

**The text that follows is a REPRINT  
O texto que segue é um REPRINT.**

Please cite as:  
Favor citar como:

**Fearnside, P.M. 1994. Biomassa das florestas Amazônicas brasileiras. pp. 95-124 In: R.L. Bandeira, M. Reis, M.N. Borgonovi & S. Cedrola (eds.) *Emissão × Seqüestro de CO<sub>2</sub>: Uma Nova Oportunidade de Negócios para o Brasil*. Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), Rio de Janeiro, Brazil. 221 pp.**

Copyright: Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), Rio de Janeiro, Brasil

The original publication is available from:  
A publicação original está disponível de:

Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), Rio de Janeiro, Brasil

Anais do Seminário



# EMISSÃO X SEQÜESTRO DE CO<sub>2</sub>

Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil

Rio de Janeiro - Maio de 1994



Companhia  
Vale do Rio Doce

# BIOMASSA DAS FLORESTAS AMAZÔNICAS BRASILEIRAS

## Resumo

O presente trabalho sintetiza o conhecimento atual sobre biomassa de florestas na Amazônia brasileira e apresenta um resumo de um cálculo para a média de biomassa total (inclusive a biomassa morta e subterrânea) em florestas originais sem exploração madeireira (*i.e.*, nunca derrubadas por populações não-indígenas de agricultores e pecuaristas). Esta média está estimada em 428 toneladas por hectare (*t/ha*) de matéria seca (50% da qual são carbono). As estimativas apresentadas aqui são derivadas de dados publicados sobre volumes de madeira de 2.954 ha de levantamentos de inventário florestal, distribuídos em toda a região. Estas estimativas de biomassa florestal são mais altas que aquelas que vêm sendo usadas em muitos cálculos globais sobre o carbono, inclusive as que foram adotadas pelo Relatório Suplementar de 1992 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). As principais explicações pelos valores mais baixos comumente usados são a omissão de vários componentes de biomassa e o uso de fatores de correção inapropriados para derivar os valores de biomassa a partir dos dados de inventário florestal. A estimativa resumida aqui, além de ser baseada em medidas da região, está fundamentada em um conjunto de dados florestais que é bastante maior, e também melhor distribuído espacialmente, do que qualquer um previamente disponível.

*Philip M. Fearnside*  
*Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA),*  
*Departamento de Ecologia*

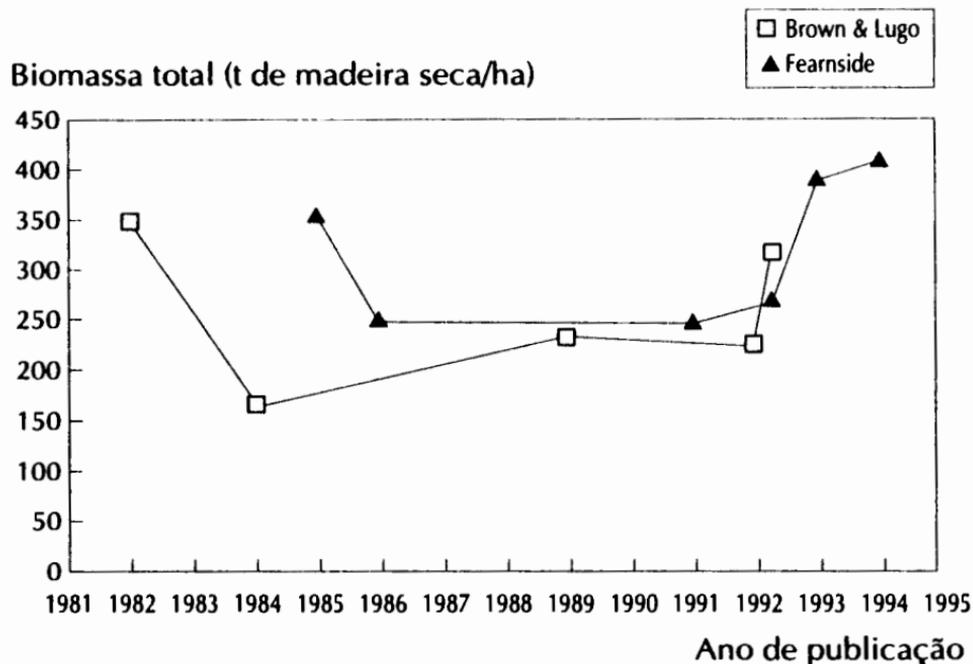
A biomassa inicial da vegetação é um fator importante que afeta a magnitude das emissões de gases do desmatamento. As estimativas de biomassa (Fearnside, s/d-a) resumidas no presente trabalho são baseadas em muito mais dados do que as estimativas anteriores. Os valores estimados para biomassa dos tipos florestais mais importantes são maiores por um fator de dois que o valor de 155,1 t/ha para biomassa total derivada por Brown e Lugo (1984) a partir de levantamentos de volume florestal feitos pela Organização de Alimentação e Agricultura (FAO), da ONU, para “florestas tropicais latifoliadas produtivas não-perturbadas das Américas”. O Relatório Suplementar de 1992 do IPCC (Watson *et al.*, 1992:33) optou por não revisar a estimativa para emissões provenientes de mudanças de uso de terra, de 1,6 gigatoneladas ( $Gt=10^9t$ )/ano de carbono(C) derivado na avaliação científica do IPCC de 1990 (Watson *et al.*, 1990:617). A estimativa do IPCC das emissões provocadas pelo desmatamento tropical é o ponto médio de faixa de valores de 0,6-2,5 Gt C/ano para emissões em 1980, relatada por Detwiler e Hall (1988), por Houghton *et al.* (1985, 1987, 1988) (Watson *et al.* 1990:11). A estimativa das emissões usada pelo IPCC para o extremo inferior da faixa de valores foi feita por Detwiler e Hall (1988) usando as estimativas da biomassa da floresta de Brown e Lugo (1984). Os próprios Brown e Lugo têm abandonado a sua estimativa de 1984, fazendo revisões em seus estudos posteriores que aumentaram a quantidade de biomassa por hectare (Brown *et al.*, 1989; Brown e Lugo, 1992a,b). O extremo superior da faixa de valores do IPCC foi tirado de um cálculo feito usando uma estimativa de biomassa total das florestas tropicais úmidas da América Latina equivalente a 352t/ha (Houghton *et al.*, 1987:134), que estes autores derivaram de Brown e Lugo (1982). Os dados da estimativa resumida no presente trabalho indicam que as florestas da Amazônia brasileira têm mais biomassa do que a quantidade estimada em qualquer outro desses estudos.

Mais biomassa implica maiores emissões de gases do efeito estufa a partir do desmatamento. Os estudos em que o IPCC baseou a sua estimativa usou taxas de desmatamento referindo-se ao ano de 1980. A parte brasileira da estimativa da taxa global de desmatamento tem o efeito de reduzir esta faixa, sendo que a estimativa “baixa” de desmatamento usou uma taxa maior que a usada na estimativa “alta”. A estimativa baixa de emissões (Detwiler e Hall, 1988:43) usou uma taxa

de desmatamento de Seiler e Crutzen (1980:223), que estimaram um mínimo de  $25 \times 10^3 \text{ km}^2/\text{ano}$  de desmatamento em florestas virgens na Amazônia. A estimativa alta de emissões (Houghton *et al.*, 1987) usou um valor de  $17 \times 10^3 \text{ km}^2/\text{ano}$  para as florestas da Amazônia brasileira, derivado de Fearnside (1984) com ajustes para cortes no cerrado (baseado em Brasil, IBGE, 1979:42). O valor de  $17 \times 10^3 \text{ km}^2/\text{ano}$  usado por Houghton *et al.* (1987) é, provavelmente, bem próximo ao valor real para a taxa de derrubada de floresta em 1980. A taxa anual de desmatamento na Amazônia brasileira aumentou de 1980 a 1987, tendo uma média de  $20 \times 10^3 \text{ km}^2/\text{ano}$  ao longo do período 1978-1988 (Fearnside, 1993a), e depois declinou até  $11 \times 10^3 \text{ km}^2/\text{ano}$  ao longo do período 1987-1991, principalmente devido à recessão econômica brasileira (Fearnside, 1993b). É importante não só que as estimativas de emissões de gases do efeito estufa estejam o mais próximo possível aos valores verdadeiros destas quantias, mas também que estejam corretas pelas devidas razões.

A biomassa das florestas na Amazônia tem sido o assunto de uma controvérsia prolongada, resumida na Tabela 1. Valores publicados para biomassa (na primeira coluna da tabela) muitas vezes escondem inconsistências incluídas nos itens, tais como os componentes subterrâneos e mortos. A segunda coluna reflete os ajustes para estas inconsistências, dando o equivalente de biomassa total. Os valores referem-se a várias diferentes categorias, tais como todas as florestas na região, florestas desmatadas no ano 1990 e florestas com ou sem os efeitos da exploração madeireira. Na Figura 1 são plotados os valores ajustados para a biomassa total em todas as florestas da região sem exploração madeireira. Os primeiros dois valores de Brown e Lugo são os que fornecem a base para a faixa de valores sobre emissões usada pelo IPCC. O primeiro valor (Brown e Lugo, 1982) é baseado em amostragem destrutiva, enquanto o segundo (Brown e Lugo, 1984) baseia-se em volumes florestais. Brown e Lugo (*e.g.* 1986, 1992a,b) têm alegado há muito tempo que a razão da amostragem destrutiva produzir valores consistentemente mais altos do que as suas estimativas volumétricas na estimativa resumida é em função dos ecólogos de campo serem tendenciosos na sua escolha de locais de estudo, pouco representativos por serem mais densos e menos perturbados que a média real. As estimativas volumétricas na estimativa resumida no atual trabalho, no entanto, estão em boa concordância com os resultados destrutivos existentes, e indicam que os resultados dos estudos volumétricos de Brown e Lugo são mais baixos principalmente devido a erros e omissões na conversão de dados de inventários florestais em biomassa.

# Controvérsia sobre biomassa (florestas sem exploração madeireira)



**Figura 1.** Controvérsia sobre biomassa: estimativas para florestas não-exploradas para madeira na Amazônia brasileira por Brown e Lugo (quadrados abertos) e por Fearnside (triângulos sólidos)

**TABELA 1** Controvérsia sobre biomassa da Floresta Amazônica

<b>Biomassa</b> (valor publicado) (t/ha)	<b>Biomassa total equivalente</b> (incluindo componentes omitidos no valor publicado) (t/ha)	<b>Fonte</b>
352	352	Brown e Lugo, 1982 (calculado por Houghton <i>et al.</i> , 1987)
155.1	166	Brown e Lugo, 1984
362	362	Fearnside, 1985
254	254	Fearnside, 1986, 1987
169.68	241	Brown <i>et al.</i> , 1989
247 (a) / 211 (b)	247 (a) / 211 (b)	Fearnside, 1991
162 (c,e) / 268 (d,e)	230 (c,e) / 380 (d,e)	Brown e Lugo, 1992b
227 (c,e) / 289 (d,e)	322 (c,e) / 410 (d,e)	Brown e Lugo, 1992a
272 (a) / 320 (e)	272 (a) / 320 (e)	Fearnside, 1992
397 (a) / 375 (f)	397 (a) / 375 (f)	Fearnside <i>et al.</i> , 1993
428 (a,g) / 402 (f,g)	428 (a,g) / 402 (f,g)	Fearnside, s/d-a/ Fearnside e Bliss, s/d
428 (a,h) / 376 (f,h)	428 (a,h) / 376 (f,h)	Fearnside, s/d-d

(a)Todas as florestas na Amazônia Legal brasileira

(b)Florestas sendo desmatadas em 1988 na Amazônia Legal brasileira

(c)Dados do Projeto RADAMBRASIL

(d)Dados da FAO

(e)Apenas florestas densas

(f)Florestas sendo desmatadas em 1990 na Amazônia Legal brasileira

(g)Biomassa antes da exploração madeireira

(h)Biomassa depois da exploração madeireira

## Tipos de vegetação na Amazônia

A Amazônia Legal cobre uma área de  $5 \times 10^6$  km<sup>2</sup>, ou 62% da superfície do Brasil (Figura 2). Os diferentes tipos de vegetação original presentes na Amazônia Legal estão resumidos na Tabela 2, e a área de cada um é apresentada por Estado na Tabela 3. Estas áreas têm sido mensuradas (Fearnside e Ferraz, s/d) de uma versão digitalizada do mapa em escala 1:5.000.000 de vegetação do Brasil, publicado pelo Instituto Brasileiro do Desenvolvimento Florestal (IBDF, posteriormente incorporado ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis-IBAMA) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (Brasil, IBDF/IBGE, 1988). A legenda do mapa IBDF/IBGE (IBAMA), usado no presente trabalho, indica 28 tipos de vegetação na Amazônia Legal, dos quais 19 são considerados aqui como sendo florestas. Esta é uma definição abrangente de floresta, incluindo todos os ecótonos entre uma floresta e um tipo não-florestal de vegetação, tal como o cerrado. Os cerrados do platô central brasileiro interdigitam com o limite sul da floresta, especialmente nos Estados de Mato Grosso, Tocantins e Maranhão. Assim definida, a área de floresta presente de acordo com o mapa totaliza  $3,7 \times 10^6$  km<sup>2</sup>, ou 74% dos  $5 \times 10^6$  km<sup>2</sup> da Amazônia Legal. A área originalmente florestada totaliza  $3,8 \times 10^6$  km<sup>2</sup>. As áreas que originalmente eram florestas e não florestas, de acordo com esta definição, estão mapeadas na Figura 3.

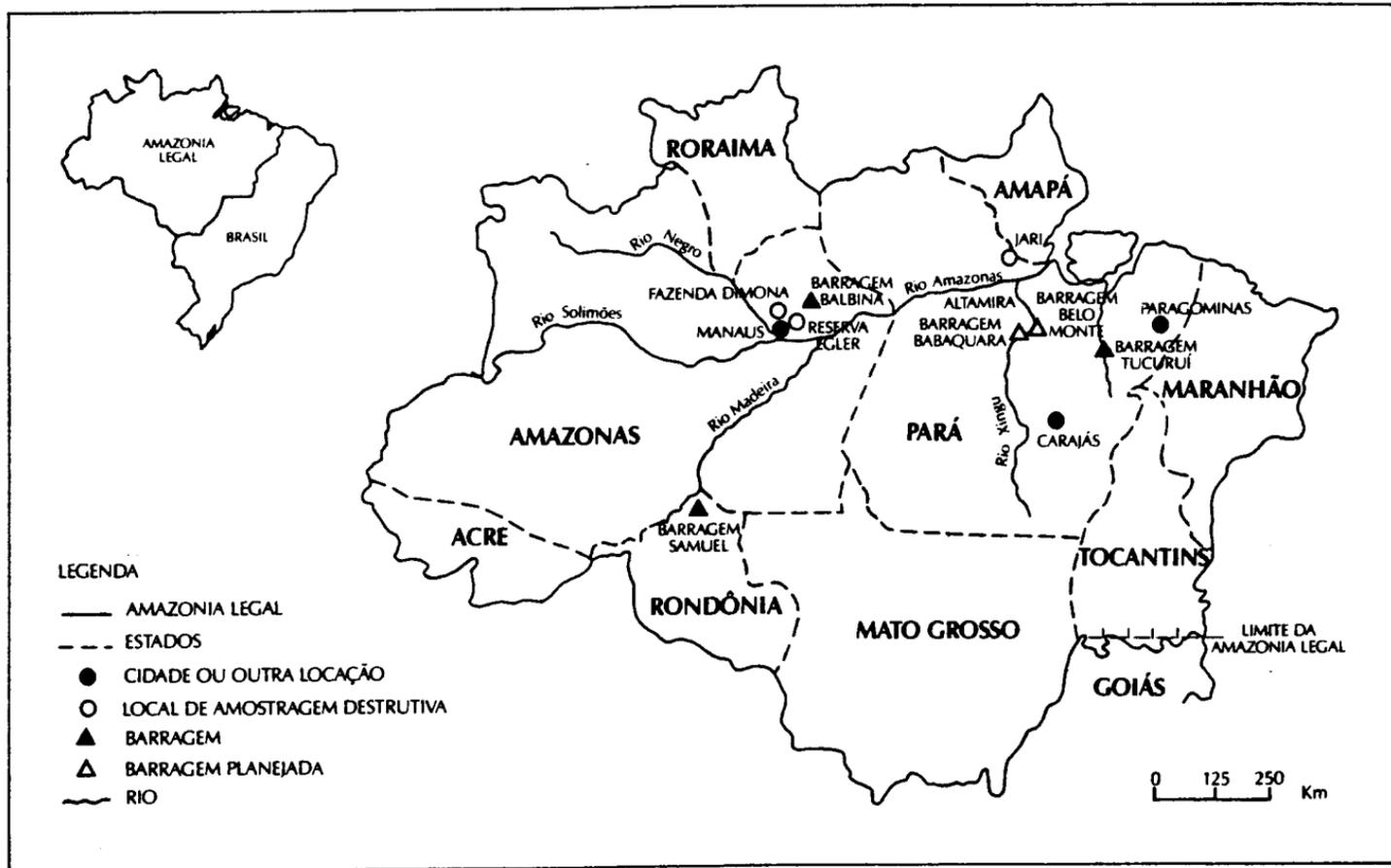


Figura 2. A Amazônia Legal brasileira com os locais mencionados no texto

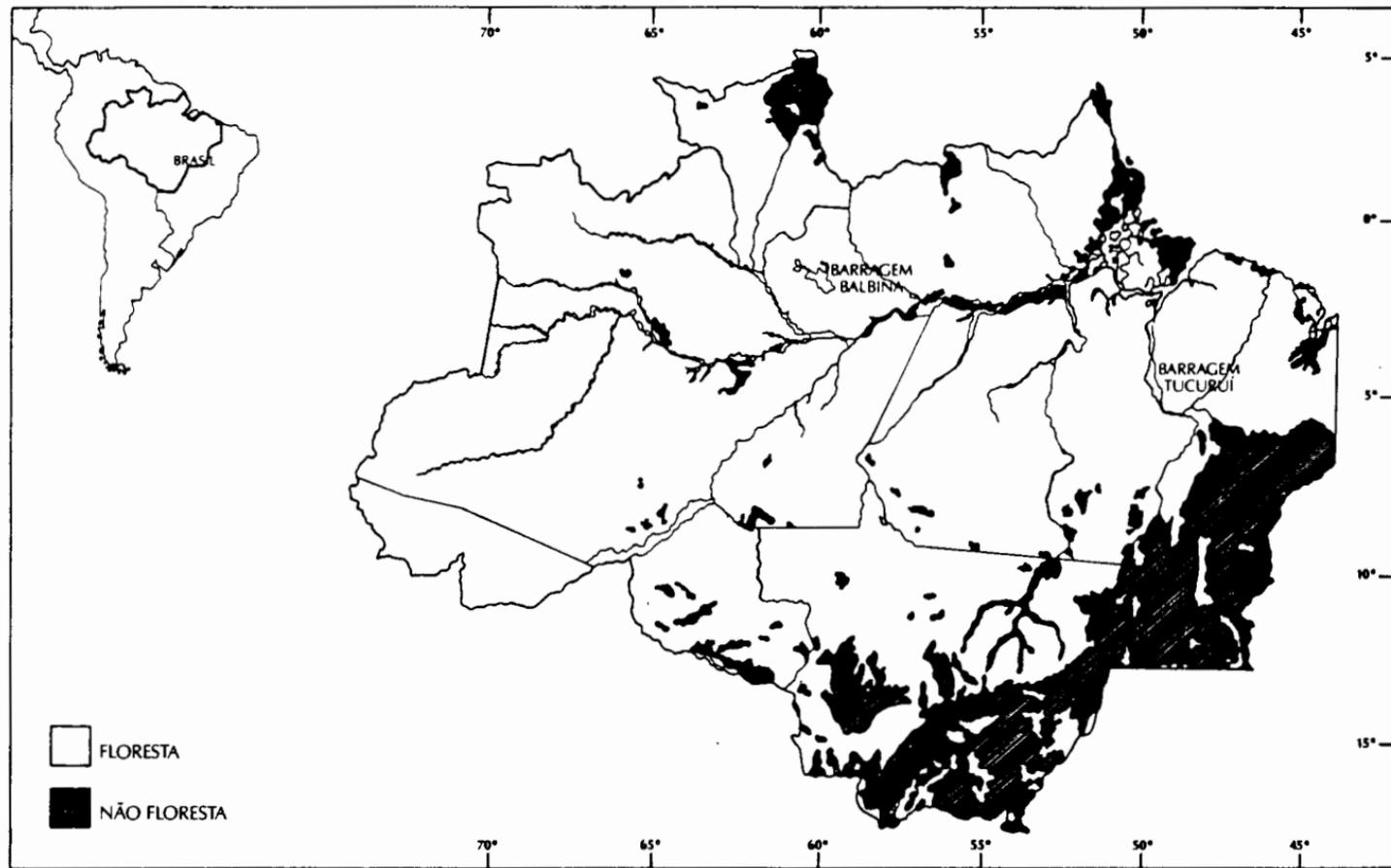


Figura 3. Floresta e não floresta na Amazônia Legal brasileira (Fonte: Fearnside e Ferraz, s/d)

**TABELA 2** Tipos florestais na Amazônia brasileira

Categoria	Código	Grupo	Subgrupo	Classe	
Floresta densa	Da-0	floresta ombrófila	densa floresta	amazônica	aluvial
	Db-0	floresta ombrófila	densa floresta	amazônica	terras baixas
	Dm-0	floresta ombrófila	densa floresta	amazônica	montana
	Ds-0	floresta ombrófila	densa floresta	amazônica	submontana
Floresta não-densa	Aa-0	floresta ombrófila	aberta		aluvial
	Ab-0	floresta ombrófila	aberta		terras baixas
	As-0	floresta ombrófila	aberta		submontana
	Cs-0	floresta estacional	decidual		submontana
	Fa-0	floresta estacional	semidecidual		aluvial
	Fs-0	floresta estacional	semidecidual		submontana
	La-0	veg. lenhosa oligotrófica	e áreas arenosas		arbórea aberta
	Ld-0	veg. lenhosa oligotrófica	e áreas arenosas		arbórea densa
	Lg-0	veg. lenhosa oligotrófica	e áreas arenosas		gramíneo-lenhosa
	LO-0	Áreas de tensão ecológica e contato			Vegetação lenhosa dos pântanos e de áreas arenosas-floresta ombrófila
	ON-0	Áreas de tensão ecológica e contato			Floresta ombrófila-floresta estacional
	Pf-0	Área das formações pioneiras			influência fluviomarina
	SM-0	Áreas de tensão ecológica e contato			savana-floresta ombrófila densa
	SN-0	Áreas de tensão ecológica e contato			savana-floresta estacional
	SO-0	Áreas de tensão ecológica e contato			savana-floresta ombrófila

**TABELA 3** Área originalmente presente de cada ecorregião florestal na Amazônia Legal brasileira (a)

<b>Categoria</b>	<b>Código</b>	<b>Acre</b>	<b>Amapá</b>	<b>Amazonas</b>	<b>Maranhão</b>	<b>Mato Grosso</b>	<b>Pará</b>	<b>Rondônia</b>	<b>Roraima</b>	<b>Tocantins/ Goiás</b>	<b>Total presente</b>	
Floresta densa	Da-0		9.011	164.876			76.570	2.704	3.326	2.610	259.097	
	Db-0	16.408	2.184	615.203	22.586		164.091	2.066	10.248		832.786	
	Dm-0		113	10.181			3.418		20.661		34.373	
	Ds-0	518	99.220	178.103	1.988	23.154	413.345	14.607	83.692	3.055	817.682	
	Subtotal	16.926	110.528	968.363	24.574	23.154	657.424	19.377	117.927	5.665	1.943.938	
Floresta não-densa	Aa-0	10.591		65.748				2.273			79.417	
	Ab-0	114.380		211.052			805	41.064			366.496	
	As-0			37.555		124.620	286.271	77.794	8.430	1.216	535.886	
	Cs-0				3.666	736	5.386			115	9.903	
	Fa-0					3.554					3.554	
	Fs-0					24.317		7.718	1.041	1.328	34.404	
	La-0			14.979					970		15.949	
	Ld-0			37.405					10.967		48.372	
	Lg-0			9.663					9.767		19.430	
	LO-0			172.607					30.184		202.791	
	ON-0					168.069	2.991	4.801	3.045		178.906	
	Pf-0		1.823			2.089	3.894				7.806	
	SM-0					384					384	
	SN-0			1.082		6.570	142.778	27.812	4.781	904	14.465	198.392
	SO-0		4.226	27.350			22.124	59.734	21.932	4.286	6.551	146.203
	Subtotal	124.917	6.049	577.441	12.709	486.198	386.893	160.863	69.594	23.675	1.847.893	
Total todas as florestas	141.897	116.577	1.545.804	37.283	509.352	1.044.317	179.740	187.521	29.340	3.791.831		

(a) Áreas em km<sup>2</sup> medidas a partir do mapa do IBAMA (Brasil, IBGE e IBDF, 1988). Estas áreas não refletem as perdas devido aos desmatamentos recentes.  
 Fonte: Fearnside e Ferraz, s/d

Como a Amazônia Legal é muito grande, com cada um dos seus Estados sendo do tamanho de países em muitas partes do mundo, a vegetação com o mesmo código na legenda do mapa em diferentes Estados não pode ser presumida a ter a mesma biomassa. Considerando cada tipo de vegetação em cada Estado como uma unidade separada, aqui designada “ecorregiões”, existe um total de 111 diferentes ecorregiões na Amazônia Legal, dos quais 78 são “floresta”.

## **Volume florestal**

A carga de biomassa (biomassa por hectare) de diferentes tipos de floresta foi estimada a partir de inventários florestais em dois grandes levantamentos, um realizado pelo Projeto RADAMBRASIL em 1970 (Brasil, Projeto RADAMBRASIL, 1973-1983) e um pela FAO, nos anos 50 (Glerum, 1960; Heinsdijk, 1957, 1958a,b,c). Quase 90% dos dados foram tirados dos levantamentos do Projeto RADAMBRASIL, com medidas das árvores até um diâmetro mínimo à altura do peito (DAP) de 31,8 cm; o restante foi dos levantamentos da FAO, com medidas até um mínimo de 25 cm DAP. Quase todos os dados da FAO e do RADAMBRASIL foram de quadras de amostragem de 1 ha. Os dados originais são espalhados através dos mais de 50 volumes que compõem estes estudos. O estudo do RADAMBRASIL é um verdadeiro labirinto, com o código de tipo de vegetação mudando de um volume para outro; seus mapas de vegetação foram desenhados em escala de 1:250.000 e publicados em escala 1:1.000.000. A classificação da vegetação para estes mapas é mais detalhada que para o mapa em escala 1:5.000.000 do IBDF/IBGE (IBAMA), usado na estimativa resumida no presente trabalho (Tabela 2). As classificações da vegetação utilizadas pela FAO e pelo RADAMBRASIL foram traduzidas para o código do IBAMA, e dados com inconsistências não resolvidas foram descartados.

## Cálculo de biomassa a partir de volume florestal

Todos os valores para biomassa dados aqui e em outras partes se referem ao peso seco com a biomassa seca na estufa. A não ser que sejam explícitos de outra forma, todos os valores se referem à biomassa total, inclusive as partes acima e abaixo do solo, bem como vegetação morta (mas não o carbono do solo). Todas as frações da biomassa são incluídas (folhas, árvores pequenas, cipós, sub-bosques etc.). Os valores são expressos em termos de biomassa, em vez de carbono (o conteúdo de carbono da biomassa é 50%).

Os parâmetros usados para derivar as estimativas de biomassa constam na Tabela 4. Deve ser notado que estes parâmetros levam a valores estimados de biomassa substancialmente superiores aos valores derivados por Brown e Lugo (1992a), usando dados da FAO e um resumo de uma parte dos dados do RADAMBRASIL cobrindo a parte norte da região. A diferença é, em grande parte, devido aos componentes da biomassa omitidos nas estimativas de Brown e Lugo, incluindo palmeiras, cipós, árvores menores de 10 cm DAP, biomassa morta e biomassa subterrânea (ver Fearnside, 1992, 1993c). Todos estes componentes devem ser acrescentados às estimativas de biomassa para uso nas estimativas dos estoques de carbono, para os quais são utilizados cálculos de gases provocadores do efeito estufa.

**TABELA 4** Parâmetros para derivação de estimativas de biomassa a partir de dados de RADAMBRASIL e FAO sobre volume florestal

Fator	Multiplicador	Fonte
Cálculo do volume de madeira de fuste para árvores de DAP > 10 cm:		
Fator de expansão de volume (30-10 cm DAP) (RADAMBRASIL)	1.25	Brown e Lugo, 1992a (c)
Fator de expansão de volume (25-10 cm DAP) (FAO)	1.22	Brown e Lugo, 1992 (a)
Conversão do volume de madeira de fuste para biomassa:		
Densidade da madeira (densidade básica)	0.69	Fearnside, s/d-c. (d)
Fator de expansão de biomassa	nota (a)	Brown e Lugo, 1992a (e)
Ajustes a biomassa viva acima do solo (b):		
Árvores ocas	0.9077	Fearnside, 1992 (f)
Cipós	1.0425	Fearnside, 1992 (g)
Outros componentes não-arbóreas	1.0021	Fearnside, 1992 (h)
Palmeiras	1.0350	Fearnside, 1992 (i)
Árvores < 10 cm DAP	1.1200	Fearnside, 1992 (j)
Árvores 30-31.8 cm DAP	1.0360	Fearnside, 1992 (k)
Casca (volume & densidade)	0.9907	Fearnside, s/d-c (l)
Alburno (volume & densidade)	0.9948	Fearnside, s/d-c (m)
Fator de forma	1.1560	Fearnside, 1992 (n)
Ajustes para outros componentes (b):		
Biomassa morta acima do solo	1.0860	Tabela 5 (o)
Biomassa abaixo do solo	1.2914	Tabela 6 (p)

(a) Fator de expansão da biomassa (FEB) de Brown e Lugo, 1992a:  $FEB = \text{Exp}(3.213 - (0.506 \ln(BP)))$  para BP = 190 t/ha; 1.74 para BP = 190 t/ha, onde BP = biomassa do povoamento em t/ha para árvores > 10 cm DAP. BP = densidade da madeira x volume da madeira

Volume da madeira = volume publicado pelo RADAMBRASIL ou FAO, multiplicado pelo fator de expansão de volume apropriado

(b) Os ajustes à biomassa viva acima do solo são com respeito a valores de biomassa, como definido por Brown e Lugo, 1992a (madeira de fuste viva > 10 cm DAP), enquanto os ajustes para outros componentes são com respeito à biomassa viva acima do solo depois das correções acima

(c) Para floresta densa: 80% do volume de árvores > 10 cm DAP estão em árvores > 30 cm DAP. Floresta não-densa = 1.50 (67% do volume > 30 cm DAP)

(d) 21 parcelas de 1 ha no Pará, por Heinsdijk, 1958a,b; uma parcela de 0.08 ha perto de Manaus por Prance *et al.*, 1976

(e) Todos os casos (pan tropical) revisado em Brown *et al.*, 1989

(f) Calculado por N. Higuchi, comunicação pessoal, 1991

(g) Fearnside *et al.*, s/d-b, s/d-c. Revilla Cardenas, 1986, 1987, 1988

(h) Klinge *et al.*, 1975

(i) Klinge *et al.*, 1975; Fearnside *et al.*, s/d-a

(j) Jordan e Uhl, 1978. Obs.: uma contribuição mais baixa deste fator tem sido encontrada na Guiana Francesa, onde 2.38% da biomassa acima do solo estão em árvores de DAP < 10 cm (Lescure *et al.*, 1983:245)

(k) Brasil. Projeto RADAMBRASIL, 1973: Vol.5, p.IV/12

(l) Densidade: D.A. da Silva, comunicação pessoal, 1991; peso: Revilla Cardenas, 1986:38, 1987:51, 1988:76-77

(m) 13 espécies no Jari (Reid Collins e Associates Ltd., 1977); 15 espécies em Manaus (INPA, CPPF, dados não publicados)

(n) Fatores de forma por classe de diâmetro em 309 árvores em Manaus: N. Higuchi *et al.*, dados não publicados; classes de diâmetro: Coic *et al.*, 1991

(o) Klinge *et al.*, 1975; Revilla Cardenas, 1986:39, 1987:51; 1988:76-77; Martinelli *et al.*, 1988

(p) Klinge *et al.*, 1975 (Manaus); Russell, 1983 (Jari); D. Nepstad, dados não publicados (Paragominas)

Medidas diretas da distribuição entre componentes da biomassa florestal acima do solo são necessárias para identificar fatores que estimem componentes, tais como cipós, sub-bosque, liteira e madeira morta. Dados disponíveis a partir de medidas diretas são apresentados na Tabela 5. A biomassa subterrânea foi derivada dos poucos estudos disponíveis, apresentada na Tabela 6. Os componentes subterrâneos incluem os “fustes subterrâneos” (o “peão” diretamente embaixo das árvores) e as raízes abaixo da profundidade de 1 m, baseado em dados preliminares de Daniel Nepstad (comunicação pessoal, 1993). Valores anteriores para biomassa subterrânea têm sido subestimativas porque praticamente todas as mensurações disponíveis têm sido restritas a trincheiras cavadas entre as árvores, normalmente até uma profundidade de 1 m.

A biomassa total foi derivada para cada uma das aproximadamente 3 mil amostras de volume florestal, e a média para cada ecorregião foi calculada (Fearnside s/d-a). Das 78 ecorregiões florestadas, 44 (56%) têm dados disponíveis nos estudos do RADAMBRASIL e da FAO sobre volume florestal, e 34 (44%) não têm dados. Felizmente, a maioria das ecorregiões sem dados é de importância relativamente pequena do ponto de vista de emissões atuais de gases do efeito estufa. Estas, totalizam 21,5% da biomassa estimada a ter sido derrubada em 1990. Da biomassa estimada sem dados provenientes da mesma ecorregião, mais da metade é composta por apenas três ecorregiões: floresta aberta ombrófila submontanha (As-0) em Mato Grosso, este mesmo tipo florestal em Rondônia, e o ecótono entre savana e floresta estacional (SN-0) em Tocantins. Para as ecorregiões sem nenhuma medida de volume florestal, a biomassa média para as áreas amostradas dentro do mesmo tipo de vegetação (em outros Estados) é usada como substituto. Para cinco dos 19 tipos florestais, nenhuma medida existe para qualquer Estado. Dez das 34 ecorregiões sem dados caem nesta categoria. Todos estas estão na categoria de floresta “não-densa” e, felizmente, nenhuma representa uma ecorregião importante do ponto de vista de emissões de gases. A média para as áreas amostradas em florestas não-densas foi utilizada como substituto para estes nove valores. O tipo de vegetação sem nenhuma amostra em qualquer Estado representa apenas 1% da biomassa estimada a ter sido derrubada em 1990; desta pequena quantia, 73,4% ficam em um único tipo de vegetação (mangues: Pf-0). A biomassa média por hectare varia entre Estados e entre tipos florestais. A média ponderada por área é 428 t/ha para todos os tipos de floresta, sendo 463 t/ha para florestas densas e 392 t/ha para florestas não-densas.

TABELA 5 Medidas diretas de biomassa florestal e os seus componentes

Local	Estado	Descrição da floresta	Peso seco do componente (t/ha)							Porcento de peso seco de biomassa viva acima do solo (%)							Total de peso seco acima do solo (t/ha)	Porcento de cipos no total de biomassa acima do solo (%)	Área de levantamento direto	Fonte		
			Biomassa viva acima do solo	Casca	Cipos	Tapete de ramos	Sub-bonque	Madeira morta (madeira+folhas)	Lixeira	Total morto (madeira+lixeira)	Casca	Cipos	Tapete de ramos	Sub-bonque	Madeira morta (madeira+folhas)	Lixeira					Total morto (madeira+lixeira)	
CATEGORIA FLORESTAS DENSAS																						
UHE Belo Monte (1)	PA	cielar densa	180.1	11.76	2.81	3.34	5.55	11.17	8.29	19.46	6.32	1.51	1.79	2.98	0.00	4.45	10.46	205.6	1.37	625 m <sup>2</sup>	(a)	
UHE Samuel	RO	densa de terra firme	387.80	44.24	4.59	1.96	12.96	1.68	13.56	15.24	11.41	1.18	0.51	3.34	0.43	3.50	3.93	403.1	1.14	625 m <sup>2</sup>	(b)	
UHE Babaquara	PA	cielar densa	297.38	19.55	9.74	4.01	9.58	12.32	10.5	22.82	6.57	3.28	1.35	3.22	4.14	3.53	7.67	320.2	3.04	2,500 m <sup>2</sup>	(c)	
UHE Babaquara	PA	densa de terra firme	198.27	9.08	9.02	1.34	9.15	8.87	12.31	21.18	4.58	4.55	0.68	4.01	4.47	6.21	10.68	219.5	4.11	1,875 m <sup>2</sup>	(c)	
Reserva Egler	AM	densa de terra firme	357		21.85			25.8	7.2	33.00			0.12		7.23	2.02	9.24	390	5.60	2,000 m <sup>2</sup>	(d)	
Fazenda Dimona	AM	densa de terra firme			8.1													374.4	2.16	600 m <sup>2</sup>	(e)	
Fazenda Dimona	AM	densa de terra firme			10.8													264.6	4.08	360 m <sup>2</sup>	(f)	
Altamira	PA	densa de terra firme			32.21													282.9	11.38	900 m <sup>2</sup>	(g)	
UHE Samuel	RO	submontana latifoliada aberta	303					27	10	37					8.91	3.30	12	340			(h)	
MEDIA. TODOS OS DADOS (j):			288.27	21.16	12.39	2.00	9.31	14.47	10.31	24.78	7.91	2.45	1.00	3.48	5.02	3.58	8.60	350.0	3.73			
MEDIA. DADOS COMPLETOS (j):			288.27					14.47	10.31	24.78												
CATEGORIA FLORESTAS NÃO-DENSAS																						
UHE Belo Monte (1)	PA	Aberta de terra firme	126.05	0.45	2.87	3.55	5.00	7.46	9.53	16.99	5.12	2.28	2.82	4.75	5.92	7.50	13.48	143.04	2.01	625 m <sup>2</sup>	(b)	
UHE Samuel	RO	"mata de barco" (floresta aberta de terra firme em terra mal-drenada)	362.45	10.48	10.77	10.0	2.59	5.52	5.35	10.87	4.55	2.97	2.92	0.71	1.52	1.48	3.00	373.32	2.88		(a)	

(a) Revilla Cardenas, 1987

(b) Revilla Cardenas, 1986

(c) Revilla Cardenas, 1988

(d) Klinge *et al.*, 1975(e) Fearnside *et al.*, 1993(f) Fearnside *et al.*, s.d-c(g) Fearnside *et al.* s.d-b(h) Martinelli *et al.*, 1988

(i) Anteriormente chamada de Usina Hidroelétrica (UHE) Kararaó.

(j) Média simples das quantidades absolutas; média ponderada das porcentagens

TABELA 6 Biomassa abaixo do solo em florestas amazônicas(a)

Local	Viva acima do solo (t/ha)	Total acima do solo (t/ha)	Abaixo do solo entre as árvores (t/ha)	Abaixo do solo fuste e raízes profundas (t/ha) (b)	Biomassa total aproximada abaixo do solo (t/ha)	Biomassa total (t/ha)	Razão raiz/ caule (viva + morta)	Abaixo do solo por cento da biomassa total (%)	Abaixo do solo por cento da biomassa viva (%)	Fonte
Manaus, Amazonas	357	390	122.5	74	196	586	0.50	33.4	35.4	(c)
Jari, Pará	368.91	393.24	56.96	34	91	484	0.23	18.8	19.8	(d)
Paragominas, Pará	336	378	45	23	68	446	0.18	15.2	16.7	(e)
Média	354	387	75	45	120	505	0.31	25.3	24.2	

(a) Valores grifados são publicados pelos autores citados; outros valores são calculados

(b) Fuste subterrâneo calculado como 50% e raízes abaixo de 1 m de profundidade como 10% em relação às estimativas entre as árvores até 1 m de profundidade. Isto é baseado em resultados preliminares de Paragominas e Porto Trombetas, Pará (D. Nepstad, comunicação pessoal, 1993)

(c) Klinge *et al.*, 1975; Klinge e Rodrigues, 1973

(d) Russell, 1983:29; tapete de raízes (12.49 t/ha) considerado como abaixo do solo.

Liteira (5.66 t/ha) e "cipós e raízes superficiais" (3.46 t/ha) considerados como acima do solo

(e) Uhl *et al.*, 1988 para componentes acima do solo, exceto raízes acima do solo (30 t/ha) (D. Nepstad, comunicação pessoal, 1991 citado por I.F. Brown *et al.*, 1992); biomassa abaixo do solo entre as árvores é D. Nepstad (comunicação pessoal, 1994). Isto se refere às raízes entre as árvores até 9 m de profundidade (outras estimativas para raízes entre as árvores são até 1 m). O valor calculado para "abaixo do solo fustes e raízes profundas" apresentado para Paragominas se refere apenas aos fustes subterrâneos. A estimativa de Paragominas, assim como as outras estimativas, ignoram os "fustes subterrâneos" diretamente abaixo das árvores: apenas as raízes que estendam lateralmente no solo de cada árvore são amostradas (D. Nepstad, comunicação pessoal, 1992)

## Biomassa do cerrado

Os cálculos de biomassa resumidos anteriormente se aplicam apenas às florestas. Áreas não-florestadas, sujeitas à atividade de desmatamento, podem ser presumidas a ter a biomassa do cerrado - derivada de levantamentos do volume de lenha (Tabela 7), em vez dos 120 ha de dados sobre volume florestal do RADAMBRASIL disponíveis para tipos de vegetação não-florestal. A média das três estimativas disponíveis para lenha no cerrado corresponde a uma biomassa total de 45 t/ha.

**TABELA 7** Biomassa de cerrado derivada de estimativas de volume de lenha

Local	Volume de lenha (esteres/ha) (t/ha) (a)	Peso seco de lenha (t/ha) (b)	Biomassa acima do solo (t/ha) (c)	Biomassa total (d)	Fonte para volume de lenha
Grande Carajás	120	47	52	82	Brasil, PGC/CODEBAR/SUDAM, 1986:70. Estimativa para "cerrado"
Mato Grosso (parte central)	25	10	11	17	Brasil, Projeto RADAMBRASIL, 1982. Vol.26, p.445. A partir de 54 ha de medidas de área basal em "campo cerrado"
Mato Grosso (parte sul)	54	21	24	37	Brasil, Projeto RADAMBRASIL, 1982. Vol. 26, p.445. A partir de 44 ha de medidas de área basal em "campo cerrado"
Média	66	26	29	45	

(a) Esteres são m<sup>3</sup> de lenha empilhada, incluindo os espaços de ar entre as peças

(b) 390 kg de peso/estere para cerrado no Carajás (Brasil, PGC/CODEBAR, 1986: 70)

(c) Presume multiplicador de 1.12 para a fração 0-10 cm usado para floresta, e que a lenha tem diâmetro >10 cm

(d) Presume biomassa subterrânea = 36% da biomassa total (valor usado por Seiler e Crutzen, 1980 para "scrubland")

A maioria da área de vegetação original não-florestada (*i.e.*, antes dos assentamentos recentes de europeus) é cerrado; outros tipos ocupam áreas relativamente pequenas. Nove tipos não-florestais de vegetação ocorrem na região de acordo com o mapa em escala 1:5.000.000 de IBDF/IBGE (IBAMA) (Fearnside e Ferraz, s/d).

Uma quantidade considerável de confusão tem prevalecido no uso de valores para biomassa em cálculos de aquecimento global, muitas vezes como resultado do uso de dados publicados para uma parte específica da biomassa (por exemplo, a biomassa viva acima do solo) como a medida para a biomassa total. A Tabela 8 resume as relações entre as diferentes medidas de biomassa, baseado nos dados disponíveis da Amazônia brasileira - isto tem se mostrado bastante útil para manter claras as relações entre estas quantias.

**TABELA 8** Percentagens médias dos componentes da biomassa, baseadas em dados disponíveis da Amazônia brasileira (a)

Relação	Acima do solo			Total	Abaixo do solo	Total viva	Total (viva+morta)
	Viva fina	Liteira morta	Outra				
Quantidade relativa à biomassa viva acima do solo	100.00	3.58	5.02	108.60	33.59	133.59	142.18
Quantidade relativa à biomassa total acima do solo	92.08	3.29	4.62	100.00	30.93	123.07	130.93
Quantidade relativa à biomassa viva total	74.73	2.67	3.75	81.15	27.27	100.00	106.42
Quantidade relativa à biomassa total	70.22	2.51	3.53	76.26	22.56	93.88	100.00

(a) Baseado nos dados das Tabelas 5 e 6

A estimativa de biomassa resumida no atual trabalho se refere à biomassa total, inclusive componentes subterrâneos e mortos. Esta é a medida de biomassa mais relevante aos cálculos de aquecimento global que envolvam a comparação entre o estoque de carbono na biomassa da floresta e o estoque na vegetação que substitui a floresta.

Mesmo quando a confusão de comparar uma medida de biomassa com outra está eliminada, as estimativas de biomassa (Fearnside, s/d-a) são mais altas que outras. Isto acontece por várias razões. É mais alta que a

estimativa de Brown e Lugo (1984) devido aos fatores usados para calcular o volume a partir das medidas originais de diâmetros das árvores, e para calcular a biomassa a partir do volume. A estimativa de Brown e Lugo (1984) foi baseado nos inventários da FAO para volume de madeira de árvores superiores a 25 cm DAP. Usando a mesma metodologia, cálculos a partir dos dados originais indicam que apenas uma das 16 localidades tinha um valor para biomassa tão baixo como o valor médio de 155,1 t/ha (Fearnside, 1986, 1987).

A estimativa resumida aqui é mais alta que a estimativa de S. Brown *et al.* (1989) em virtude das várias correções necessárias, das quais o fator de forma é o maior (Tabela 4). S. Brown *et al.* (1989) revisaram os seus valores anteriores (Brown e Lugo, 1984) para cima em 28-47%, principalmente como resultado de uma correção melhorada para a biomassa em componentes de diâmetro pequeno, que não foram medidos diretamente nos levantamentos originais de volume de madeira feitos pela FAO, e como resultado de uma estimativa mais alta para a densidade média da madeira. Um ajuste adicional para cima é necessário devido a fatores omitidos da estimativa de S. Brown *et al.* (1989:898), incluindo raízes, palmeiras, cipós, caules <10 cm DAP e biomassa morta. Os autores calculam uma biomassa viva média acima do solo de 169,68 t/ha para florestas latifoliais não-perturbadas da América Tropical (S. Brown *et al.*, 1989), que é equivalente a 227 t/ha de biomassa viva total se for usado um fator de conversão de 1,34 (da Tabela 8, baseado em estudos revisados em Fearnside *et al.*, 1993) ou 197 t/ha se calculado com o fator de 1,16 usado por S. Brown *et al.* (1989:898). A inclusão de biomassa morta elevaria o total de 227 a 241 t/ha (baseado na Tabela 8). As aplicações da estimativa de S. Brown *et al.* (1989) em cálculos globais de carbono (*e.g.* Houghton, 1989, 1991) não têm incluído ajustes para as frações omitidas da biomassa (Tabela 8) que, junto com ajustes para o fator de forma e outras considerações (Tabela 4), aumentam o total de biomassa presente para aproximadamente 71%. Por outro lado, deve ser notado que o efeito é compensado nestas estimativas específicas por terem usado uma estimativa de desmatamento (Myers, 1989, 1990, 1991) que superestima a taxa no Brasil por um fator de dois (ver Fearnside, 1990a).

Brown e Lugo (1992b) recentemente derivaram uma estimativa de 162 t/ha, subseqüentemente revisada para 227 t/ha (Brown e Lugo, 1992a), como a biomassa viva média acima do solo de florestas densas na Amazônia

brasileira, baseados em dados sobre volume florestal dos inventários do Projeto RADAMBRASIL (Brasil, Projeto RADAMBRASIL, 1973-1983). Vários fatores não considerados por Brown e Lugo indicam a necessidade de ajustar para cima esta estimativa (Fearnside, 1992; ver Brown e Lugo, 1992c; Fearnside, 1993c). Por outro lado, Sombroek (1992) acredita que a estimativa de Brown e Lugo (1992a) deve ser revisada para baixo em função dos tipos não-florestados de vegetação excluídos dos levantamentos do RADAMBRASIL, e porque as equipes de levantamento nas suas escolhas de locais dentro da vegetação amostrada podem ter evitado trechos com pouca biomassa. A exclusão de vegetações não-florestadas não é relevante às estimativas de biomassa que são restritas à floresta (o que é diferente de estimativas para todos os  $5 \times 10^6$  km<sup>2</sup> da Amazônia Legal brasileira). Qualquer vício na escolha das parcelas amostradas, no entanto, de fato afetaria os resultados de Brown e Lugo, assim como afetaria outras estimativas que são baseados nos dados dos levantamentos do RADAMBRASIL, inclusive as do atual trabalho.

O efeito da exploração madeireira é especialmente importante na interpretação de estimativas de biomassa florestal em termos da sua contribuição ao aquecimento global. A estimativa resumida aqui reflete a biomassa na época dos inventários florestais, que foram feitos antes de grande parte das atividades recentes na região. Enquanto o desmatamento nos anos 70 normalmente referia-se à queima de floresta derrubada da qual nenhuma madeira tinha sido removida, melhorias subseqüentes no acesso viário e aumentos nos preços da madeira têm resultado na situação comum nos anos 90 de remover qualquer madeira comercializável antes da derrubada. O valor apropriado para uso nos cálculos de emissões (a biomassa pré ou pós-exploração madeireira) dependerá da natureza dos cálculos. A biomassa pós-exploração madeireira deve ser usada apenas se a exploração madeireira está explicitamente incluída nos cálculos. Lugo e Brown (1992) são enfáticos em condenar o uso de estimativas de biomassa para florestas não-perturbadas, quando se faz cálculos de emissões de desmatamento. No entanto, cabe a observação de que atualmente o tratamento explícito da exploração madeireira é raro neste tipo de cálculo, e que há uma maior tendência a erro se uma biomassa reduzida "pós-exploração" é usada em cálculos que omitem estimativas explícitas para a exploração madeireira.

No uso de estimativas de biomassa em cálculos de emissões de gases do efeito estufa, deve-se tomar cuidado para evitar a dupla contagem do carbono afetado pela exploração madeireira. Isto ocorreria se a biomassa da floresta pré-exploração madeireira fosse usada num cálculo que computasse as liberações de carbono através da exploração madeireira, quando o mesmo valor para biomassa fosse usado para emissões do desmatamento. Desta forma, estaria contando o mesmo carbono tanto quando as florestas são derrubadas, como quando os produtos da exploração madeireira são decompostos.

A estimativa resumida aqui (Fearnside, s/d-a) é mais alta que as estimativas anteriores deste autor (Fearnside, 1991, 1992) devido a melhores dados para a biomassa na parte sul da região, onde a atividade de desmatamento está concentrada. As estimativas anteriores basearam-se em afirmações de engenheiros florestais, para Mato Grosso, referentes aos volumes de madeira naquele Estado muito importante, enquanto a estimativa atual usa dados do levantamento do RADAMBRASIL para Mato Grosso. Nenhuma das estimativas de Brown e Lugo contém dados relativos a este Estado. Os dados de Mato Grosso no presente trabalho são especialmente importantes para estimativas das emissões de gases do efeito estufa do desmatamento, já que o Estado representa 28% da derrubada de floresta na Amazônia Legal em 1990, e 26% em 1991 (Fearnside *et al.*, s/d-a; Fearnside, 1993b).

A média para a região na estimativa resumida aqui (428 t/ha) refere-se à biomassa total pré-exploração madeireira em toda a vegetação "original", que é definida como sendo floresta ( $3,8 \times 10^6$  km<sup>2</sup>) na Amazônia Legal. Trabalhos em andamento indicam que a medida equivalente para os  $13,8 \times 10^3$  km<sup>2</sup> que foram desmatados em 1990 foi de 402 t/ha (das quais 307 t/ha acima do solo, incluindo biomassa morta), e que um ajuste para taxas prováveis de exploração madeireira naquelas áreas reduziram a média na hora da derrubada para 376 t/ha (das quais aproximadamente 285 t/ha acima do solo, incluindo a biomassa morta).

## ■ Conclusões

A análise de dados publicados sobre o volume de madeira de 2.954 ha de inventários florestais, distribuídos para toda a região, permite estimativas mais confiáveis da biomassa média das florestas da Amazônia do que foi

possível anteriormente. Na estimativa resumida aqui, a biomassa média total (incluindo os componentes mortos e abaixo do solo) nas florestas originais não-exploradas para madeira, presente na Amazônia Legal brasileira, está estimada em 428 t/ha. A biomassa média acima do solo é de 327 t/ha, dos quais 26 t/ha eram de biomassa morta; biomassa abaixo do solo tinha uma média de 102 t/ha. Desagregar as estimativas da biomassa total por Estado e por tipo de floresta permite que os dados sejam usados em conjunção com as estimativas brasileiras de desmatamento baseadas em imagens do satélite Landsat, disponíveis para cada Estado.

## **Agradecimentos**

A pesquisa resumida aqui (Fearnside, s/d-a) foi subsidiada pelo Pew Scholar's Program in Conservation and the Environment e pela Fundação Banco do Brasil (Projeto N° 10/1516-2). Agradeço a Leonete Pacheco e Summer V. Wilson pela ajuda na extração de informações dos relatórios e mapas do Projeto RADAMBRASIL. S.V. Wilson fez comentários sobre o manuscrito.

## Referências bibliográficas

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) e Presidência da República, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Mapa de Vegetação do Brasil. Escala do Mapa: 1: 5 000 000*. Brasília, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais e Renováveis (IBAMA), 1988.
- BRASIL, Presidência da República, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Anuário Estatístico do Brasil 1979*, vol. 39. Rio de Janeiro, IBGE, 1979.
- BRASIL, Secretaria de Planejamento (SEPLAN), Programa Grande Carajás (PGC), Companhia de Desenvolvimento de Barcarena (CODEBAR) e Ministério do Interior, Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM). *Problemática do Carvão Vegetal na Área do Programa Grande Carajás*. Belém, CODEBAR/SUDAM, 1986.
- BRASIL, Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Projeto RADAMBRASIL. *Levantamento de Recursos Naturais*, vols. 1-23. Rio de Janeiro, DNPM, 1973-1983.
- BROWN, I.F.; NEPSTAD, D.C.; PIRES, I.O.; LUZ, L.M.; e ALECHANDRE, A.S. "Carbon storage and land use in extractive reserves, Acre, Brazil". In *Environmental Conservation*/19(4), 1992, pp. 307-315.
- BROWN, S. e LUGO, A.E. "The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbon cycle". In *Biotropica*/14(2), 1982, pp. 161-187.
- BROWN, S. e LUGO, A.E. "Biomass of tropical forests: a new estimate based on forest volumes". In *Science*/223, 1984, pp. 1.290-1.293.
- BROWN, S. e LUGO, A.E. "Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon". In *Interciencia*/17, 1992a, pp. 8-18.
- BROWN, S. e LUGO, A.E. "Biomass estimates for Brazil's Amazonian moist forests". In *Forest '90: Anais do Primeiro Simpósio Internacional de Estudos Ambientais em Florestas Tropicais Úmidas*. Rio de Janeiro, Biosfera—Sociedade Brasileira para a Valorização do Meio Ambiente, 1992b, pp. 46-52.

- BROWN, S. e LUGO, A.E. "Biomass of Brazilian Amazonian forests: the need for good science". *Interciencia* 17, 1992c, pp. 201-203.
- BROWN, S.; GILLESPIE, A.J.R.; e LUGO, A.E. "Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data". In *Forest Science* 35, 1989, pp. 881-902.
- COIC, A.; HIGUCHI, N.; e VELOSO, J. *Comportamento após Exploração Florestal numa Floresta Densa Úmida na Amazônia*. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), 1991, p. 23. (Relatório não publicado).
- DETWILER, R.P.; e HALL, C.A.S. "Tropical forests and the global carbon cycle". In *Science* 239, 1988, pp. 42-47.
- FEARNSIDE, P.M. "Brazil's Amazon forest and the global carbon problem". *Interciencia* 10(4), 1985, pp. 179-186.
- FEARNSIDE, P.M. "Brazil's Amazon forest and the global carbon problem: reply to Lugo and Brown". In *Interciencia* 11, 1986, pp. 58-64.
- FEARNSIDE, P.M. "Summary of progress in quantifying the potential contribution of Amazonian deforestation to the global carbon problem". In D. Athié, T.E. Lovejoy e P. de M. Oyens (eds.), *Biogeochemistry of Tropical Rainforests: Problems for Research*. Piracicaba, Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), 1987, pp. 75-82.
- FEARNSIDE, P.M. "The rate and extent of deforestation in the Brazilian Amazon". In *Environmental Conservation* 17, 1990a, pp. 213-226.
- FEARNSIDE, P.M. "Deforestation in Brazilian Amazonia". In G.M. Woodwell (ed.), *The Earth in Transition: Patterns and Processes of Biotic Impoverishment*, Nova York, Cambridge University Press, 1990b, pp. 211-238.
- FEARNSIDE, P.M. "Greenhouse gas contributions from deforestation in Brazilian Amazonia". In J.S. Levine (ed.), *Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic, and Biospheric Implications*. Boston, MIT Press, 1991, pp. 92-105.
- FEARNSIDE, P.M. "Forest biomass in Brazilian Amazonia: comments on the estimate by Brown and Lugo". In *Interciencia* 17, 1992, pp. 19-27.
- FEARNSIDE, P.M. "Desmatamento na Amazônia brasileira: Quem tem razão

- nos cálculos - o INPE ou a NASA". In *Ciência Hoje/16* (96), 1993a, pp. 6-8.
- FEARNSIDE, P.M. "Deforestation in Brazilian Amazonia: The effect of population and land tenure". In *Ambio/22*(8), 1993b, pp. 537-545.
- FEARNSIDE, P.M. "Biomass of Brazil's Amazonian forests: Reply to Brown and Lugo revisited". In *Interciencia/18*, 1993c, pp. 5-7.
- FEARNSIDE, P.M. "Tropical forest logging and management: Implications for global warming", s/d-b. (Manuscrito).
- FEARNSIDE, P.M. "Biomass of Brazil's Amazonian forests", s/d-a. (Manuscrito).
- FEARNSIDE, P.M. "Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia", s/d-c. (Manuscrito).
- FEARNSIDE, P.M. e BLISS, N.L. "Biomass of Brazil's Amazon forest: Spatial distribution of carbon stocks in relation to deforestation activity", s/d. (Manuscrito).
- FEARNSIDE, P.M. e FERRAZ, J. "Identifying areas of biological importance in Brazilian Amazonia". In G.T. Prance, T.E. Lovejoy, A.B. Rylands, A.A. dos Santos & C. Miller (eds.), *Priority Areas for Rainforest Conservation in Amazonia*. Washington, Smithsonian Institution Press, s/d. (No prelo).
- FEARNSIDE, P.M.; GRAÇA, P.M.L.A.; LEAL FILHO, N.; RODRIGUES, F.J.A.; e ROBINSON, J.M. "Tropical forest burning in Brazilian Amazonia: Measurements of biomass, combustion efficiency and charcoal formation at Altamira, Pará", s/d-b. (Manuscrito).
- FEARNSIDE, P.M.; GRAÇA, P.M.L.A.; e RODRIGUES, F.J.A. "Burning of Amazonian rainforests: Combustion efficiency and charcoal formation in forest cleared for cattle pasture near Manaus, Brazil", s/d-c. (Manuscrito).
- FEARNSIDE, P.M.; LEAL FILHO, N.; e FERNANDES, P.M. "Rainforest burning and the global carbon budget: Biomass, combustion efficiency and charcoal formation in the Brazilian Amazon". In *Journal of Geophysical Research* 98(D9), 1993, pp. 16.733-16.743.
- FEARNSIDE, P.M.; MEIRA FILHO, L.G.; e TARDIN, A.T. "Deforestation rate in Brazilian Amazonia", s/d-a. (Manuscrito).

GLERUM, B.B. *Report to the Government of Brazil on a Forestry Inventory in the Amazon Valley (Part Five) (Region between Rio Caete and Rio Maracassume)*. FAO Report N° 1250, Project N° BRA/FO. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1960.

HEINSDIJK, D. *Report to the Government of Brazil on a Forest Inventory in the Amazon Valley (Region between Rio Tapajós and Rio Xingu)*. FAO Report N° 601, Project N° BRA/FO. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1957.

HEINSDIJK, D. *Report to the Government of Brazil on a Forestry Inventory in the Amazon Valley (Part Two) (Region between Rio Xingu and Rio Tapajós)*. FAO Report N° 949, Project N° BRA/FO. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1958a.

HEINSDIJK, D. *Report to the Government of Brazil on a Forest Inventory in the Amazon Valley (Part Three) (Region between Rio Tapajós and Rio Madeira)*. FAO Report N° 969, Project N° BRA/FO. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1958-b.

HEINSDIJK, D. *Report to the Government of Brazil on a Forest Inventory in the Amazon Valley (Part Four) (Region between Rio Tocantins and Rios Guamá and Capim)*. FAO Report N° 992, Project No. BRA/FO. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1958-c.

HOUGHTON, R.A. "Emissions of greenhouse gases". In N. Myers (ed.), *Deforestation Rates in Tropical Forests and their Climatic Implications*. Londres, Friends of the Earth, 1989, pp. 53-62.

HOUGHTON, R.A. "Tropical deforestation and atmospheric carbon dioxide". In *Climatic Change* 19, 1991, pp. 99-118.

HOUGHTON, R.A.; BOONE, R.D.; FRUCHI, J.R.; HOBBIE, J.E.; MELILLO, J.M.; PALM, C.A.; PETERSON, B.J.; SHAVER, G.R.; WOODWELL, G.M.; MOORE, B.; SKOLE, D.L.; e MYERS, N. "The flux of carbon from terrestrial ecosystems to the atmosphere in 1980 due to changes in land use: Geographic distribution of the global flux". In *Tellus* 39B, 1987, pp. 122-139.

HOUGHTON, R.A.; BOONE, R.D.; MELILLO, J.M.; PALM, C.A.; WOODWELL, G.M.; MYERS, N.; MOORE, B.; e SKOLE, D.L. "Net

- flux of carbon dioxide from tropical forests in 1980". In *Nature*/316, pp. 617-620.
- HOUGHTON, R.A.; WOODWELL, G.M.; SEDJO, R.A.; DETWILER, R.P.; HALL, C.A.S.; e BROWN, S. "The global carbon cycle". In *Science*/241, 1988, pp. 1.736-1.739.
- JORDAN, C.T.; e UHL, C. "Biomass of a tierra firme forest of the Amazon Basin". In *Oecologia Plantarum* 13, 1978, pp. 387-400.
- KLINGE, H.; e RODRIGUES, W.A. "Biomass estimation in a central Amazonian rain forest". In *Acta Científica Venezolana* 24, 1973, pp. 225-237.
- KLINGE, H.; RODRIGUES, W.A.; BRUNIG, E.; e FITTKAU, E.J. "Biomass and structure in a Central Amazonian rain forest". In F. Golley & E. Medina (eds.) In *Tropical Ecological Systems: Trends in Terrestrial and Aquatic Research*. Nova York, Springer-Verlag, 1975, pp. 115-122.
- LESCURE, J.P.; PUIG, H.; RIERA, B.; LECLERC, D.; BEEKMAN, A.; e BENETEAU, A. "La phytomasse épigée d'une forêt dense en Guyane Française". In *Acta Oecologica/Oecologia Generalis* 4, 1983, pp. 237-251.
- LUGO, A.E. e S. BROWN. "Tropical forests as sinks of atmospheric carbon". In *Forest Ecology and Management* 54, 1992, pp. 239-255.
- MARTINELLI, L.A.; VICTORIA, R.L.; MOREIRA, M.Z.; ARRUDA JR., G.; BROWN, I.F.; FERREIRA, C.A.C.; COELHO, L.F.; LIMA, R.P.; e THOMAS, W.W. *Implantação de Parcelas para Monitoramento de Dinâmica Florestal na Área de Proteção Ambiental, UHE Samuel Rondônia: Relatório Preliminar*. Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), 1988, 72 p. (Relatório não publicado).
- MYERS, N. *Deforestation Rates in Tropical Forests and their Climatic Implications*. Londres, Friends of the Earth, 1989.
- MYERS, N. "Tropical forests". In J. Leggett, (ed.), *Global Warming: The Greenpeace Report*. Oxford, Oxford University Press, 1990, pp. 372-399.
- MYERS, N. "Tropical forests: Present status and future outlook". In *Climatic Change* 19, 1991, pp. 3-32.
- NEPSTAD, D.C. *Forest Regrowth on Abandoned Pastures in Eastern Amazonia: Limitations to Tree Seedling Survival and Growth*. Dissertação

- SOMBROEK, W.G. "Biomass and carbon storage in the Amazon ecosystems". In *Interciencia* 7, 1992, pp. 269-272.
- UHL, C.; BUSCHBACHER, R.; e SERRÃO, E.A.S. "Abandoned pastures in Eastern Amazonia. I. Patterns of plant succession". In *Journal of Ecology* 76, 1988, pp. 663-681.
- WATSON, R.T.; MEIRA FILHO, L.G.; SANHUEZA, E.; e JANETOS, A. "Greenhouse gases: Sources and sinks". In J.T. Houghton, B.A. Callander e S.K. Varney (eds.), *Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*. Cambridge, Cambridge University Press, 1992, pp. 25-46.
- WATSON, R.T.; RODHE, H.; OESCHGER, H.; E SIEGENTHALER, U. "Greenhouse gases and aerosols." In J.T. Houghton, G.J. Jenkins e J.J. Ephraums (eds), *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. Cambridge, Cambridge University Press, 1990, pp. 1-40.