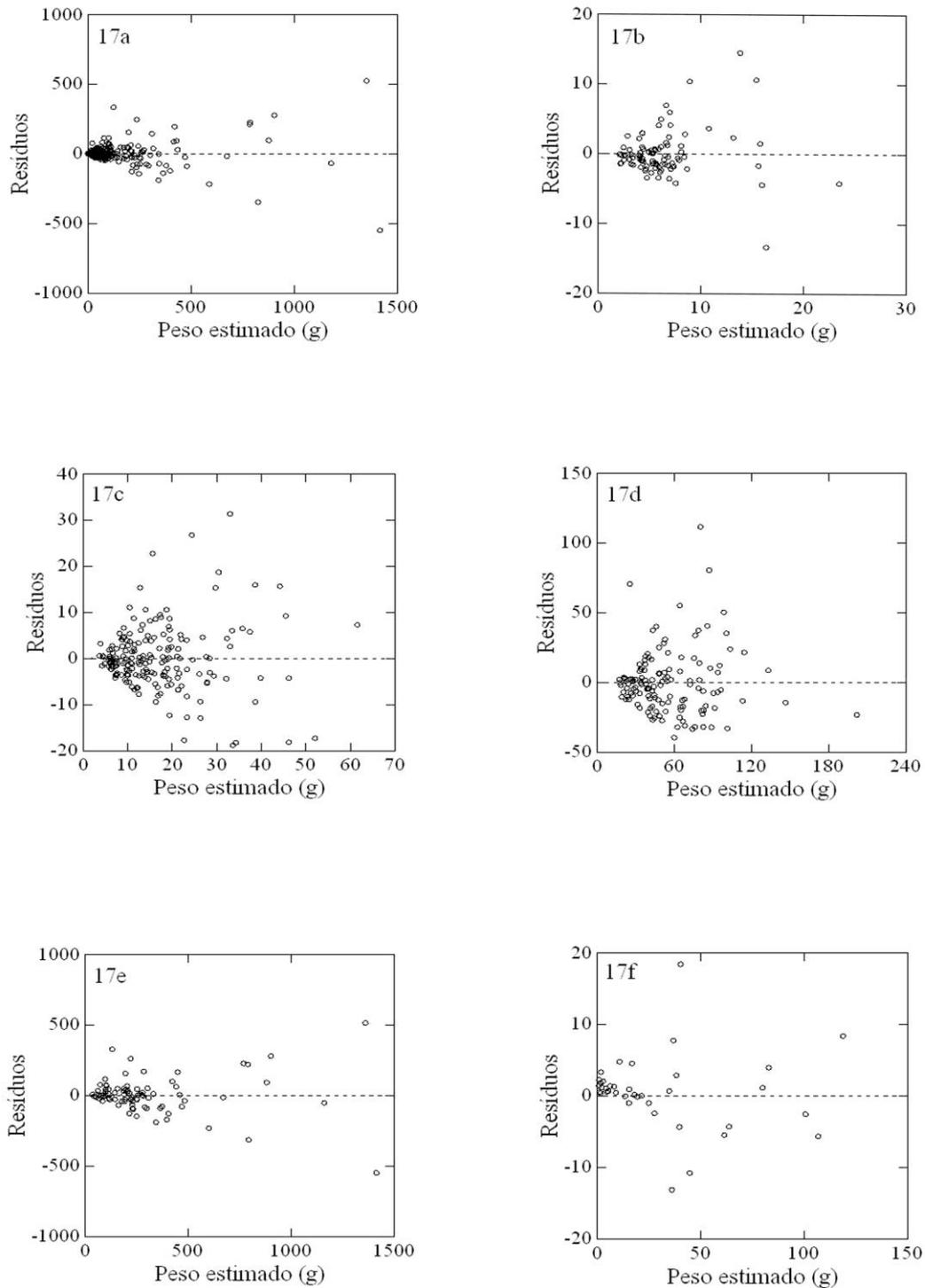


Figura 14: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (P_s) do modelo 10, para todo banco de dados da regeneração natural (17a), para as categorias RN 1 (17b), RN 2 (17c), RN 3 (17d), RN 4 (17e) e para o banco de dados de cupiuba (17f).

5.2.11 Uso da variável independente DAP para categoria RN 4

Os coeficientes de regressão e de determinação ajustado, os erros padrões de estimativa, os erros padrões de estimativa percentuais e incertezas dos modelos 1, 4, 5, 6, 9 e 10 testados, para categoria RN 4 verificam-se na tabela 14.

Tabela 14: Resumo das equações testadas para biomassa seca total de mudas (superiores a 2 m em altura e inferiores a 5 cm em DAP), em áreas de floresta primária atingidas por tempestade de vento.

Categoria RN 4								
Modelos testados	β_0	β_1	β_2	β_3	R ² ajust	S _{y,x}	S _{y,x%}	Incerteza
1	1,329629	1,611313			0,5875	23,1796	7,8151	15,63
4	0,720029 ^{ns}	1,544519	0,136851 ^{ns}		0,5831	23,3062	7,8578	15,71
5	1,211287 ^{ns}	1,634665	-0,159211 ^{ns}	0,246668	0,7472	17,9957	6,0673	12,14
6	2,005038	1,894488			0,5427	21,8094	7,3532	14,70
9	0,465796	1,793712	0,298679		0,5461	21,8501	7,3669	14,73
10	1,586103	1,84	-0,128885	0,267640	0,7314	16,9091	5,7010	11,40

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Os seguintes modelos foram testados:

1: $\ln(Ps) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP)$

4: $\ln(Ps) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP) + \beta_2 * \ln(AT)$

5: $\ln(Ps) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP) + \beta_2 * \ln(AT) + \beta_3 * \ln(Nfo)$

6: $Ps = \beta_0 * DAP^{\beta_1}$

9: $Ps = \beta_0 * DAP^{\beta_1} * AT^{\beta_2}$

10: $Os = \beta_0 * DAP^{\beta_1} * AT^{\beta_2} * Nfo^{\beta_3}$

Os valores do coeficiente de determinação ajustado (R² ajustado) foram inferiores quando comparados aos mesmos modelos para categoria RN 4, com o uso da variável independente diâmetro de colo (Dc), diminuindo de 5% a 24% para os modelos 5 e 10, respectivamente. Com relação ao erro padrão de estimativa percentual (S_{y,x%}) os valores foram superiores em todos os modelos, variando de 1,05% a 2,83% para os modelos 5 e 10, respectivamente.

Apesar de apresentarem relações alométricas menos definidas do que os mesmos modelos, utilizados com o uso do Dc. Para essa categoria, com exceção dos modelos 6 e 10, as diferenças entre o peso total (PT) em relação ao peso estimado (Ps) da massa seca em gramas, foram superiores com o uso do DAP. As diferenças entre o peso médio real (Pmr) e peso médio estimado (Pms), foram inferiores com o uso do DAP apenas para os modelos exponenciais (6 e 9), diminuindo em 0,2% e 0,06%, respectivamente.

A distribuição gráfica dos resíduos para os 6 modelos testados para categoria RN 4 com o uso do DAP visualizam-se na figura 15.

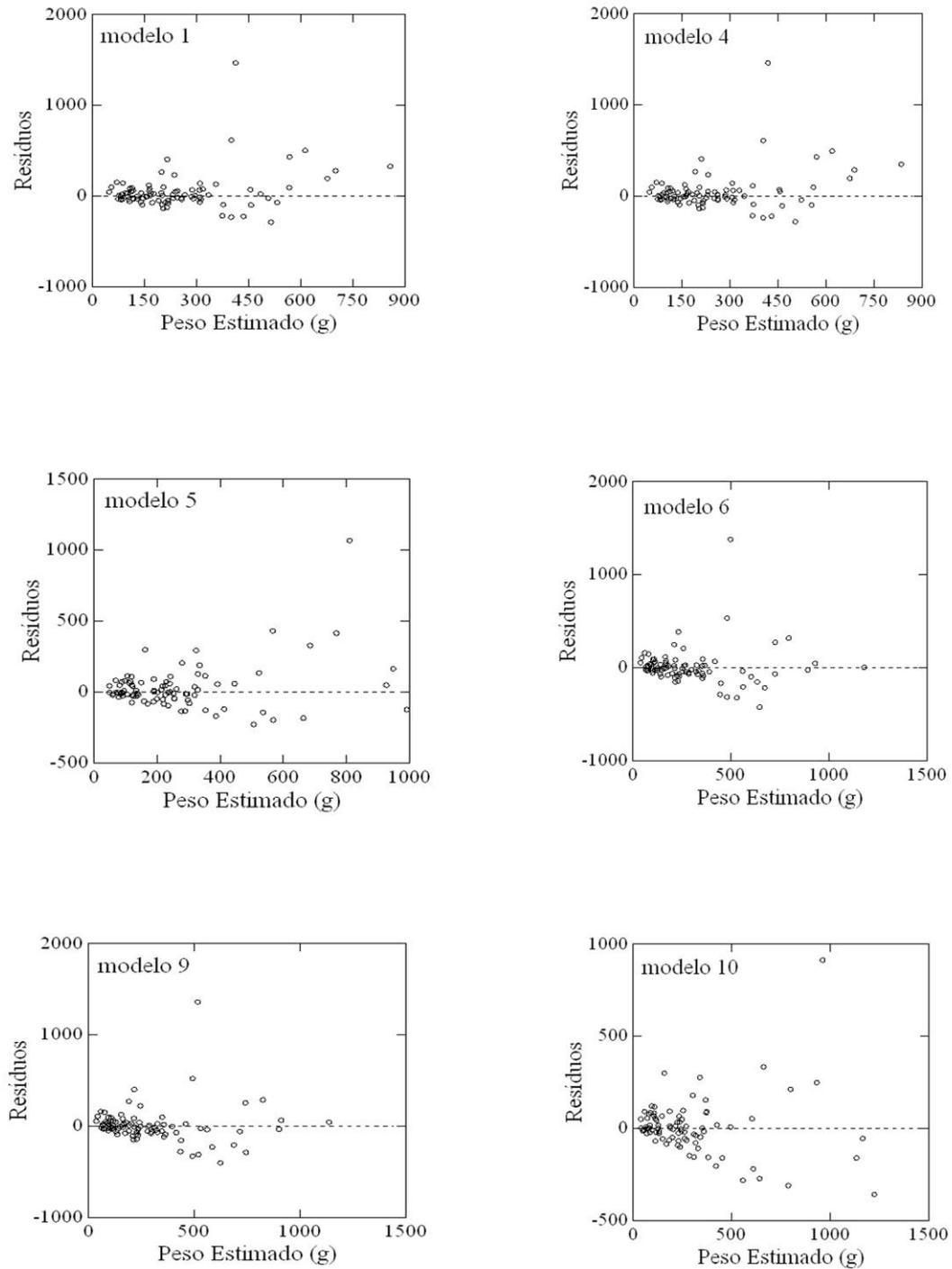


Figura 15: Distribuição de resíduos (em gramas) em relação ao peso estimado (P_s), obtidos com o uso dos diferentes modelos testados para a categoria RN 4 com o uso da variável independente DAP.

5.3 Diferenças entre PT e Ps por modelo para cada categoria:

A Tabela 15 mostra as diferenças produzidas em gramas para os modelos logaritmos (1 a 5) e a Tabela 16 para os modelos exponenciais (6 a 10), em relação a biomassa seca (PT) obtida após secagem em estufa. Na Tabela 17 encontra-se os desvios do peso médio estimado (Pms) pelas diferentes equações em relação ao peso médio real (Pmr) ou observado. Os valores acompanhados de sinal negativo superestimam os valores de PT e Pmr.

Tabela 15: Diferenças entre o peso total real (PT) e o peso total estimado (Ps) em gramas, para os cinco modelos logaritmos testados para todo o banco de dados, para as quatro categorias de tamanho e para o banco de dados de cupiuba.

Categoria	PT real	PT - Ps (g)				
		Mod1	mod2	mod3	mod4	mod5
4 cat	36951,8	4541,89	8193,76	22078,2	4001,56	3192,85
RN 1	591,75	56,0219	115,379	124,541	55,3824	48,8764
RN 2	3138,75	265,872	460,109	614,458	230,218	214,007
RN 3	7417,19	716,544	1009	1294,16	612,227	483,484
RN 4	25804,1	2695,58	4974,21	6299,46	2661,34	1755,39
Cupiuba	1147,93	80,741	78,638	399,856	70,1117	64,4768

Tabela 16: Diferenças entre o peso total real (PT) e o peso total estimado (Ps) em gramas, para os cinco modelos exponenciais testados para todo o banco de dados, para as quatro categorias de tamanho e para o banco de dados de cupiuba.

Categoria	PT real	PT - Ps (g)				
		mod6	mod7	mod8	mod9	mod10
4 cat	36951,8	-7,25	-195,67	3865,72	1140,31	-183,43
RN 1	591,75	-8,62	0,09	-0,03	-5,54	-8,35
RN 2	3138,75	-0,16	3,22	-5,14	0,34	-3,14
RN 3	7417,19	5,05	-10,44	8,67	2,53	-27,43
RN 4	25804,1	336,37	-296,75	796,54	412,99	215,49
Cupiuba	1147,93	-15,31	-41,55	10,53	-14,60	18,78

Tabela 17: Afastamento em % do peso médio estimado pelas diferentes equações, em relação ao peso médio observado (Pmr).

Categoria	% de variação em relação ao Pmr									
	mod1	mod2	mod3	mod4	mod5	mod6	mod7	mod8	mod9	mod10
4 cat	12,22	22,10	59,71	10,75	8,56	-0,11	-0,61	10,37	3,00	-0,59
RN 1	9,47	19,58	21,03	9,31	8,35	-1,44	0,48	0	-0,96	-1,44
RN 2	8,49	14,70	19,57	7,34	6,80	0	0,12	-0,12	0,06	-0,06
RN 3	9,66	13,61	17,45	8,25	6,53	0,07	-0,14	0,13	0,03	-0,36
RN 4	10,45	19,28	24,41	10,31	6,80	1,30	-1,15	3,09	1,60	0,84
Cupiuba	7,05	6,85	0	6,12	5,99	-1,35	-3,61	0,93	-1,26	1,66

5.4 Equações resultantes

Para a escolha da melhor equação, para cada entrada do banco de dados, foi levada em consideração a avaliação estatística, a comparação da diferença dos valores observados e estimados na escala original para cada modelo (Tabela 15 e Tabela 16), a consistência de cada modelo avaliada pelo coeficiente de variação percentual (CV%) ou afastamento percentual do peso médio estimado (Pms) por cada equação (Tabela 17), em relação ao peso médio real (Pmr) ou observado, para cada categoria de tamanho e a praticidade de uso de cada modelo. As estatísticas descritivas de cada entrada do banco de dados encontram-se na tabela 2.

5.4.1 4 cat

A quantidade de variação percentual explicada por cada modelo (R^2_{ajus}) obteve melhores desempenhos para os modelos 5 (92,33%), 4 (91,19%), 10 (88,51%) e 1 (88,26%). Com relação ao erro padrão da estimativa percentual em relação à média ($S_{y.x\%}$), os melhores desempenhos foram apresentados para os modelos 10 (3,36%), 5 (3,80%), 9 (4,20%) e 6 (4,26%). O exame de distribuição gráfica dos resíduos mostra que os modelos 10, 9, 5 e 6 apresentam menores desvios quando comparados aos demais e de maneira geral todos os modelos testados não apresentam uniformidade, ou seja, não existe uma relação direta entre as variáveis independentes Dc, AT e Nfo.

Quando confrontados os valores de peso total (PT) e peso da massa seca total estimada (Ps), os melhores desempenhos são apresentados pelos modelos 6, 10, 7 e 9, sendo que o modelo 6 superestimou em 7,25 g o PT (Tabela 16). Quando confrontados o peso médio real (Pmr) com peso médio estimado (Pms) os menores afastamentos percentuais (CV%) são apresentados pelos modelos 6, 10, 7 e 9, o modelo 6 superestimou o Pmr em 0,11% (tabela 17). É indicado o uso do modelo 6, uma vez que a medidas da variável independente (AT) podem não ser confiáveis para essa categoria, devido a falta de medidas diretas em campo bem como pelo maior tempo gasto para obtenção das mesmas.

Equação para 4 cat (modelo 6): $Ps = 0,178269 * Dc^{2,528425}$

5.4.2 RN 1

Os valores mais altos para o R^2_{ajus} foram apresentados de forma similar aos apresentados para as 4 cat sendo os melhores desempenhos apresentados para os modelos, 5 (61,52%), 4 (59,81%), 1 (59,43%) e 10 (56,41%), lembrando que os modelos 4 e 5 do ponto de vista estatístico não apresentaram valores significativos para o coeficiente β_2 e não devem ser utilizados (tabelas 6 e 7, respectivamente). Os melhores desempenhos para $S_{y.x\%}$ não foram inferiores a 5% para nenhum modelo e são apresentados em ordem crescente para os

modelos 10, 9, 6 e 5 (5,52%, 5,69%, 5,71% e 5,76%). As distribuições gráficas dos resíduos não mostram um padrão definido, apresentando menores desvios para os modelos 7, 9, 10 e 6.

Confrontando os valores de PT e Ps os melhores desempenhos são apresentados para os modelos 8, 7, 9 e 10 respectivamente (Tabela 16), o modelo 8 superestimou o PT em 0,03 g. Os menores CV% do Pmr em relação ao Pms são apresentados pelos modelos 8, 7, 9 e 10, o modelo 9 superestimou em aproximadamente 1% o Pmr. É indicado o uso do modelo 9, a variável independente AT para essa categoria apresenta pouca variação (30 a 50 cm) sendo de fácil obtenção em campo com o uso de medidas diretas.

$$\text{Equação para categoria RN 1 (Modelo 9) } \mathbf{Ps = 2,324597 * Dc^{1,680652} * AT^{0,409172}}$$

5.4.3 RN 2

Os melhores desempenhos para o R^2_{ajus} são apresentados para os modelos 5 (68,52%), 10 (68,05%), 1 (59,43%) e 9 (66,05%). Com relação ao $S_{y.x\%}$ os melhores desempenhos são apresentados em ordem crescente para os modelos 10, 5, 9 e 4 (3,05%, 3,10%, 3,14% e 3,20%). As distribuições gráficas não mostram um padrão definido, mas apresentam menores desvios para os modelos 9, 6 e 1. Ocorrem grandes desvios ou pequenos desvios independente da combinação de valores para as variáveis independentes Dc e AT ou seja não existe relação direta entre Dc e AT.

Comparando na escala original os valores de PT e Ps, os melhores desempenhos foram apresentados 6, 9, 10 e 7, respectivamente (Tabela 16), o modelo 6 superestimou o PT em 0,16g. Os menores CV% do Pmr em relação ao Pms são apresentados pelos modelos 6, 9, 10 e 7, o modelo 6 não apresenta desvio, o modelo 9 subestima 0,01% do Pmr. Para essa categoria é indicado o uso do modelo 9, novamente a variável independente AT apresenta pouca variação (50 a 100 cm) sendo de fácil obtenção em campo com o uso de medidas diretas.

$$\text{Equação para categoria RN 2 (modelo 9) } \mathbf{Ps = 0,026288 * Dc^{1,674896} * AT^{0,775391}}$$

5.4.4 RN 3

Os melhores desempenhos do R^2_{ajus} são apresentados na mesma ordem da categoria RN 2 em ordem decrescente para os modelos 5, 10, 4 e 9 (63,91%, 62,41%, 56,69 e 52,68%). Com relação ao $S_{y.x\%}$ os melhores desempenhos são apresentados em ordem crescente para os modelos 10, 5, 9 e 4 (3,57%, 3,69%, 3,99% e 4,10%). As distribuições gráficas não mostram padrão definido e novamente não foi possível observar alguma uniformidade, os menores desvios foram apresentados pelos modelos 9, 6, 7 e 4.

Comparando na escala original os valores de PT e Ps os melhores desempenhos são apresentados para os modelos 9, 6, 8 e 7, o modelo 9 subestimou em 2,53 g o PT (Tabela 16). Os menores CV% do Pmr em relação ao Pms são apresentados pelos modelos 9, 6, 8 e 7, o modelo 9 subestima o Pmr em 0,03% (Tabela 17). Para essa categoria é novamente indicado o uso do modelo 9, devido a baixa variação da variável independente AT (100 a 200 cm), sendo obtida de forma fácil com o uso de medidas diretas.

$$\text{Equação para categoria RN 3 (modelo 9) } \mathbf{Ps} = \mathbf{0,052793} * \mathbf{Dc}^{1,692544} * \mathbf{AT}^{0,639115}$$

5.4.5 RN 4

Os melhores desempenhos do R^2_{ajus} são apresentados em ordem crescente para os modelos 10, 5, 4 e 9 (81,44%, 79,88%, 70,45% e 70,29%), lembrando que os modelos 4 e 5 do ponto de vista estatístico não apresentaram valores significativos para o coeficiente β_2 e não devem ser utilizados (tabelas 6 e 7, respectivamente). Com relação ao $S_{y.x\%}$ apenas o modelo 10 apresenta valor abaixo de 5% (4,74%) seguido pelo desempenho dos modelos 5, 9 e 6 (5,01%, 5,96% e 5,99%), respectivamente. As distribuições gráficas novamente não mostram padrão definido não possuindo uniformidade, os menores desvios foram observados para os modelos 10, 9, 6 e 5.

Comparando na escala original os valores de PT e Ps os melhores desempenhos são apresentados para os modelos 10, 7, 6 e 9, o modelo 10 subestimou em 215,49 g o PT (Tabela 16). Os menores CV% do Pmr em relação ao Pms são apresentados pelos modelos 10, 7, 6 e 9, o modelo 10 subestima o Pmr em 0,84% e o modelo 6 em 1,30% (Tabela 17). Para essa categoria é indicado o uso do modelo 6, uma vez que a variável independente AT não possui limite máximo pré-estabelecido, dificultando obtenção de valores em campo com o uso de medidas diretas.

$$\text{Equação para categoria RN 4 (modelo 6) } \mathbf{Ps} = \mathbf{0,220944} * \mathbf{Dc}^{2,463765}$$

5.4.6 Cupiuba

O banco de dados de cupiuba apresentou os maiores valores de R^2_{ajus} quando comparados às demais entradas do banco de dados para todos os modelos testados e apresentou melhores desempenhos para os modelos 10, 5, 4 e 2 (97,44%, 96,69%, 95,31% e 92,33%). Com relação ao $S_{y.x\%}$ apenas os modelo 10 e 5 apresentam valores abaixo de 5% (2,87% e 4,51%), respectivamente seguidos pelos desempenhos do modelos 9, 4 e 6 (5,96%, 5,98% e 6,78%), respectivamente. As distribuições gráficas apresentam menor uniformidade quando comparadas às demais entradas do banco de dados e mesmo se tratando de uma única

espécie as variáveis independentes Dc, AT e Nfo continuam sem apresentar relação direta, os menores desvios são apresentados para os modelos 10, 5, 9 e 4.

Comparando na escala original os valores de PT e Ps os melhores desempenhos são apresentados para os modelos 8, 9, 6 e 10, o modelo 8 subestimou em 10,53 g o PT (Tabela 166). Os menores CV% do Pmr em relação ao Pms são apresentados pelos modelos 3, 8, 9, 6 e 10, o modelo 3 não apresentou desvio e o modelo 8 subestimou em 0,92% o Pmr (Tabela 177). Para esse banco de dados é indicado o uso do modelo 6, pois a variável independente Nfo não é uma variável de uso prático e a variável independente AT não possui limite máximo preestabelecido, dificultando obtenção de valores reais com o uso de medidas diretas.

$$\text{Equação para banco de dados de cupiuba (modelo 6) } Ps = 0,305635 * Dc^{2,364963}$$

5.5 Tores de carbono

Os teores de carbono foram realizados de forma distinta para cada categoria de tamanho, conforme descrito nos materiais e métodos e são apresentados na Tabela 18, por categoria, bem como para os diferentes compartimentos das categorias RN 3 e RN 4, a média ponderada para essas categorias foi obtida com o auxílio da tabela 3.

Tabela 18: Concentração percentual média (Cm%), mínima e máxima de carbono por categoria de tamanho, para raízes (R) e parte aérea (PA) da categoria RN 3 e para raízes (R), caule (Ca) e folhas (Fo) da categoria RN 4, desvio, intervalo de confiança (IC), coeficiente de variação percentual (CV%), peso total (PT) e contribuição percentual de cada compartimento no peso total (%PT).

Categoria	n	Cm %	desvio	IC	CV%	C% mínimo	C% máximo	PT	% PT
RN 1 e 2	58	45,25	0,28	0,07	0,62	39,82	50,44	3730,50	10,10
RN 3 R	63	41,84	0,41	0,10	0,99	32,16	49,04	1359,75	3,68
RN 3 PA	67	47,00	0,20	0,05	0,43	42,42	50,10	6028,61	16,33
RN 4 R	57	44,77	0,42	0,11	0,95	34,55	55,25	4101,65	11,11
RN 4 Ca	57	46,05	0,23	0,06	0,49	42,22	50,79	15843,81	42,91
RN 4 Fo	57	47,37	0,30	0,08	0,63	42,74	54,28	5858,62	15,87
4 cat								36922,94	100,00

Para as categorias RN 1 e RN 2 não foi feita nenhuma separação em compartimentos e as duas categorias foram moídas conjuntamente para essa análise e apresentam 45,25% de teor de carbono, em relação a massa seca. As médias ponderadas para concentração de carbono para as categorias RN 3, RN 4 e 4 cat são, respectivamente (46,05% \pm 0,06), (46,15% \pm 0,07) e (46,04% \pm 0,07) . As tabelas de composição florística por categoria e os valores de teor de carbono encontram-se nas tabelas (21 a 26) do anexo A, bem como os indivíduos que não participaram desta análise por apresentarem material insuficiente (em gramas).

5.6 Teste de Paralelismo

As seguintes equações foram obtidas para as diferentes entradas do banco de dados:

$$4 \text{ cat: } P = -144,474408 + 25,573390 * Dc$$

$$RN 1: P = -4,964148 + 2,607514 * Dc$$

$$RN 2: P = -16,632721 + 5,380830 * Dc$$

$$RN 3: P = - 57,034833 + 12,278776 * Dc$$

$$RN 4: P = - 426,130947 + 42,057384 * Dc$$

$$\text{Cupiuba: } P = - 33,386027 + 10,170871 * Dc$$

Os resultados são resumidos na tabela de análise da variância abaixo:

Tabela 19: Análise da Variância: teste de paralelismo.

Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F
Modelo máximo (regressões separadas)	12	24697284,39		
Hipótese do modelo (inclinações comuns)	7	23419036,46		
Diferença para teste de hipóteses	5	1278247,93	255649,59	35,63 *
Resíduos	1034	7419395,89	7175,43	
Total	1046	32116680,27		

*significante ao nível de 5% de probabilidade

Apesar do valor de F ser significativo (as superfícies de regressão apresentam diferentes inclinações) o segundo passo (testar H_0), foi realizado e os resultados são resumidos na tabela 20.

Tabela 20: Teste para interceptos comuns (assumindo angulação comum).

Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F
Inclinações comuns, interceptos diferentes	7	23419036,46		
Inclinação comum, interceptos comuns	2	-10674615,73		
Diferença para teste de interceptos	5	34093652,19	6818730,44	814,55 *
Resíduos	1039	8697643,81	8371,17	
Total	1046	32116680,27		

*significante ao nível de 5% de probabilidade

Os resultados de F (Tabela 19 e Tabela 20) levam a conclusão de que as equações não são paralelas e não coincidem em seus interceptos, não podendo, portanto ser representadas por uma única equação.

5.7 Monitoramento da dinâmica do carbono em indivíduos da regeneração natural

Para que isto possa ser realizado é sugerido o uso do modelo 6 (indicado para o todo o banco de dados – 4 cat) e acompanhamento periódico de parcelas permanentes (para RN), de modo que se possa quantificar a mortalidade e recrutamento dos indivíduos bem como mudanças em diâmetro de colo ou incremento dos indivíduos que permaneceram vivos após a primeira medição.

Equação para todo o banco de dados - 4 cat (modelo 6): $P_s = 0,178269 * D_c^{2,528425}$

As informações estatísticas (Tabela 9), as diferenças entre os valores de peso (observado e estimado) na escala original (Tabela 16) e o CV% do peso médio estimado (Pms) em relação ao peso médio real (Pmr) visualizam-se na Tabela 17.

6 Discussão

Os resultados das diferentes categorias de tamanho de mudas sugerem um efeito significativo do tamanho das mudas na alometria. Uma vez que o tamanho das árvores é o principal atributo dos modelos testados (Higuchi *et al.*, 1998). Esse fato não corrobora o uso do coeficiente de escala com ($b = 8/3, \approx 2,67$) proposto por West *et al.* (1999), para prever que a biomassa viva acima do nível do solo, de espécies arbóreas, deve variar nessa escala em relação ao tronco. No presente estudo os valores para esse coeficiente foram, aproximadamente, para as 4 cat (2,53), RN 1 (1,58), RN 2 (1,97), RN 3 (1,88) e RN 4 (2,46).

Silva (2007), concluiu que a regeneração natural de espécies arbóreas (DAP < 5 cm) contribui com apenas 2% da biomassa viva acima do nível do solo, ficando 93% da contribuição para as árvores (DAP \geq 5 cm) e os demais 5% para palmeiras, cipós e lianas. Utilizando o modelo exponencial de simples entrada para estimar biomassa fresca proposto por Silva (2007) multiplicado por 0,584 (fator para converter em biomassa seca), no banco de dados do presente estudo, superestimou em, 156,46%, 426,31%, 311,14%, 191,97% e 121,25% todo o banco de dados (4 cat) e as categorias RN 1, RN2, RN 3 e RN 4, respectivamente.

Nascimento e Laurance (2004) e Cummings *et al.* (2002) utilizaram métodos semelhantes para estimar a biomassa da regeneração natural (RN) de mudas (peso médio x número de indivíduos) e árvores menores que 5 cm em diâmetro à altura do peito (utilizaram diferentes modelos alométricos existentes na literatura), chegaram a valores próximos de 8 Mg.ha⁻¹ para a RN, no presente estudo utilizando-se o peso médio para as 4 cat multiplicado pela densidade de indivíduos < 5 cm em DAP, encontrada por Higuchi *et al.* (1985) estima a biomassa da RN em 2,19 Mg.ha⁻¹.

Carvalho Jr. *et al.* (1994), chegaram a um valor médio de, aproximadamente, 47% de teor de carbono contido na regeneração natural tendo por base o peso seco. No presente estudo os valores encontrados foram 45,25%, 46,05%, 46,15% e 46,04% para as categorias RN1 e RN2, RN 3, RN 4 e 4 cat, respectivamente. Esses valores se encontram próximos dos limites de concentrações em florestas tropicais, entre 46 e 52% (Higuchi *et al.*, 2004).

Wagner e Ter-Mikaelian (1999) estudando mudas de quatro espécies de coníferas do Canadá, encontram a distribuição de biomassa variando de 6,7-21,6% para as raízes e 78,5-93,3% para a parte aérea. Peichl e Arain (2007) estudando plantios de diferentes idades de uma espécie de conífera do Canadá, encontrou para o plantio de 2 anos uma proporção de 15% de biomassa para raízes e 75% para parte aérea, ocorrendo um decréscimo nessa proporção conforme o aumento na idade do plantio. As categorias RN-3 e RN 4 apresentaram taxas de 18,4%-81,6% e 15,9%-84,1%, respectivamente para raízes e parte aérea, corroborando esses limites de intervalo bem como o decréscimo nessa proporção conforme se aumenta o tamanho das árvores.

7 Conclusão

As mudas apresentam relações alométricas menos definidas, quando comparadas às relações alométricas apresentadas por indivíduos arbóreos de maior porte (acima de 5 cm em DAP).

Os modelos estatísticos selecionados produzem estimativas confiáveis de biomassa seca para regeneração natural com desvios inferiores a 5% em relação à média, com exceção das categorias RN 1 (5,69%) e RN 4 (5,99%).

As equações para todo o banco de dados (4 cat), são mais consistentes que as equações para as categorias RN 1, RN 2, RN 3 e RN 4. Entre as diferentes categorias de tamanho, a categoria RN 2 apresentou mais consistência, provavelmente devido ao maior número de amostras e conseqüente maior acurácia.

Entre os modelos testados, os melhores são os modelos 10, 9 e 6. Devido a falta de praticidade na obtenção das variáveis independentes o uso do modelo 10 não foi indicado. Para as diferentes entradas do banco de dados às equações resultantes são:

- $P_s = 0,178269 * D_c^{2,528425}$ modelo 6 para todo o banco de dados (de 30 cm em altura a < 5 cm em DAP)
- $P_s = 2,324597 * D_c^{1,680652} * A_T^{0,409172}$ modelo 9 para a categoria RN 1 (de 30-50 cm em altura)
- $P_s = 0,026288 * D_c^{1,674896} * A_T^{0,775391}$ modelo 9 para a categoria RN 2 (de 50-100 cm em altura)
- $P_s = 0,052793 * D_c^{1,692544} * A_T^{0,639115}$ modelo 9 para a categoria RN 3 (de 100-200 cm em altura)
- $P_s = 0,220944 * D_c^{2,463765}$ modelo 6 para a categoria RN 4 (> que 200 cm em altura mas < que 5 cm em DAP)

O modelo 6 possui a vantagem de ser dependente de apenas uma variável, o diâmetro de colo (Dc) que é uma variável medida de forma direta no campo, com poucos riscos de erros não amostrais. O modelo 9 tem a vantagem de ser mais consistente e permite diferentes estimativas de peso para indivíduos com mesmo Dc. O uso do modelo 9 não é aconselhado para a categoria RN 4 e 4 cat devido um maior risco de erros não amostrais.

A contribuição de cada compartimento para a categoria RN 3 em relação ao peso (massa seca) é a seguinte: raízes (18,4%), parte aérea (81,6%), para categoria RN 4 raízes (15,9%), caule (61,4%) e folhas (22,7%).

Os teores médios de carbono para as diferentes categorias e seus diferentes compartimentos são os seguintes: RN1 e RN 2 ($45,25\% \pm 0,07$), RN 3 raízes ($41,84\% \pm 0,10$), RN 3 parte aérea ($47\% \pm 0,05$), RN 4 raízes ($44,77\% \pm 0,11$), RN 4 caule ($46,05\% \pm 0,06$) e RN 4 folhas ($47,37\% \pm 0,08$). A média ponderada para os teores médios de carbono são os seguintes: RN 3 ($46,05\% \pm 0,06$), RN 4 ($46,15\% \pm 0,07$) e 4 cat ($46,04\% \pm 0,07$) todos à um IC de 95%.

As equações alométricas para biomassa seca total de indivíduos da regeneração natural foram dependentes das categorias de tamanho, não sendo possível o uso de uma única equação, pelo método de covariância utilizando-se de “variáveis dummy”.

Apesar de isoladamente os projetos de florestamento/reflorestamento contribuirão pouco nos projetos de captura de GEE, não se deve perder de vista a contribuição dos mesmos em recuperar áreas degradadas ou mesmo para a substituição de matrizes energéticas.

A equação de regressão gerada pelo modelo 6 para todo o banco de dados, para estimar biomassa seca total da regeneração natural, de mudas de espécies arbóreas de floresta tropical, pode ser utilizado para acompanhamento da dinâmica do carbono da regeneração natural bem como ser utilizado para estimar sequestro de carbono na fase inicial de plantios na região de Manaus.

8 Perspectivas

Entre os vários objetivos da Lei Estadual de Mudanças Climáticas do Governo do Estado do Amazonas (Lei 3.135 de 05/06/07), há um relacionado com a promoção de ações para ampliação da educação ambiental sobre os impactos e as conseqüências das mudanças climáticas para as comunidades tradicionais, comunidades carentes e alunos da rede pública escolar, por meio de cursos, publicações impressas e da utilização da rede mundial de computadores.

Os resultados desta proposta (monitoramento da dinâmica do carbono da regeneração natural) serão utilizados conjuntamente com o laboratório de Psicologia e Educação Ambiental (LAPSEA) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) em áreas demonstrativas, em unidades de conservação, de neutralização do carbono emitido, em quatro sítios de Manaus: Parque do Mindú, Jardim Botânico, Bosque da Ciência do INPA e Parque das Samaúmas.

9 Bibliografia

- Araújo, T.M. 1995. Investigação das taxas de dióxido de carbono gerado em queimadas na região amazônica. Tese de Doutorado, Unesp – Guaratinguetá. 212 pp.
- Araújo, T. M.; Higuchi, N.; Carvalho Jr., J. A. 1999. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest in the state of Pará, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 117: 43-52.
- Baral, A.; Guha, G. S. 2004. Trees for carbon sequestration or fossil fuel substitution: the issue of cost vs. carbon benefit. *Biomass e Bioenergy*, 27: 41-55.
- Boyd, E.; Corbera, E.; Estrada, M. 2008. UNFCCC negotiations (pré-Kyoto to COP-9): what the process says about the politics of CDM-sinks. *Int Environ Agreements*, 8: 95-112.
- Brown, S.; Gilliespie, A. J. R.; Lugo, A. E. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science*, 35(4): 881-902.
- Brown, S.; Lugo, A. E. 1992. Above ground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia*, 17(1): 8-18.
- Cairns, M. A.; Brown, S.; Helmer, E. H.; Baumgardner. 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, 111: 1-11.
- Carvalho Jr, J. A.; Santos, J. C.; Santos, J. M.; Higuchi. 1994. Estimate of combustion efficiency in a forest clearing experiment in the Manaus region. *Revista Brasileira de Geofísica*, 12(1): 45-48.
- CETESB 2003. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo*. São Paulo: CETESB, 2004. 137 pp. No site www.cetesb.sp.gov.br/Ar/publicacoes.asp
- Chambers, J. Q.; Higuchi, N.; Tribuzy, E. S.; Trumbore, S. E. 2001. Carbon sink for a century. *Nature*, 410: 429.
- Chambers, J. Q.; Santos, J.; Ribeiro, R. J.; Higuchi, N. 2001a. Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in central Amazon forest. *Forest Ecology and Management*, 152: 73-84.
- Chambers, J. Q.; Asner, G. P.; Morton, D. C.; Anderson, L. O.; Saatchi, S. S.; Espírito-Santo, F. D. B.; Palace, M.; Souza Jr. C. 2007. Regional ecosystem structure and function: ecological insights from remote sensing of tropical forests. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 22(8): 414-423.

- Chave, J.; Andalo, C.; Brown, S.; Cairns, M. A.; Chambers, J. Q.; Eamus, D.; Fölster, H.; Fromard, F.; Higuchi, N.; Kira, T.; Lescure, J. P.; Nelson, B. W.; Ogawa, H.; Puig, H.; Riéra, B.; Yamakura, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145: 87-99.
- Clark, D. A. 2004. Sources or sinks? The response of tropical forests to current and future climate and atmospheric composition. *Phil. Trans. R. Soc. Lond, B. Biol. Sci*, 359: 477-491.
- Cummings, D. L.; Kauffman, J. B.; Perry, D. A.; Hughes, R. F. 2002. Aboveground biomass and structure of rain forests in the southwestern Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 163: 293-307.
- Dale, V. H.; Joyce, L. A.; McNulty, S.; Neilson, R. P. 2000. The interplay between climate change, forests, and disturbances. *The Science of total Environment*, 262: 201-204.
- Dale, V. H.; Joyce, L. A.; McNulty, S.; Neilson, R. P.; Ayres, M. P.; Flannigan, M. D.; Hanson, P. J.; Irland, L. C.; Lugo, A. E.; Peterson, C. J.; Simberloff, D.; Swanson, F. J.; Stocks, B. J.; Wotton, B. M. 2001. Climate change and forest disturbances. *Bioscience*, 51(9): 723-734.
- Dietze, M. C.; Wolosin, M. S.; Clark, J. S. 2008. Capturing diversity and interspecific variability in allometries: A hierarchical approach. *Forest Ecology and Management*, 256: 1939-1948.
- Enquist, B. J.; Niklas, K. J. 2002. Global allocation rules for patterns of biomass partitioning in seed plants. *Science*, 295: 517-520.
- Falinski, J. B. 1978. Uprooted trees, their distribution and influence in the primeval forest biotope. *Vegetatio*, 38(3): 175-183.
- Faraway, J. J. 2000. *Practical Regression and Anova using R*. 203 pp.
- Ferraz, J.; Otha, S.; Salles, P. C. 1998. Distribuição dos solos ao longo de dois transectos em floresta primária ao norte de Manaus (AM). In: Higuchi, N.; Campos, M. A. A.; Sampaio, P. T. B.; Santos, J. dos. (eds). *Pesquisas Florestais para Conservação da Floresta e Reabilitação de Áreas Degradadas da Amazônia*. p. 111-143.
- Freese, F. 1968. *Linear regression methods for forest research*. USDA-Forest Service. 136 p.
- Gargatang, S.; White, S.; Shugart, H. H.; Halverson, J. 1998. Convective cloud downdrafts as the cause of large blowdowns in the Amazon rainforest. *Metereol. Atmos. Phys*, 67: 199-212.

- Garwood, N., C. 1996. Functional morphology of tropical tree seedling. *In: Swaine, M. D. (ed). The Ecology of Tropical Forest tree Seedlings.* p. 59-129.
- Higuchi, N.; Jardim, F. C. S.; Santos, J. dos; Alencar, J. C. 1985. Bacia 3 - Inventário diagnóstico da regeneração natural. *Acta Amazônica*, 15(1-2): 199-233.
- Higuchi, N.; Carvalho Jr., J. A. 1994. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. *In: Companhia Vale do Rio Doce (ed.). Emissão e sequestro de CO₂: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil, Rio de Janeiro.* p. 125-153.
- Higuchi, N.; Santos, J. M. dos; Imanaga, M.; Yoshida, S. 1994. Aboveground biomass estimate for Amazonian dense tropical moist forests. *Mem.Fac.Agr. Kagoshima Univ*, 30: 43-54.
- Higuchi, N.; Santos, J. dos; Ribeiro, J. R.; Minette, L.; Biot, Y. 1998. Biomassa da parte aérea da floresta tropical úmida de terra firme da Amazônia Brasileira. *Acta Amazônica*, 28 (2): 153-166.
- Higuchi, N.; Santos, J. dos; Vieira, G.; Ribeiro, R. J.; Sakurai, S.; Ishizuka, M.; Sakai, T.; Tanaka, N.; Saito, S. 1998a. Análise estrutural da floresta primária da bacia do rio Cuieiras, ZF-2, Manaus-AM, Brasil. *In: Higuchi, N.; Campos, M. A. A.; Sampaio, P.T. B.; Santos, J. dos. (eds). Pesquisas florestais para a conservação da floresta e reabilitação de áreas degradadas da Amazônia. UFAM.* p. 53-81.
- Higuchi, N.; Chambers, J.; Ribeiro, R. J.; Pinto, A. C. M.; Silva, R. P.; Rocha, R. M.; Tribuzy, E. S. 2004. Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central. *Floresta*, 34(3): 295-304.
- Higuchi, N., Pereira, H. S., Santos, J., Lima, A. J. N., Higuchi, F. G., Higuchi, M. I. G., Ayres, I. G. S. S. 2009. *Governos locais amazônicos e as questões climáticas globais.* 103 pp.
- House, J. I.; Prentice, C.; Quéré, C. 2002. Maximum impacts of future reforestation or deforestation on atmospheric CO₂. *Global Change Biology*, 8: 1047-1052.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry. *Institute for Global Environment Strategies, Japan.*
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Em CD ou no site: www.ipcc.ch.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2007. Contribution of Working Group III to forth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Metz, B.; Davidson, O. R.; Bosch, P. R.; Dave, R.; Meyer, L. A. (eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Jung, M. 2005. The role of forestry projects in the clean development mechanism. *Environmental Science & Policy*, 8: 87-104.

King, D. A. 2005. Linking tree form, allocation and growth with an allometrically explicit model. *Ecological Modelling*, 185: 77-91.

Keeling, H. C.; Phillips, O. L. 2007. The global relationship between forests productivity and biomass. *Global Ecology and Biogeography*, 16: 618-631.

Kira, T. 1987. Primary production and carbon cycling in a primeval lowland rainforest of Peninsular Malaysia. In: *Tree crop physiology* (editado por M.R. Sethuraj e A.S. Raghavendra). Capítulo 6. p. 99-119.

Klinge, H.; Rodrigues, W.A. 1973. Biomass estimation in a Central Amazonian rain forest. *Acta Cient. Venezuelana*, 24: 225-237.

Lieberman, D. 1996. Demography of tropical tree seedlings: A review. In: Swaine, m. D. (ed). *The Ecology of Tropical Forest tree Seedlings*. p. 131-138.

Losi, C. J.; Siccama, T. G.; Condit, R.; Morales, J. E. 2003. Analysis of alternative methods for estimating carbon stocks in young tropical plantations. *Forest Ecology and Management*, 184: 355-368.

Marcene, E. A.; Corte, A. P. D.; Sanquetta, C. R.; Scheneider, C. R. 2006. Variação nos teores e estoques individuais de carbono fixado com o crescimento de *Gmelina arborea* Roxb. Na região litorânea do Paraná, Brasil. *Scientia Forestalis*, 71: 55-63.

Marland, G.; Fruit, K.; Sedjo, R. 2001. Accounting for sequestered carbon: the question of permanence. *Environmental Science & Policy*, 4: 259-268.

Miranda, E. V. 2002. *Padrão de desenvolvimento radial horário do fuste de três espécies florestais típicas da Amazônia utilizando dendrômetros automáticos*. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas. 75 pp.

- Nascimento, H. E. M.; Laurance, W. F. 2004. Biomass dynamics in Amazonian forest fragments. *Ecological applications*, 14(4): 127-138.
- Nelson, B. N.; Kapos, V.; Adams, J. B.; Oliveira, W. J.; Braun, O. P. G.; Amaral, I. L. 1994. Forest disturbance by large blowdowns in the Brazilian Amazon. *Ecology*, 73(3): 853-858.
- Nogueira, E. M.; Fearnside, P. M.; Nelson, B. W.; Barbosa, R. I.; Keizer, E. W. H. 2008. 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.
- Overman, J. P. M.; Witte, H. J. L.; Saldarriaga, J. G. 1994. Evaluation of regression models for above-ground biomass determination in Amazon rainforest. *Journal of Tropical Ecology*, 10: 207-218.
- Peichl, M.; Arain, M. A. 2007. Allometry and partitioning of above and tree biomass in an age-sequence of pine forests. *Forest Ecology and Management*, 253: 68-80.
- Peterson, C. J.; Leach, A. D. 2008. Salvage logging after windthrow alters microsite diversity, abundance and environment, but not vegetation. *Forestry*, 19: 1-16.
- Pinto, A. C. M.; Higuchi, N.; Iida, S.; Santos, J.; Ribeiro, R. J.; Rocha, R. M.; Silva, R.P. 2003. Padrão de distribuição espacial que ocorrem na região de Manaus – AM. In: Niro *et al.* 2003. *Projeto Jacaranda Fase II: Pesquisas florestais na Amazônia*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. p. 1-20.
- Poorter, H.; Nagel, O. 2000. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO₂, nutrients and water: a quantitative review. *Aust. J. Plant Physiol*, 27: 595-607.
- Poorter, L. 1999. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. *Functional ecology*, 13: 396-410.
- Poorter, L.; Bongers, F.; Sterck, F. J.; Wöll, H. 2005. Beyond the regeneration phase: differentiation of height-light trajectories among tropical tree species. *Journal of Ecology*, 93: 256-267.
- Poorter, L. 2009. Are species adapted to their regeneration niche, adult niche, or both? *The American Naturalist*, 169(4): 433-442.

- Putz,, F. E. (1983). Treefall pits and mounds, buried seeds, and the importance of soil disturbance to pioneer trees on Barro Colorado Island, Panama. *Ecology*, 64(5): 1069-1074.
- RADAM-BRASIL.1978. Levantamento de recursos naturais. Geologia, Geomorfologia, 18: 17-530.
- Rezende, A. V.; Vale, A. T.; Sanquetta, C. R.; Filho, A. F.; Felfili, J. M. 2006. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado *sensu stricto* em Brasília, DF. *Scientia Forestalis*, 71: 65-76.
- Saack, L. 2002. Global allocation rules for patterns of biomass partitioning. *Science*, 296: 1923a.
- Saito, S.; Sakai, T.; Nakamura, S.; Higuchi, N. 2003. Three types of seedling establishments of tree species in an amazonian terra-firme forest. In: Higuchi *et al.* 2003. *Projeto Jacaranda Fase II: Pesquisas florestais na Amazônia*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. p. 31-41.
- Santilli, M.; Moutinho, P.; Schwartzman, S.; Nepstad, D.; Curran, L.; Nobre, C. 2005. Tropical deforestation and the Kyoto Protocol. *Climatic Change*, 71: 267-276.
- Santos, J. dos. 1996. *Análise de modelos de regressão para estimar a fitomassa da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 121 pp.
- Scariot, A. 2000. Seedling mortality by litterfall in Amazon forest fragments. *Biotropica*, 32(4a): 662-669.
- Schaetzl, R. J.; Burns, F. S.; Johnson, D. L.; Small, T. W.; 1989. Tree uprooting: review of impacts on forest ecology. *Vegetatio*, 79: 165-176.
- Schroeder, L. D.; Sjochist, D. L.; Stephan, P. E. 1986. *Understanding regression analysis: An introductory guide*. 96 pp.
- Shipley, B.; Meziane, D. 2002. The balanced-growth hypothesis and the allometry of leave and roots biomass allocation. *Functional Ecology*, (16): 326-331.
- Silva, R.P., J. dos Santos, E.S. Tribuzy, J.Q. Chambers, S. Nakamura e N. Higuchi. 2002. Diameter increment and growth patterns for individual tree growing in Central Amazon, Brazil. *Forest Ecology and Management*, (166): 295 – 301.

- Silva, R.P. 2007 *Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus (AM)*. Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais do INPA. 135 pp.
- Teixeira, M. A.; Murray, M. L.; Carvalho, M. G. 2006. Assessment of land use and land use change and forestry (LULUCF) as CDM projects in Brazil. *Ecological Economics*. 60: 260-270.
- UNFCCC, 2005. Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol on its first session, held at Montreal from 28 November to 10 December 2005, Addendum, Part Two: Action taken by the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol at its first session, Decision 16/CMP.1 Land use, land-use change and forestry, FCCC/KP/CMP/2005/8/Add.3 (<http://www.unfccc.int>).
- Veneklaas, E. J.; Poorter, L. 1998. Growth and carbon partitioning of tropical tree seedlings in contrasting light environments. *In: Lambers H, Pooter H, Van Vuuren MMI (eds) Inherent variation in plant growth. Physiological mechanisms and ecological consequences*. Backhuys, Leiden, The Netherlands. p. 41-60.
- Vieira, S.; Trumbore, S.; Camarga, P.B.; Selhorst, D.; Chambers, J. Q.; Higuchi, N.; Martinelli, L. A. 2005. Slow growth rates of Amazon trees: Consequences for carbon cycling. *PNAS*, 102(51): 18502-18507.
- Wagner, R. G.; Ter-Mikaelian, M. T. 1999. Comparison of biomass component equations for four species of northern coniferous tree seedlings. *Ann. For. Sci*, 56: 193-199.
- West, G. B.; Brown, J. H.; Enquist, B. J. 1997. A general model for the origin of allometric scaling laws in biology. *Science*, 276(4): 122-126.
- West, G. B.; Brown, J. H.; Enquist, B. J. 1999. A general model for the structure and allometry of plants vascular systems. *Nature*, 400: 664-667.
- Whitmore, T. C. 1996. A review of some aspects of tropical rain forest seedling ecology with suggestions for further enquiry. *In: Swaine, M. D. 2006. The ecology of Tropical Forest tree seedlings*. p. 3-39.
- Willians, D, T. 1949. A surface micro-study of saquall -lines thunderstorms. *Montly Weather Review*, 76(11): 239-246.
- Wyatt-Smith, J. 1960. Diagnostic linear sampling of regeneration. *The Malay For*, 23(3): 191-208.

Zianis, D. e Mencuccini, M. 2004. On simplifying allometric analyses of forest biomass. *Forest Ecology and Management*, 187: 311-332.

10 Anexo A

Tabela 21: Coordenadas geográficas dos pontos de coleta.

Pontos	Latitude(S)	Longitude(W)	Pontos	Latitude(S)	Longitude(W)
1	02° 35' 16,9"	60° 13' 34,2"	9	02° 34' 38,0"	60° 15' 41,7"
2	02° 34' 59,7"	60° 13' 50,2"	10	02° 34' 29,3"	60° 15' 44,8"
3	02° 34' 41,4"	60° 14' 24,6"	11	02° 34' 30,4"	60° 15' 58,3"
4	02° 34' 56,2"	60° 14' 31,0"	12	02° 34' 38,4"	60° 16' 22,0"
5	02° 34' 40,0"	60° 14' 32,1"	13	02° 34' 41,9"	60° 16' 33,5"
6	02° 34' 31,0"	60° 14' 41,4"	14	02° 34' 11,2"	60° 17' 29,0"
7	02° 34' 27,0"	60° 14' 43,3"	15	02° 34' 13,4"	60° 17' 31,7"
8	02° 34' 40,4"	60° 15' 35,8"	16	02° 34' 08,0"	60° 17' 32,7"

Tabela 22: Lista de famílias e espécies para as categorias RN 1 e RN2, número de indivíduos (N) e carbono percentual (C%) por família, para o primeiro momento de moagem.

Família (C%)	Espécie	N
Annonaceae (47,21%)	<i>Bocageopsis multiflora</i> (Mart.) R.E. Fr.	4
	<i>Duguetia flagellaris</i> Huber	1
	<i>Duguetia</i> sp. A. St.-Hil.	2
	<i>Guatteria</i> cf. <i>olivacea</i> R.E. Fr.	1
	<i>Guatteria</i> sp. Ruiz & Pav.	1
	<i>Xylopia calophylla</i> R.E. Fr.	1
	<i>Xylopia nitida</i> Dunal	2
	Indeterminado	1
Apocynaceae (45,79%)	<i>Aspidosperma</i> cf. <i>nitidum</i> Benth. ex Mull. Arg.	1
	<i>Aspidosperma</i> sp. Mart. & Zucc.	1
	<i>Geissospermum urceolatum</i> A.H. Gentry	1
Bignoniaceae (48,28%)	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	1
Bombacaceae (44,03%)	<i>Scleronema</i> sp. Benth.	3
Burseraceae (46,24%)	<i>Protium</i> sp. Burm. f.	13
	<i>Protium trifoliolatum</i> Engl.	4
	<i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart.	3
Caryocaraceae (45,53%)	<i>Caryocar pallidum</i> A.C. Sm.	1
	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	1
Cecropiaceae (43,54%)	<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	2
	<i>Pourouma ferruginea</i> Standl.	1
	<i>Pourouma</i> sp. Aubl.	3
	Indeterminado	1
Chrysobalanaceae (45,30%)	<i>Licania</i> sp. Aubl.	2
	<i>Parinari montana</i> Aubl.	1
	<i>Parinari</i> sp. Aubl.	2
Clusiaceae (47,42%)	<i>Calophyllum</i> sp. L.	1
	<i>Vismia sandwithii</i> Ewan	1
Euphorbiaceae (44,97%)	<i>Alchorneopsis floribunda</i> (Benth.) Mull. Arg.	2
	<i>Croton javitensis</i>	1

Continua

Tabela 22: Continuação

Família (C%)	Espécie	N
	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	3
	<i>Micrandropsis scleroxylon</i> (W.A. Rodrigues) W.A. Rodrigues	1
Goupiaceae (44,23%)	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	14
Icacinaceae (47,50%)	<i>Poraqueiba</i> sp. Aubl.	2
Indeterminada		1
Lacistemaceae (44,50%)	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	1
Lauraceae (48,16%)	<i>Aniba terminalis</i> Ducke	1
	<i>Ocotea</i> cf <i>douradensis</i> Vatt.	1
	<i>Ocotea</i> sp. Aubl.	1
Lecythidaceae (44,39%)	<i>Lecythis zabucajo</i> Aubl.	1
	Indeterminado	1
Leguminosae (47,32%)	<i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip	1
	<i>Elisabetha</i> sp. Bronner	1
	<i>Hymenaea</i> sp. L.	1
	Indeterminado	1
	<i>Inga</i> sp. Mill.	1
	<i>Inga</i> sp. Mill.	1
	<i>Parkia velutina</i> Benoist	1
	<i>Peltogyne catinae</i> Ducke	1
	<i>Sclerolobium micropetalum</i> Ducke	1
	<i>Sclerolobium</i> sp. Vogel	3
	<i>Swartzia obtusifolia</i>	1
	<i>Swartzia arborencens</i> (Aubl.) Pittier	1
	<i>Swartzia tomentifera</i> (Ducke) Ducke	1
	<i>Zygia racemosa</i> (Ducke) Barneby & J.W. Grimes	2
	<i>Zygia ramiflora</i> (F. Muell.) Kosterm.	1
Malphiaceae (45,70%)	<i>Byrsonima</i> sp. Rich. ex Kunth	1
	<i>Byrsonima duckeana</i> W.R. Anderson	1
Melastomataceae (43,52%)	<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	1
	<i>Bellucia</i> sp. Neck.ex Raf.	5
	<i>Miconia eriodonta</i> DC.	1
	<i>Miconia gratissima</i> Benth. ex Triana	3
	<i>Miconia lepidota</i> Schrank & Mart. ex DC.	1
	<i>Miconia</i> sp. Ruiz & Pav.	1
	<i>Miconia</i> sp. Ruiz & Pav.	8
Meliaceae (47,52%)	<i>Trichilia septentrionalis</i> C. DC.	2
Moraceae (45,36%)	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	5
	<i>Sorocea guilleminiana</i> Gaudich.	2
Myristicaceae (46,50%)	<i>Iryanthera</i> sp. Warb.	1
	<i>Virola calophylla</i> (Spruce) Warb. var. <i>calophylloidea</i>	1
Myrtaceae (45,67%)	<i>Eugenia</i> sp. L.	2

Continua

Tabela 22: Continuação

Família (C%)	Espécie	N
	<i>Myrcia</i> cf. <i>paivae</i> O. Berg	1
	Indeterminado	1
Ochnaceae (44,71%)	<i>Ouratea</i> sp. Aubl.	1
Quiinaceae (46,05%)	<i>Touroulia guianensis</i> Aubl.	2
	<i>Tovomita</i> sp. Aubl.	1
Rhabdodendraceae (41,93)	<i>Rhabdodendron macrophyllum</i> (Spruce ex Benth.) Huber	1
Rubiaceae (43,44%)	<i>Ixora</i> sp. L.	1
	<i>Kutchubaea</i> sp. Fisch. Ex Dc.	1
	<i>Palicourea</i> sp. Aubl.	1
	<i>Palicourea anisoloba</i> (Mull. Arg.) B.M. Boom & M.T. Campos	1
	<i>Psychotria</i> sp. L.	3
	Indeterminado	1
	Indeterminado	1
	Indeterminado	1
Rutaceae (41,80%)	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	6
Salicaceae (46,30%)	<i>Casearia</i> sp. Jacq.	1
Sapotaceae (48,47%)	<i>Ecclinusa</i> sp. Mart.	2
	<i>Pouteria anomala</i> (Pires) T.D. Penn.	1
Simaroubaceae*	<i>Simarouba polyphylla</i> Thomas	1
Verbenaceae (43,71%)	<i>Aegephylla</i> sp.	1
Violaceae (43,87%)	Indeterminado	1
Vochysiaceae (43,50%)	<i>Qualea</i> sp. Aubl.	1
Indeterminada*	Indeterminado	1

* material vegetal insuficiente para análise.

Tabela 23: Lista de famílias e espécies para as categorias RN 1 e RN2, número de indivíduos (N), e carbono percentual (C%) por família, para o segundo momento de moagem.

Família	Espécie	N
Anacardiaceae (43,35%)	<i>Astronium</i> sp. Jacq.	2
Anisophylleaceae (46,16%)	<i>Anisophyllea manausensis</i> Pires & W.A. Rodrigues	1
Annonaceae (47,28%)	<i>Bocageopsis multiflora</i> (Mart.) R.E. Fr.	9
	<i>Xylopia parviflora</i> Spruce	1
	<i>Xylopia</i> cf. <i>polyantha</i> R.E. Fr.	1
Burseraceae (43,44%)	<i>Protium</i> sp. Burm. f.	7
	<i>Protium</i> cf. <i>elegans</i> Engl.	1
	<i>Trattinnickia</i> sp. Willd.	1
	<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze	3
Cecropiaceae (45,31%)	<i>Pourouma</i> sp. Aubl.	7
Chrysobalanaceae (47,26%)	indertminado	1
	<i>Licania</i> sp. Aubl.	2
	<i>Parinari</i> sp. Aubl.	1
Clusiaceae (47,56%)	<i>Vismia</i> sp. Vand.	2

Continua

Tabela 23: Continuação

Família	Espécie	N
Euphorbiaceae (44,12%)	<i>Vismia</i> cf. <i>cauliflora</i> A.C. Sm.	1
	<i>Croton draconoides</i> Mull. Arg.	1
	<i>Sapium</i> sp. Jacq.	1
	<i>Mabea speciosa</i> Mull. Arg.	1
	<i>Micrandropsis scleroxylon</i> (W.A. Rodrigues) W.A. Rodrigues	1
Goupiaceae (45,23%)	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	7
Hugoniaceae (43,63%)	<i>Roucheria punctata</i> (Ducke) Ducke	1
Humiriaceae (47,44%)	indertminado	1
Lauraceae (48,55%)	<i>Licaria</i> cf. <i>pachycarpa</i> (Meisn.) Kosterm.	1
	<i>Ocotea</i> cf. <i>scabrella</i> van der Werff	1
	<i>Ocotea</i> sp. Aubl.	1
Leguminosae (45,46%)	<i>Andira</i> sp. Juss.	1
	<i>Bocoa viridiflora</i> (Ducke) R.S. Cowan	1
	<i>Dimorphandra</i> sp. Schott	4
	<i>Inga</i> spp. Mill.	7
	<i>Stryphnodendron guianense</i> (Aubl.) Benth	1
	<i>Zygia ramiflora</i> (F. Muell.) Kosterm.	1
	<i>Byrsonima</i> sp. Rich. ex Kunth	1
Malpighiaceae (42,38%)	<i>Bellucia</i> sp. Neck.ex Raf.	2
	<i>Miconia</i> sp. Ruiz & Pav.	2
	<i>Miconia</i> sp. Ruiz & Pav.	1
	<i>Miconia gratissima</i> Benth. ex Triana	8
Meliaceae (43,42%)	<i>Trichilia septentrionalis</i> C. DC.	1
Memecylaceae (47,63%)	<i>Mouriri</i> cf. <i>angulicosta</i> Morley	1
Moraceae (42,10%)	<i>Sorocea guilleminiana</i> Gaudich.	1
	<i>Pseudolmedia</i> cf. <i>laevigata</i> Trécul	1
	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	1
Myristicaceae (42,78%)	<i>Iryanthera</i> sp. Warb.	1
	<i>Virola</i> sp. Aubl.	1
	<i>Virola</i> cf. <i>guggenheimii</i> W.A. Rodrigues	1
Ochnaceae (43,72%)	<i>Ouratea</i> sp. Aubl.	1
Rubiaceae (50,44%)	<i>Palicourea</i> Aubl.	1
	<i>Kutchubaea</i> sp. Fisch. ex DC.	1
Salicaceae (45,80%)	<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	2
	<i>Casearia</i> sp. Jacq.	3
Sapindaceae*	indertminado	1
Sapotaceae (41,31%)	<i>Pouteria anomala</i> (Pires) T.D. Penn.	1
	<i>Pouteria</i> cf. <i>flavilata</i> T.D. Penn.	1
	<i>Pouteria</i> cf. <i>venosa</i> T.D. Penn.ssp <i>amazonica</i>	1
	<i>Ecclinusa guianensis</i> Eyma	1
Simaroubaceae*	<i>Simarouba polyphylla</i> Thomas	1
Tiliaceae (41,54%)	<i>Apeiba</i> sp. Aubl.	1
Violaceae (39,82%)	<i>Rinorea racemosa</i> (Mart.) Kuntze	4
Vochysiaceae (46,86%)	<i>Qualea</i> sp. Aubl.	1

* material vegetal insuficiente para análise.

Tabela 24: Lista de famílias e espécies para a categoria RN 3, número de indivíduos (N) e carbono percentual (C%) para raiz (R) e parte aérea (PA) por gênero, para o primeiro momento de moagem.

Família	Espécie	N	C% R	C% PA
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	1	39,50	45,92
Annonaceae	<i>Annona</i> cf. <i>foetida</i> Mart. *	1	*	46,49
	<i>Bocageopsis multiflora</i> (Mart.) R.E. Fr.	1	44,27	49,19
	<i>Guatteria scytophylla</i> Diels	1	41,35	45,52
	indeterminado	1	44,76	45,58
	<i>Xylopi sericea</i> A. St.-Hil.	1	46,19	48,69
Apocynaceae	<i>Couma</i> sp. Aubl. *	1	*	48,27
Bombacaceae	<i>Scleronema micranthum</i> (Ducke) Ducke	1	45,94	47,01
Burseraceae	<i>Protium</i> sp. Burm. f.	4	39,03	46,13
	<i>Trattinnickia</i> cf. <i>burserifolia</i> Mart.	2	39,35	44,63
Caryocaraceae	<i>Caryocar pallidum</i> A.C. Sm.	1	38,07	45,73
	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	1	-	-
Cecropiaceae	<i>Pourouma ferruginea</i> Standl.	1	39,26	44,66
	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl. ssp. <i>guianensis</i>	1	-	-
Chrysobalanaceae	<i>Licania</i> sp. Aubl.	1	44,16	45,93
	<i>Licania</i> sp. Aubl.	1	-	-
	<i>Parinari</i> sp. Aubl.	1	43,88	46,52
Clusiaceae	<i>Vismia cayennensis</i> (Jacq.) Pers.	2	42,87	46,64
	<i>Vismia</i> sp. Vand.	1	-	-
Euphorbiaceae	<i>Croton lanjouwensis</i> Jabl. *	1	*	47,05
	indeterminado	1	42,46	46,52
Goupiaceae	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	7	41,55	47,49
Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp. Aubl.	1	40,17	48,51
Lecythidaceae	<i>Eschweilera</i> sp. Mart. ex DC.	1	41,17	48,11
	<i>Eschweilera</i> sp. Mart. ex DC.	1	-	-
Leguminosae	<i>Dimorphandra</i> sp. Schott	1	42,25	48,42
	<i>Inga</i> sp. Mill.	2	38,37	46,63
	<i>Stryphnodendrom</i> cf. <i>racemiferum</i> (Ducke) W.A. Rodrigues	1	38,94	49,03
Malpighiaceae	<i>Byrsonima duckeana</i> W.R. Anderson	2	39,12	45,55
Melastomataceae	<i>Miconia minutiflora</i> (Bonpl.) DC.	1	40,96	46,41
	<i>Miconia</i> sp. Ruiz & Pav.	2	-	-
Moraceae	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	1	45,72	47,29
Myristicaceae	<i>Iryanthera</i> sp. Warb.	1	39,88	49,54
	<i>Virola</i> cf. <i>guggenheimii</i> W.A. Rodrigues	1	33,63	46,25
Myrsinaceae	<i>Cybianthus guyanensis</i> (A. DC.) Miq.	1	44,02	45,92
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	1	36,56	47,35
Salicaceae	<i>Casearia</i> sp. Jacq.	1	40,08	47,88
	<i>Casearia</i> sp. Jacq.	1	-	-
Sapotaceae	<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre	1	44,25	48,88
	<i>Pouteria anomala</i> (Pires) T.D. Penn.	1	39,66	48,75
	<i>Pouteria</i> cf. <i>venosa</i> T.D. Penn. ssp. <i>amazonica</i>	1	-	-
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	1	40,51	47,15
	<i>Simarouba polyphylla</i> Thomas	1	-	-
Siparunaceae	<i>Siparuna cristata</i> (Poepp. & Endl.) A. DC.	2	45,63	46,66
Vochysiaceae	<i>Qualea</i> sp. Aubl.	2	43,10	43,31

* material vegetal insuficiente para análise.

Tabela 25: Lista de famílias e espécies para a categoria RN 3, número de indivíduos (N) e carbono percentual (C%) para raiz (R) e parte aérea (PA) por gênero, para o segundo momento de moagem.

Família	Espécie	N	C% R	C% PA
Annonaceae	<i>Bocageopsis multiflora</i> (Mart.) R.E. Fr.	2	42,69	46,05
	<i>Xylopi</i> cf. <i>polyantha</i> R.E. Fr.	3	41,92	46,99
	indeterminado	1	43,76	46,54
Burseraceae	<i>Protium</i> sp. Burm. f.	3	43,88	47,25
	<i>Trattinnickia</i> sp. Willd.	2	37,61	45,17
Cecropiaceae	<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	1	39,31	44,61
	<i>Cecropia</i> sp. Loefl.	1	-	-
	<i>Cecropia</i> sp. Loefl.	1	-	-
Chrysobalanaceae	<i>Licania</i> sp. Aubl.	2	44,61	46,99
Clusiaceae	<i>Vismia</i> sp. Vand.	1	45,28	47,01
	<i>Tovomita</i> sp. Aubl.	1	46,68	50,10
Combretaceae	<i>Buchenavia</i> cf. <i>parvifolia</i> Ducke	1	41,03	46,76
Euphorbiaceae	<i>Conceveiba</i> cf. <i>guianensis</i> Aubl.	1	49,04	46,87
	<i>Croton draconoides</i> Mull. Arg.	1	32,16	43,54
Goupiaceae	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	8	43,35	47,56
Hugoniaceae	<i>Roucheria punctata</i> (Ducke) Ducke	1	37,85	49,02
Icacinaceae	<i>Poraqueiba</i> sp. Aubl.	1	38,91	48,78
Indeterminada	indeterminado	1	*	*
Lauraceae	<i>Ocotea</i> cf. <i>scabrella</i> van der Werff	1	46,83	48,94
Leguminosae	<i>Elisabetha</i> sp. Bronner	1	41,42	47,68
	<i>Inga</i> sp1. Mill.	1	42,87	47,41
	<i>Inga</i> sp2. Mill.	2	-	-
	<i>Parkia decussata</i> Ducke	1	44,01	48,71
	<i>Sclerolobium</i> sp. Vogel	1	*	49,26
	<i>Zygia ramiflora</i> (F. Muell.) Kosterm.	1	44,49	48,00
	indeterminado	1	41,73	48,99
Malphiaceae	<i>Byrsonima</i> sp. Rich. ex Kunth	1	43,22	42,42
Melastomataceae	<i>Bellucia</i> sp. Neck.ex Raf.	3	46,55	49,22
	<i>Miconia</i> cf. <i>cuspidata</i> Mart. ex Naudin	1	43,41	46,54
	<i>Miconia gratissima</i> Benth. ex Triana	4	-	-
	<i>Miconia</i> sp.1 Ruiz & Pav.	3	-	-
	<i>Miconia</i> sp.2 Ruiz & Pav.	8	-	-
<i>Miconia</i> sp.3 Ruiz & Pav.	1	-	-	
Meliaceae	<i>Trichilia</i> sp. P. Browne	1	43,16	48,17
Moraceae	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	1	36,15	46,48
	<i>Helicostylis lancifolia</i> Ducke	1	41,24	42,90
	<i>Helicostylis scabra</i> (J.F. Macbr.) C.C. Berg	1	-	-
Myristicaceae	<i>Iryanthera</i> sp. Warb.	1	37,78	49,04
	<i>Virola</i> cf. <i>guggenheimii</i> W.A. Rodrigues	1	42,94	46,93
	<i>Virola</i> sp. Aubl.	1	-	-
Solanaceae	<i>Solanum</i> sp. L.	1	*	*
Violaceae	<i>Rinorea</i> cf. <i>amapensis</i> Hekking	1	45,16	45,30
	<i>Rinorea racemosa</i> (Mart.) Kuntze	1	-	-

* material vegetal insuficiente para análise

Tabela 26: Lista de famílias e espécies para a categoria RN 4, número de indivíduos (N) e carbono percentual para raiz (R), caule (Ca) e folha (Fo) por espécie.

Família	Espécie	N	R	Ca	Fo
Annonaceae	<i>Annona</i> cf. <i>foetida</i> Mart.	1	34,55	44,60	46,92
	<i>Guatteria</i> cf. <i>olivacea</i> R.E. Fr.	2	46,19	45,49	45,68
	<i>Guatteria</i> sp. Ruiz & Pav.	2	44,44	45,72	46,00
	<i>Xylopia</i> cf. <i>polyantha</i> R.E. Fr.	2	46,03	47,26	51,70
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana</i> sp. L.	1	48,65	50,55	53,44
Bignoniaceae	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	1	40,55	45,93	49,98
Bombacaceae	<i>Scleronema micranthum</i> (Ducke) Ducke	1	44,10	46,71	47,87
Bursereaceae	<i>Trattinnickia</i> cf. <i>burserifolia</i> Mart.	3	39,01	44,23	44,40
	<i>Trattinnickia</i> cf. <i>burserifolia</i> Mart.	5	47,02	47,83	47,83
	<i>Protium</i> sp. Burm. F.	2	41,29	44,59	45,45
	<i>Protium</i> cf. <i>subserratum</i> (Engl.) Engl.	1	46,71	45,32	47,79
	<i>Protium</i> cf. <i>hebetatum</i> D.C. Daly	2	45,85	46,15	48,37
Caryocaraceae	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	3	43,64	44,44	46,77
Cecropiaceae	<i>Cecropia</i> cf. <i>concolor</i> Willd.	1	45,92	46,40	44,83
	<i>Cecropia</i> cf. <i>distachya</i> Huber	1	40,47	42,22	46,20
	<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	1	39,46	44,24	42,74
	<i>Cecropia</i> sp1. Loefl.	1	40,92	44,69	43,78
	<i>Cecropia</i> sp2. Loefl.	1	45,99	44,84	45,88
	<i>Pourouma</i> cf. <i>tomentosa</i> Mart. Ex Miq.	1	44,86	45,35	47,79
	<i>Pourouma ferruginea</i> Standl.	1	42,56	44,74	45,30
	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl. Ssp. <i>Guianensis</i>	1	46,72	45,95	45,05
	<i>Pourouma villosa</i> Trécul	1	44,83	45,04	45,02
Chrysobalanaceae	<i>Licania</i> sp. Aubl.	1	45,85	46,41	46,06
Clusiaceae	<i>Vismia</i> cf. <i>guianensis</i> (Aubl.) Pers.	2	47,71	49,97	54,28
	<i>Vismia</i> cf. <i>cauliflora</i> A.C. Sm.	1	51,17	50,79	49,45
	<i>Vismia cayennensis</i> (Jacq.) Pers.	2	43,86	45,65	47,20
Combretaceae	<i>Buchenavia</i> sp. Eichler	1	43,61	50,05	45,28
Euphorbiaceae	<i>Alchornea</i> sp. Sw.	1	42,99	45,35	46,19
	<i>Croton lanjouwensis</i> Jabl.	1	39,41	46,18	47,93
	<i>Croton lanjouwensis</i> Jabl.	1	45,44	45,38	48,06
	<i>Glycydendron amazonicum</i> Ducke	1	45,42	45,91	49,39
	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	1	41,55	46,04	47,75
	<i>Micrandropsis scleroxylon</i> (W.A. Rodrigues) W.A. Rodrigues	1	47,07	46,29	47,75
	<i>Sapium</i> sp. Jacq.	1	43,99	45,62	46,31
	<i>Alchorneopsis floribunda</i> (Benth.) Mull. Arg.	1	43,68	45,56	47,43
Goupiaceae	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	2	46,88	46,71	47,61
Humiriaceae	<i>Sacoglottis</i> sp. Mart.	1	48,83	49,31	47,48
Lauraceae	<i>Aniba canelilla</i> (Kunth) Mez	1	48,16	48,61	50,29
Leguminosae	<i>Inga</i> sp1. Mill.	2	40,95	45,29	47,85
	<i>Inga</i> sp2. Mill.	1	44,40	45,23	45,59
Malphiaceae	<i>Byrsonima</i> sp. Rich. ex Kunth	1	44,35	44,75	46,95
	<i>Byrsonima</i> cf. <i>crispa</i> A. Juss.	3	44,98	45,31	49,69
	<i>Byrsonima duckeana</i> W.R. Anderson	5	46,11	45,05	48,18

Contiuna

Tabela 26: Continuação.

Família	Espécie	N	R	Ca	Fo
Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp1. Ruiz & Pav.	2	45,63	46,14	48,37
	<i>Miconia</i> sp2. Ruiz & Pav.	3	45,14	46,21	45,28
	<i>Miconia gratissima</i> Benth. ex Triana	1	42,63	45,04	47,81
	<i>Miconia gratissima</i> Benth. ex Triana	1	55,25	44,96	45,89
	<i>Bellucia dichotoma</i> Cogn.	2	43,89	43,13	47,78
Moraceae	cf <i>Sorocea</i> sp. A. St.-Hil.	1	46,10	46,43	48,88
Myristicaceae	<i>Iryanthera</i> sp. Warb.	1	45,19	46,48	51,92
Myrtaceae	<i>Myrcia</i> sp. Dc. ex Guill.	1	45,01	48,07	46,45
	<i>Myrcia</i> cf. <i>fenestrada</i> DC.	1	45,56	46,12	45,85
Rhabdodendraceae	<i>Rhabdodendron</i> sp. Gilg & Pilg	1	46,91	45,75	45,17
Rubiaceae	<i>Kutchubaea</i> sp. Fisch. Ex Dc.	1	43,62	44,36	46,03
Salicaceae	<i>Casearia</i> sp. Jacq.	4	46,08	45,60	49,66
Tiliaceae	<i>Apeiba</i> sp. Aubl.	1	46,62	46,71	49,06
Violaceae	<i>Rinorea</i> cf. <i>amapensis</i> Hekking	1	47,91	48,31	46,43