

Como a biomassa de florestas tropicais influi no efeito estufa?

Rafael de Paiva Salomão

Departamento de Botânica, Museu Paraense Emílio Goeldi.

Daniel C. Nepstad

The Woods Hole Research Center (Estados Unidos).

Ima Célia G. Vieira

Departamento de Botânica, Museu Paraense Emílio Goeldi.



Nem todo carbono das queimadas vai criar o efeito estufa.

O carbono – grande vilão na formação do chamado efeito estufa e liberado nas queimadas das florestas – é reabsorvido nas áreas ocupadas por capoeiras, espalhadas pela Amazônia, mas este fluxo não vem sendo devidamente avaliado nas pesquisas que estudam os efeitos nocivos dos desmatamentos.

Tal absorção vem ocorrendo em mais de 50% das áreas desmatadas da região, num fluxo bem diferente do que ocorre no ecossistema tropical primitivo. Quanto acumulam essas áreas secundárias, conhecidas como capoeiras? Qual seria, afinal, o estoque de carbono da biomassa das florestas tropicais primárias?

Estudo realizado no nordeste do Pará procura responder a estas perguntas, valendo-se de um fragmento de 200 ha de florestas, preservado nas proximidades de Peixe-Boi. Uma coisa é certa: as florestas secundárias atuam como reservatórios naturais renováveis de carbono, seqüestrando, no seu crescimento, parte do carbono liberado no desmatamento, processo que está intimamente relacionado ao efeito estufa.

Parte é seqüestrado pelas florestas secundárias

Os possíveis impactos dos desmatamentos na Amazônia brasileira são um foco permanente de inquietação mundial, principalmente quando se fala no chamado efeito estufa. Tais desmatamentos contribuem significativamente para o aumento da concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, o que pode provocar importantes variações climáticas em todo o planeta. Em 1988, a floresta amazônica brasileira já teria perdido 6,4% do tamanho original – a devastação, portanto, já atingia 268 mil km², segundo estimativa de Philip Fearnside (que não inclui desmatamentos feitos antes de 1960). Além disso, segundo o mesmo autor, as novas derrubadas na floresta, incluindo matas primárias e matas secundárias mais velhas, representam 20 mil km² por ano.

As florestas tropicais úmidas caracterizam-se por alta taxa de produtividade primária, ou seja, acumulam considerável quantidade de carbono na totalidade da massa vegetal, a biomassa. A substituição dessas florestas por pastagens e culturas agrícolas, aliada à prática de queima e decomposição de sua biomassa, libera para a atmosfera o carbono, sobretudo na forma de CO₂, principal responsável pelo efeito estufa. O cálculo do fluxo anual de carbono associado à atividade humana (ver 'O ciclo do carbono') é essencial para a avaliação desse aquecimento global. Por isso, uma das iniciativas da Conferência Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio-92), promovida há quatro anos, no Rio de Janeiro, pela Organização das Nações Unidas, foi a conclusão de um

tratado internacional do clima, assinado por vários países, inclusive o Brasil, exigindo de cada um deles esse cálculo.

Se a emissão de carbono pela queima de combustíveis fósseis é bem conhecida, o mesmo não ocorre com emissões ligadas ao desmatamento e ao uso da terra. As incertezas começam na avaliação da real intensidade do processo de desmatamento, freqüentemente imprecisa, o que gera grandes diferenças entre as estimativas. A produção de informações corretas sobre o tamanho da área desmatada na Amazônia é problema ainda não resolvido. Também são insuficientes os dados sobre o conteúdo de carbono da vegetação de florestas tropicais (primária e secundária). A principal incerteza quanto ao fluxo de CO₂ decorrente de desmatamentos está na

O ciclo do carbono

O ciclo do carbono está tão intimamente relacionado ao clima do planeta que, na opinião de Eric T. Sundquist, "deveriam ser tratados como partes de apenas um sistema global e não como entidades separadas". Esse ciclo envolve a liberação para a atmosfera desse elemento químico (por oceanos, solos, plantas e pela queima de combustíveis fósseis e biomassa vegetal) e sua absorção (por oceanos e plantas). Vários estudos têm demonstrado a tendência de um aquecimento médio do planeta, da ordem de 1,5°C a 4,5°C, até meados do próximo século. Mantida essa tendência, tal aquecimento provocará a rápida liberação de vários gases ligados ao efeito estufa (principalmente CO₂) pelas florestas e pelos solos, acelerando o aquecimento e acrescentando, potencialmente, bilhões de toneladas de carbono por ano à liberação atual.

No ciclo global do carbono estão envolvidos o homem, plantas, animais (incluindo os que decompõem matéria orgânica) e oceanos. Através da fotossíntese, as plantas retiram anualmente cerca de 100 Gt (gigatoneladas) de carbono da atmosfera, na forma de CO₂ (uma Gt equivale a um bilhão de toneladas). Essa absorção é compensada pela devolução do gás, através da respiração das plantas e dos solos: cada um libera cerca de 50 Gt anuais. No mesmo período, processos físico-químicos ocorridos na superfície do mar liberam para a atmosfera cerca de 100 Gt e absorvem cerca de 104 Gt. A queima de combustíveis fósseis e os desmatamentos liberam, respectivamente, cerca de 5 Gt e 2 Gt. O aumento líquido da quantidade de carbono na atmosfera, portanto, é de cerca de

3 Gt por ano, segundo estudos de Richard A. Houghton & George M. Woodwell.

Quando florestas tropicais são derrubadas, ocorre redução excessiva da quantidade de carbono na vegetação e no solo: todo o carbono contido nas árvores e

parte do que está no solo são liberados para a atmosfera, na forma de CO₂. Apenas uma pequena parte é redistribuída no solo ou carregada pelos rios. Em florestas tropicais, ao contrário do que se observa em outros tipos de floresta, a vegetação tem maior quantidade de carbono do que os solos que as sustentam. Os desmatamentos, em sua totalidade, causaram, entre 1860 e 1980, uma liberação global líquida de carbono entre 135 Gt e 228 Gt. Só em 1980, o ingresso global líquido de CO₂ na atmosfera decorrente de mudanças no uso do solo, foi de 1,8 Gt (com margem de erro de ± 0,9 Gt), e ocorreu quase totalmente em áreas tropicais.

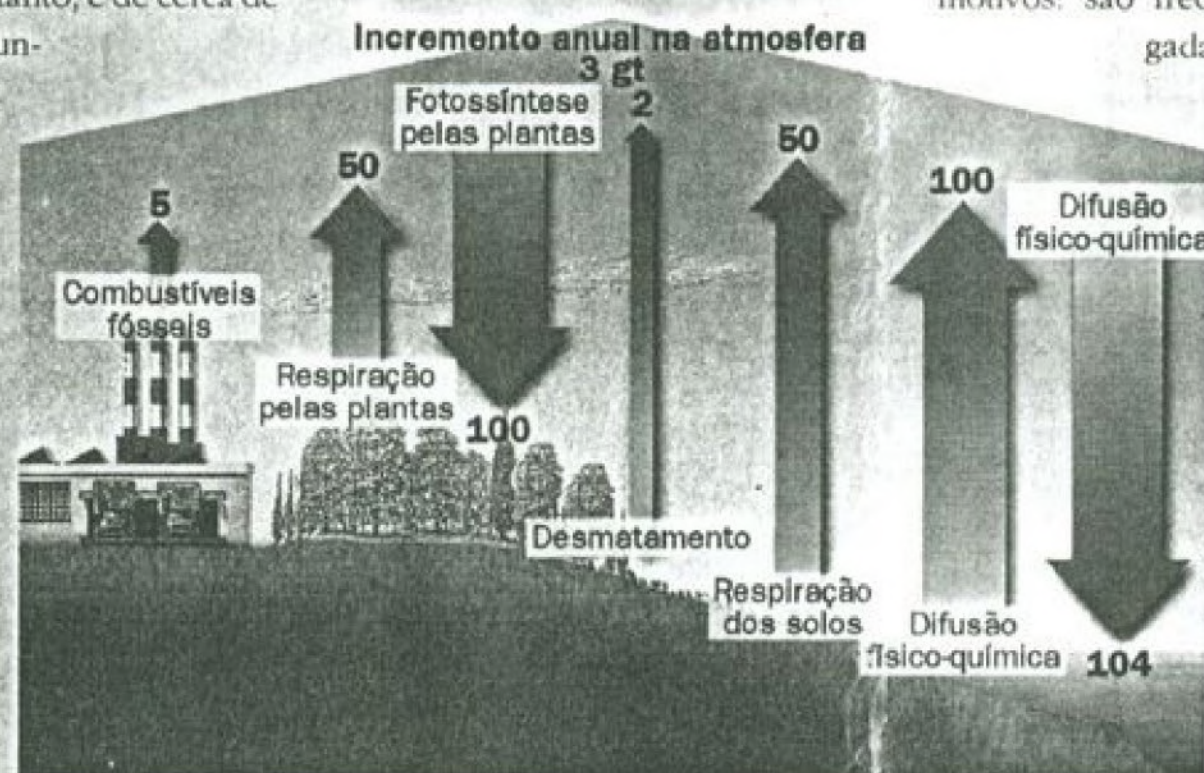
As florestas secundárias exercem importante função: ao acumular biomassa através da fotossíntese, absorvem CO₂ da atmosfera, compensando as emissões causadas por atividades humanas. Entretanto, a tradicional agricultura itinerante (de queima e roça), que mantém essa vegetação secundária, com o sistema de pousio, está sendo substituída pela pecuária e pela colonização agrícola em pequena escala. Estima-se que cerca de 5 milhões de ha já se tornaram pastagens degradadas em toda a Amazônia.

Na Amazônia Oriental, onde a transformação de florestas em fazendas de gado é comum, estudos de Christopher Uhl demonstraram que a taxa de recuperação da floresta, após o abandono da pastagem, é inversamente proporcional à intensidade de uso do terreno. Perturbações causadas por pastagens, na região amazônica, são mais prejudiciais do que as da agricultura de corte e queima, por três

motivos: são freqüentemente prolongadas e podem tornar o

solo extremamente estéril; exigem repetidas queimadas e capinas, destruindo os mecanismos de regeneração da área; e comprometem seriamente, por sua extensão, a dispersão das sementes a partir de florestas distantes.

Diagrama do fluxo anual de carbono no mundo.



estimativa da biomassa total (aérea e subterrânea) das florestas. Outro ponto em discussão é a taxa de acumulação de carbono pela vegetação secundária, através da fotossíntese: é notável a ausência de informações sobre essa acumulação em florestas secundárias submetidas a vários ciclos de corte e queima, sobretudo no caso da Amazônia brasileira.

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a análise de imagens de áreas do Pará e do Maranhão, obtidas pelo satélite de sensoriamento remoto Landsat, demonstra que, em mais de 50% das áreas desmatadas, agora ocupadas por vegetação secundária de crescimento rápido, conhecida como capoeira, ocorre absorção líquida de carbono (figura 1). Os modelos matemáticos usados para calcular o efeito estufa têm que levar em consideração essa transformação de áreas desmatadas em novas fontes de absorção e estocagem de carbono. Em tais ecossistemas, o fluxo de gases é diferente do observado no ecossistema florestal primitivo.

Mas qual seria o estoque de carbono da biomassa da floresta tropical primária densa? E qual seria a taxa de acumulação de carbono das florestas secundárias (capoeiras), após o abandono? A tentativa de responder a essas questões é o objetivo deste estudo, realizado na paisagem agrícola próxima à localidade de Peixe-



Figura 1. Capoeira antiga, crescida sobre área desmatada, sofrendo novo desmatamento para uso agrícola.

PARA A FLORESTA PRIMÁRIA
(equação proposta por Sandra Brown e colaboradores)

$$Y = 0,0899 \cdot (D^2 \cdot H \cdot S)^{0,9522}$$

Y = biomassa aérea em peso seco (kg por árvore);
D = diâmetro (DAP) da árvore (cm);
H = altura total da árvore (m);
S = densidade da madeira (g/cm³).

PARA FLORESTA SECUNDÁRIA
(equação proposta por Christopher Uhl e colaboradores)

$$\ln Y = -2,17 + 1,02 \ln X_1 + 0,39 \ln X_2$$

Y = biomassa aérea em peso seco (kg por árvore);
X₁ = diâmetro (DAP) da árvore (m²);
X₂ = altura total da árvore (m);
ln = logaritmo neperiano.

Figura 3. Equações alométricas (que dizem respeito às taxas desiguais de crescimento das diferentes partes de um organismo) usadas para calcular a biomassa das florestas.

Boi, no nordeste do Pará (ver 'A Região Bragantina e a agricultura itinerante'), e em um fragmento de 200 ha de floresta primária, talvez o último de toda a região, preservado na Fazenda Monte Verde, no mesmo município, pelo médico Danilo Virgílio Mendonça, conservacionista com visão do futuro das florestas úmidas em áreas com elevada densidade demográfica (figura 2).

A avaliação exigiu cuidadosa amostragem da vegetação desses ecossistemas. Na floresta primária densa foram registradas, em 3 ha, todas as árvores com DAP maior ou igual a 10 cm (o DAP é o diâmetro a 1,3 m do solo ou acima do ponto onde começam as sapopemas, ou seja, as raízes tabulares). As árvores com DAP maior ou igual a 5 cm e inferior a 10 cm foram incluídas em subamostragem que abrangeu 0,6 ha. A vegetação secundária (capoeira) foi dividida em três

classes de idade, segundo o tempo decorrido desde o último corte e queima: cinco, 10 e 20 anos (curto, intermediário e longo, respectivamente), registrando-se, em áreas de 0,25 ha para cada classe, todas as árvores com DAP maior ou igual a 5 cm. Nas capoeiras, a pesquisa incluiu apenas áreas de agricultura itinerante (de corte e queima), método característico da região, desprezando terrenos em que foi usada mecanização ou aplicados pesticidas, herbicidas e fertilizantes. Dependendo da quantidade de insumos e/ou mecanização, a recuperação posterior da floresta pode ser maior ou menor do ponto de vista quantitativo (número de indivíduos, biomassa), mas certamente será menor do ponto de vista ecológico (biodiversidade, número de espécies). A biomassa foi estimada através de equações alométricas (figura 3).



Figura 2. Vista parcial do fragmento de floresta primária preservado na Fazenda Monte Verde.

A região Bragantina e a agricultura itinerante

A principal característica da região Bragantina, situada a nordeste do Pará e mais antiga área de agricultura itinerante da Amazônia brasileira, é a formação de capoeiras novas e de baixo porte. Tais capoeiras decorrem das tradicionais práticas de queima e roça, de intensidade variável e períodos de pousio geralmente curtos. Dos quase 1 milhão de ha de floresta densa existentes na área no



Paisagem agrícola predominante na região Bragantina.

início do século, restam hoje menos de 2%, segundo dados do Centro de Sensoriamento Remoto da Amazônia, da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (Sudam).

A ocupação agrícola do nordeste paraense e o conseqüente adensamento da população são explicados não em função de condições fisiográficas ou climatológicas, mas em função do processo histórico. A colonização foi planejada, no último quarto do século passado, a partir da ferrovia Belém-Bragança, construída com dois objetivos: criar na região uma área de abastecimento de alimentos para Belém e encurtar a distância entre Belém e São Luís (MA). Os primeiros colonos, imigrantes franceses e espanhóis, não se fixaram na terra. Já no final do século passaram a predominar os migrantes nordestinos, 'empurrados' pelas secas em sua região de origem.

Assim, a região Bragantina tornou-se fronteira agrícola, povoada espontaneamente por contingentes de agricultores de subsistência, pressionados pela falta de terras, já que os projetos de colonização, tanto do governo paraense como de particulares, não deram resultado e foram abandonados. Quase sem capital e usando tecnologia rudimentar, esses migrantes mantiveram na região a tradicional agricultura amazônica de rotação de terras e os sistemas produtivos típicos da economia de subsistência nordestina. A prática da rotação de terras consiste na derrubada e queima de

áreas de florestas primárias, para o cultivo, e no posterior abandono dessas áreas em favor de novas, também obtidas por corte e queima. Essa prática era a melhor alternativa para o produtor de subsistência, em termos de liberação de nutrientes para as culturas e de controle de invasores.

Hoje, a região Bragantina continua a ser essencialmente agrícola, e em geral man-

tém as práticas primitivas e tradicionais, de características extensivas e itinerantes. A economia é baseada em culturas alimentícias (mandioca, arroz, milho e feijão) e comerciais (fumo, pimenta-do-reino e malva, entre outras). A mandioca ocupa a maior área de cultivo: é o primeiro produto plantado após a derrubada da mata, dividindo os roçados com o arroz e o milho, e em geral é mantido por cerca de dois anos no mesmo terreno. O uso de métodos rudimentares e predatórios torna os solos impróprios para outras culturas, levando ao abandono das áreas, após a colheita, para repouso (pousio), o que propicia a formação de capoeiras (ver 'O renascimento da floresta no rastro da agricultura', em *Ciência Hoje* nº 119). Tais capoeiras voltam a ser desmatadas, após algum tempo, para novos períodos de cultivo, que duram de um a três anos, e essa repetição do ciclo de corte e queima, segundo minucioso estudo de Manfred Denich, tem como conseqüência "a progressiva redução de produtividade dos sistemas de produção agrícola" da região.

Também teve importância na história da região um produto comercial (extrativo) que durante muitas décadas encontrou amplo mercado: a lenha. Consumida pela ferrovia, pelas casas de farinha e por cozinhas domésticas, padarias e olarias, entre outras, a lenha coletada contribuiu de maneira decisiva para a degeneração mais rápida das capoeiras, seja através do consumo *in natura*, seja sob a forma de carvão vegetal.

Floresta primária

Na floresta tropical primária densa, a pesquisa estimou uma biomassa aérea viva (árvores e cipós com DAP maior ou igual a 5 cm) de 267 toneladas (peso seco) por hectare (t/ha) e uma biomassa subterrânea viva (parte de troncos e raízes) de 68 t/ha, enquanto a biomassa morta (árvores mortas ainda em pé, troncos caídos e liteira) alcançou 53 t/ha. A biomassa total, portanto, foi estimada em 388 t/ha. Essa quantificação da biomassa total das florestas neotropicais varia de 185 t/ha (estudos realizados na Colômbia) até 406 t/ha (Brasil), em função de vários fatores, principalmente a extrapolação (e/ou interpretação) errônea da tipologia florestal e a inclusão (total ou parcial) ou não das diversas frações da biomassa.

Em vários estudos sobre florestas tropicais, a estimativa refere-se apenas à fração majoritária da biomassa total: a parte aérea viva (troncos, galhos e folhas) de árvores geralmente com DAP maior ou igual a 10 cm. No entanto, para obter um dado mais próximo da realidade, é preciso quantificar os diversos componentes. Neste estudo (figura 4), a biomassa morta equivale a 13,6% da biomassa total, cabendo à biomassa viva os restantes 86,3%, divididos entre a parte aérea (68,8%) e a parte subterrânea (17,5%). Isso significa que a biomassa subterrânea, desprezada em alguns estudos, representa 20,3% (um quinto) da biomassa viva.

O valor de 388 t/ha também é uma aproximação, já que não há dados sobre todos os componentes do ecossistema, como, por exemplo, troncos mortos (ainda em pé) com DAP menor que 10 cm e plantas com DAP menor que 5 cm. Neste cálculo também foram introduzidas cinco estimativas (sobre troncos caídos, porção subterrânea de troncos, raízes profundas, raízes superficiais e liteira), obtidas em estudos de outros pesquisadores em diferentes locais da Amazônia brasileira – nenhum deles na região Bragantina.

COMPONENTES	VALOR (t/ha)
Calculados	
Biomassa aérea viva (DAP ≥ 10 cm)	250
Biomassa aérea viva (5 cm ≤ DAP < 10 cm)	16
Cipós (DAP < 5 cm)	1
Árvores mortas e em pé (DAP ≥ 10 cm)	17
TOTAL 1	284
Estimados	
Troncos caídos	22
Porção subterrânea de troncos de árvores vivas	13
Raízes profundas	40
Raízes superficiais	15
Liteira	14
TOTAL 2	104
Indeterminados	
Biomassa total de árvores com DAP < 5 cm	?
Árvores mortas caídas e em pé com DAP < 10 cm	?
Biomassa total (1 + 2)	388
Biomassa viva	335
aérea	267
subterrânea	68
Biomassa morta	53

Figura 4. Valores calculados e estimados dos vários componentes da biomassa total da floresta tropical primária densa da região Bragantina.

A compartimentação da biomassa existente na floresta primária mostra (figura 5) que 62% das árvores amostradas por hectare (os indivíduos formadores de sub-bosque da floresta, com DAP entre 5 e 10 cm) respondem por apenas 6% da biomassa total. As árvores com DAP maior ou igual a 50 cm (2% do total) têm praticamente a mesma biomassa que as com DAP entre 10 e 50 cm (36% do total). Tal dado é interessante quando se

analisa o estoque de carbono e, em consequência, as emissões de carbono de áreas de extração seletiva de madeiras de valor econômico, já que muito raramente são abatidas árvores com DAP inferior a 50 cm. Na interpretação e análise de imagens geradas por satélites, as áreas de extração podem ser confundidas com florestas primárias intocadas, sobretudo quando agrupa-se as áreas correspondentes pela tipologia florestal.

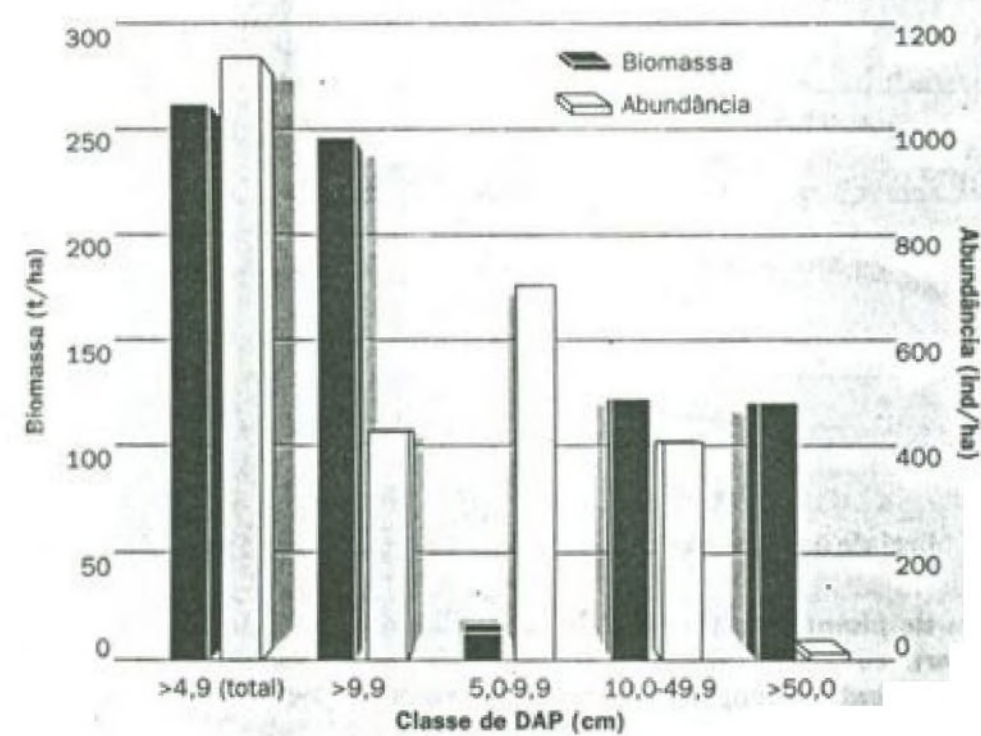


Figura 5. Compartimentação da biomassa e da abundância (indivíduos por ha) em intervalos distintos de diâmetros, na floresta tropical primária densa.

Floresta secundária

Nas florestas secundárias, a biomassa calculada neste estudo refere-se apenas à biomassa aérea viva (fração majoritária). Existem muito poucos dados sobre biomassa subterrânea viva ou biomassa morta para esses ecossistemas. As estimativas de 13 t/ha, 44 t/ha e 81 t/ha (para capoeiras de cinco, 10 e 20 anos, respectivamente) foram obtidas através das médias de 10 amostras de 250 m² em cada classe de idade, extrapoladas para um hectare (figura 6). A amostra com cinco anos de recuperação situada na área de solo mais desgastado gerou estimativa muito baixa (3,5 t/ha), e a amostra mais exuberante, nessa faixa de idade, atingiu 33,4 t/ha. Para a capoeira com 10 anos, o mínimo foi de 22,3 t/ha e o máximo de 62,8 t/ha, enquanto a de 20 anos variou de 48,1 t/ha a 131,5 t/ha. A variação nas estimativas de biomassa para as diferentes idades está diretamente ligada à história do uso da terra.

A história da área e a intensidade do uso do fogo (figura 7) na limpeza do terreno afetam a sucessão e, em consequência, o crescimento da vegetação secundária. Outros fatores que influem na regeneração dessa vegetação são as

práticas agrícolas locais – o tipo (temporário ou permanente) e o tempo (longo ou curto) de cultivo, a última cultura e o tamanho da área cultivada, a técnica de limpeza do terreno (manual ou mecânica) – e a proximidade e extensão de florestas primárias remanescentes. Práticas de manejo que eliminam as fontes de brotação de árvores e impedem a germinação também prejudicam a regeneração da floresta nativa, criando barreiras à dispersão de sementes e à sobrevivência dessas sementes e de plântulas de espécies arbóreas. Espécies oportunistas ou pioneiras, ao contrário, apresentam características adaptativas: brotação por raízes ou caules e invasão através de sementes.

A estimativa de 13 t/ha para a biomassa aérea das capoeiras de cinco anos é inferior a quase todas as citadas na literatura científica. Os baixos valores decorrem, sem dúvida, do aproveitamento intenso e das condições desfavoráveis do solo na região Bragantina. No ciclo tradicional de uso da terra – sete anos, sendo dois de cultivo e cinco de pousio –, as reservas de nutrientes são inferiores às de outras regiões na mesma idade (com o mesmo tempo de pousio).

Pesquisas comprovaram, em outros países, que é possível alcançar no mesmo período o triplo de biomassa aérea (cerca de 40 t/ha), desde que as condições do solo sejam melhores e seu uso menos intenso. A intensidade de uso da terra, as condições edáficas (os organismos vivos presentes no solo), a compactação do solo, o modo de regeneração das espécies e a proximidade ou não de uma fonte de germoplasma (floresta primária) são, a princípio, os maiores determinantes do acúmulo de biomassa pela vegetação secundária.

Em pastagens abandonadas no município de Paragominas (PA), colonizado a partir dos anos 60, Christopher Uhl e colaboradores dividiram a vegetação segundo a história de uso da terra (intensidade leve, moderada e pesada) e a idade (tempo de pousio). A acumulação de biomassa em terras com 4,5 anos de recuperação foi estimada em 51 t/ha para as usadas com intensidade leve e em 19 t/ha no caso de intensidade moderada. Em terras com oito anos de recuperação, foi estimada uma acumulação de 74 t/ha, 29 t/ha e 0,2 t/ha (para intensidade leve, moderada e pesada, respectivamente). Manfred De-

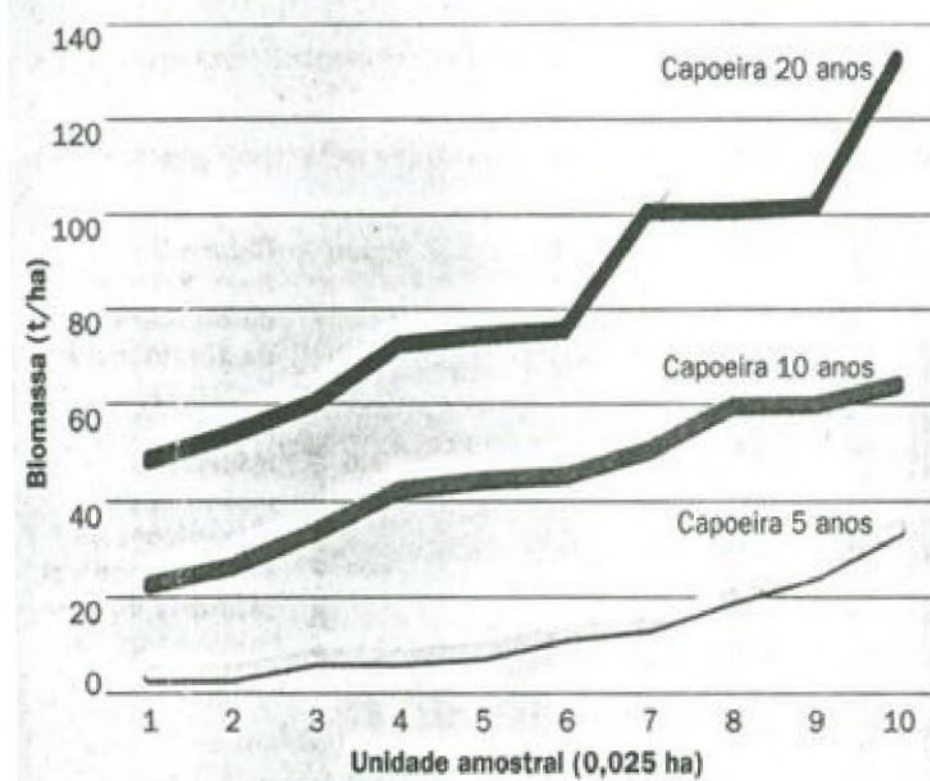


Figura 6. Estimativas da biomassa, em t/ha, extrapoladas dos valores calculados para cada unidade amostral de 250 m², ordenadas de forma crescente, em capoeiras de cinco, 10 e 20 anos da região Bragantina.

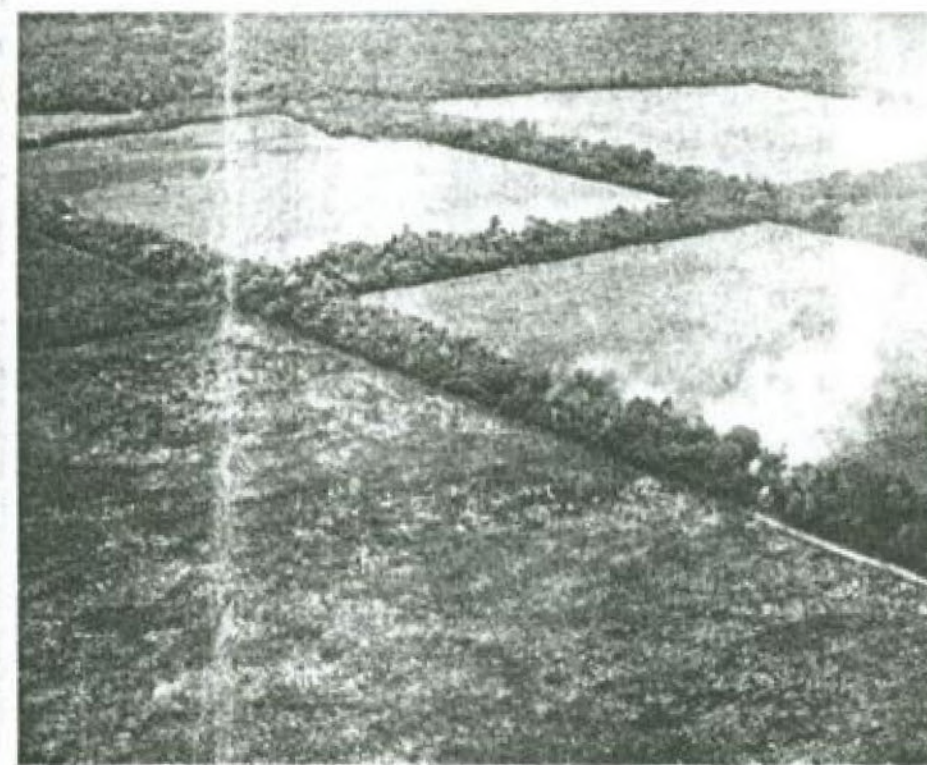


Figura 7. A intensidade do uso do fogo na limpeza do terreno afeta o crescimento da vegetação secundária.

nich analisou a vegetação secundária de quatro a cinco anos, em área de produção agrícola no município de Igarapé-Açu (PA), também na região Bragantina, próximo à área deste estudo, e estimou uma biomassa média de 19,9 t/ha. Em floresta secundária de 6,5 anos, formada em áreas de roças de arroz, milho e feijão, no Seringal Porongaba (AC), fronteira agrícola recente e com apenas um ciclo de cultivo, Irving F. Brown e colaboradores estimaram uma biomassa de 95 t/ha.

Comparando essas áreas, as usadas há mais tempo estão na região Bragantina (os municípios de Igarapé-Açu e Peixe-Boi são tradicionais áreas de produção agrícola, com muitos ciclos de cultivo), a posição intermediária cabe a Paragominas, que tem na pecuária a principal atividade, e as áreas no Acre são de uso mais recente. Uma análise simples desses resultados evidencia que a acumulação de biomassa, nesses ecossistemas, é inversamente proporcional à intensidade de uso do solo (figura 8).

As baixas estimativas de biomassa na região Bragantina também decorrem do aumento da população na área de influência dessa região e da demanda de alimentos. Tais fatores aumentaram a pressão sobre a terra, tornando mais curtos os períodos de pousio, menos produtivos os solos e mais sérios os danos ambientais. A redução do tempo de pousio aumentou as dificuldades bioecológicas para a sucessão vegetal e prejudicou a própria agricultura, já que

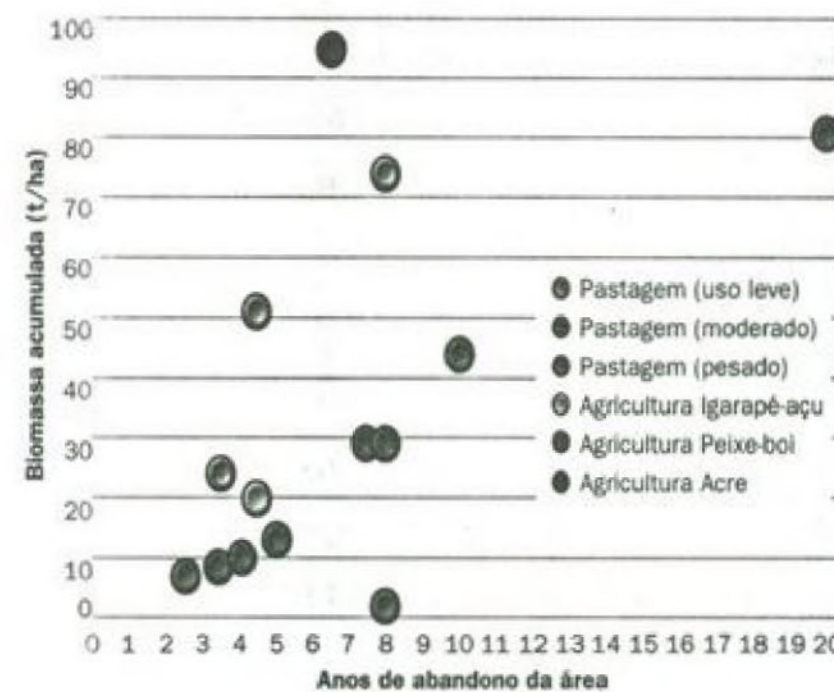


Figura 8. Estimativas do acúmulo de biomassa em pastagens abandonadas após diferentes intensidades de uso (leve, moderada e pesada) e em capoeiras crescidas em áreas de agricultura itinerante também abandonadas em Igarapé-Açu (capoeiras de 4,5 anos e vários ciclos de cultivo), no Acre (de 6,5 anos e um ciclo) e na região Bragantina (de cinco, 10 e 20 anos e vários ciclos).

a restauração da biomassa, em níveis essenciais, é vital para o ciclo agrícola. Baixos valores de biomassa levam à falência esse sistema de produção, ampliando a degradação ambiental, fato comprovado pelo rendimento das principais culturas temporárias no município de Peixe-Boi e em toda a microrregião Bragantina – notavelmente baixo, se comparado ao obtido em outros locais (figura 9).

Floresta primária

PEIXE-BOI

floresta secundária

A síntese dos dados obtidos nos ecossistemas estudados (figura 10) traz algumas revelações. O número de indivíduos por hectare é, em capoeiras de cinco anos, 5% inferior ao registrado na floresta primária densa, mas em capoeiras de 10 e 20 anos esse número é

superior (63% e 40%, respectivamente). Já a biodiversidade cresce a uma taxa de cerca de 20 espécies em cada classe de idade na floresta secundária, enquanto a biomassa média por árvore, nas capoeiras de cinco, 10 e 20 anos, corresponde respectivamente a 2%, 4% e 9% da observada na floresta primária, e as árvores mais pesadas equivalem a 0,3%, 1% e 3% da árvore de maior peso da floresta primária (24,8 t) – a biomassa dessa única árvore é praticamente o dobro da biomassa de um hectare de capoeira de cinco anos.

Estudos realizados por Juan G. Saldarriaga e colaboradores na Amazônia colombiana e venezuelana demonstraram que as florestas secundárias (após agricultura) precisam de cerca de 190 anos para alcançar valores de biomassa e área basal (soma, para todas as árvores, da área da seção transversal do tronco, na

CULTURA	PRODUTIVIDADE (KG/HA)				ÁREA DE CULTIVO (HA)		
	Peixe-boi	Bragantina	Pará	Amazônia*	Brasil	Peixe-boi	Bragantina
Mandioca	9.900	10.758	12.306	13.022	11.824	170	28.824
Milho	500	682	1.096	1.391	1.761	650	14.330
Arroz	544	805	1.297	1.262	1.687	90	9.506
Feijão-caupi	550	541	587	544	494	120	5.277

Figura 9. Produtividade (em 1984) das principais culturas temporárias do município de Peixe-Boi e da região Bragantina, comparada às do Pará, da Amazônia e do Brasil.

Parâmetros	FLORESTA PD		CAPOEIRAS	
	5 anos	10 anos	20 anos	20 anos
Abundância (Indivíduos/ha)	1.155	1.096	1.880	1.612
Biodiversidade (espécies/ha) ..	316	39	61	82
DAP médio (cm)	21,7	6,5	8,0	10,3
Altura média (m)	14,9	7,3	9,5	10,8
Área basal (m ² /ha)	26	4	10,9	17,5
Biomassa				
- aérea (t/ha)	265,7	13,1	43,9	80,5
- média p/ árvore (kg)	570	12	23	50
- maior árvore (kg)	24.800	71	279	657

Figura 10. Parâmetros bioecológicos e dendrológicos da floresta primária densa (PD) e de florestas secundárias (capoeiras) na Amazônia oriental brasileira.

mesma altura em que é medido o DAP) semelhantes aos da floresta primária. A comparação das duas variáveis confirma isso (figura 11).

Balanco preliminar de carbono

Considerando que o teor de carbono nas plantas de florestas tropicais é de cerca de 50% da biomassa (peso seco) e que a região Bragantina mantinha em 1986 apenas 2% (22.101 ha) de sua cobertura florestal original, foi elaborado um balanço preliminar do estoque de carbono

em florestas primárias e secundárias da região (figura 12). Mais antiga área de colonização da Amazônia, a região é constituída por 13 municípios que totalizavam, no início do século, 974.168 ha cobertos por florestas primárias.

Algumas considerações são fundamentais na interpretação dos dados do balanço:

a) como a biomassa total da floresta primária está subdimensionada (algumas frações dessa biomassa não foram quantificadas), o volume de carbono liberado também está;

b) a média de acumulação de biomassa em capoeiras com menos de 20 anos de recuperação também está subdimensionada, pois só a maior fração (a biomassa de área viva) foi quantificada, mas essa acumulação, mantida a tradicional prática de corte e queima, tende a diminuir (refletindo a degradação das condições químicas e sobretudo físicas do solo);

c) o potencial de retirada de carbono da atmosfera (2 milhões de toneladas por ano) pressupõe que todos os 930 mil ha de floresta primitiva removida sejam deixados intactos durante 90 anos (o que é impossível);

d) os cálculos sobre as culturas agrícolas supõem que a área de cultivo da região Bragantina permaneça constante em 58 mil ha, mas esta tende a aumentar, em função da contínua degradação do ambiente pela agricultura de corte e queima e pelo aumento do consumo de alimentos;

e) a degradação em áreas de pastagens é bem mais acentuada que em áreas de agricultura itinerante, como demonstram diversos estudos na Amazônia oriental; e

f) como o estudo foi conduzido na mais antiga área de colonização agrícola da Amazônia brasileira, com 10 ou mais ciclos de cultivos, os resultados não devem ser extrapolados para todas as áreas de florestas secundárias da região amazônica.

A biomassa total (DAP maior ou igual a 5 cm) da floresta primária foi estimada em 388 t/ha. Em consequência, o estoque de carbono é da ordem de 194 t/ha. A biomassa aérea das florestas secundárias com cinco, 10 e 20 anos foi estimada em 13 t/ha, 44 t/ha e 81 t/ha, respectivamente, gerando uma acumulação média de biomassa de 4 t/ha/ano, o que equivale à absorção anual, via fotossíntese, de cerca de 2 t/ha de carbono, já que esse elemento representa metade da biomassa.

A substituição das florestas primárias da região Bragantina liberou para a

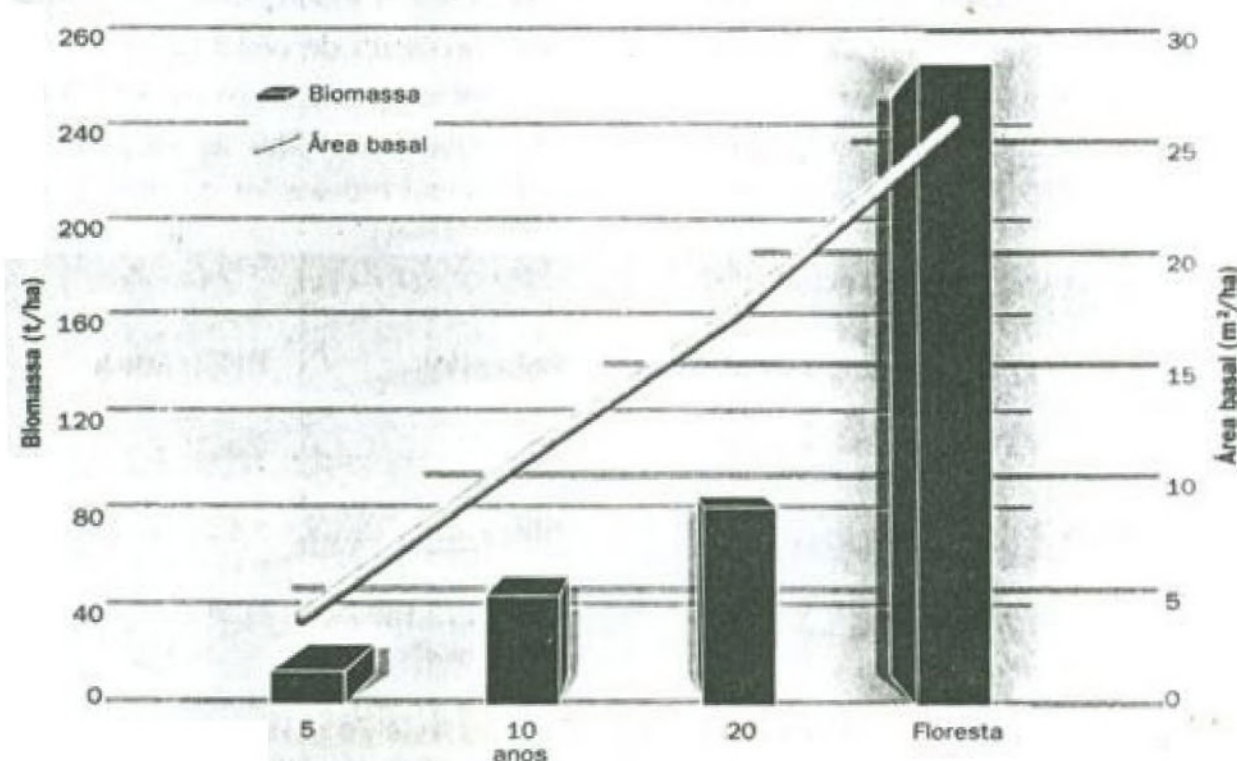


Figura 13. Estimativas da biomassa e da área basal de florestas secundárias e da floresta primária densa, em Peixe-Boi.

Área total da região Bragantina (1)	1.079.500 ha
Área originalmente coberta por floresta primária (1)	974.168 ha
Área de floresta primária alterada por atividades humanas (1)	952.067 ha
Área remanescente de floresta primária até 1986 (1)	22.101 ha
Razão biomassa/carbono	2
Biomassa total da floresta primária (2)	388 t/ha
Estoque de carbono em floresta primária (2)	194 t/ha
Incremento (anual) de biomassa em flor. secundária de 5 anos (2)	3,5 t/ha
Incremento (anual) de biomassa em flor. secundária de 10 anos (2)	4,4 t/ha
Incremento (anual) de biomassa em flor. secundária de 20 anos (2)	4,1 t/ha
Incremento médio (anual) de biomassa em flor. secundárias (20 anos)	4 t/ha
Quantidade média (anual) de carbono retirado da atmosfera pela acumulação de biomassa em flor. secundárias (20 ano)	2 t/ha
Estoque de carbono liberado pela substituição de flor. primária	180.420.000 t
Potencial da região para retirar carbono da atmosfera	cerca de 2 milhões t/ano
Tempo necessário para reabsorção de todo o carbono liberado pela floresta primária através da regeneração de flor. secundárias	90 anos
Área de cultivo itinerante anual , em 1984, na região Bragantina (apenas cultivo de mandioca, milho, arroz e feijão-caupi (3)	58.000 ha
Área total necessária para o cultivo itinerante considerando o ciclo de cultivo de 7 anos (2 de cultivo e 5 de pousio)	232.000 ha
Quantidade total de carbono acumulado pela vegetação secundária caso a agricultura itinerante fosse abandonada em toda a região	464.000 t/ano
FONTES: (1) IBDF/SUDAM, (2) AUTORES, (3) IDESP (1987)	

Figura 12. Balanço preliminar da acumulação de biomassa e do estoque de carbono em florestas da região Bragantina.

atmosfera algo em torno de 180 milhões de toneladas de carbono. A reabsorção de todo esse carbono, através da fotossíntese das florestas secundárias, se estas ocupassem 100% da área de floresta primária desmatada (952 mil ha), demoraria cerca de 90 anos – como a absorção de carbono pelas capoeiras jovens é de 2 t/ha/ano, o potencial para retirar carbono da atmosfera, naquela área, alcança quase 2 milhões de t/ha/ano.

Os distúrbios biológicos e ecológicos (em sentido amplo) causados pela atividade humana nas florestas tropicais úmidas começam a ser melhor entendidos em um contexto global. Tais florestas, entre outros aspectos positivos,

exercem papel fundamental no ciclo hidrológico e no clima do planeta, e atuam como reservatórios naturais renováveis de carbono – daí sua grande importância em relação ao efeito estufa. As florestas secundárias, ainda em crescimento, surgidas após a substituição das florestas primárias também têm participação crucial nesse processo, por 'seqüestrarem' da atmosfera parte do carbono liberado no desmatamento.

No caso da Amazônia brasileira, todos esses dados precisam ser mais detalhados para melhor entendimento de sua influência no efeito estufa. A região Bragantina é atípica, em relação às demais áreas da Amazônia, principalmente por

dois aspectos: é a mais antiga área de colonização agrícola da Amazônia (as demais foram desmatadas em épocas mais recentes) e apresenta características diferentes de uso da terra (ali a principal atividade é a agricultura itinerante, enquanto a maioria dos desmatamentos amazônicos destina-se à implantação de pastagens). As taxas de acumulação de biomassa da vegetação secundária dessa região, portanto, situam-se em um limite inferior, não oferecendo boa indicação para a média da Amazônia brasileira. Mas essas taxas revelam que, mantidas as práticas inadequadas de manejo dos recursos naturais, o ambiente se degrada, afetando todo o ecossistema e comprometendo a auto-sustentabilidade do sistema de produção.

Sugestões para leitura:

- DENICH, M. 'Estudo da importância de uma vegetação secundária nova para o incremento da produtividade do sistema de produção na Amazônia Oriental brasileira' (tese de doutorado), Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido, Embrapa, 1991.
- FEARNSIDE, P.M. 'Greenhouse gas contributions from deforestation in Brazilian Amazonia', in LEVINE, J.S. (ed.), *Global Biomass Burning*, MIT Press, Cambridge (EUA), 1991.
- GOLDFEMBERG, J. *S.O.S. Planeta Terra — O efeito estufa*, Editora Brasiliense, São Paulo, 1990.
- HALL, D.O. & ROSILLO-CALLE, F. 'A reciclagem do CO₂ por biomassa: bioprodutividade global e problemas de desmatamento', in CVRD: *Espaço, Ambiente e Planejamento*, vol. 2(12), Rio de Janeiro, 1990.
- HOUGHTON, R.A., SKOLE, D.L. & LEFKOWITZ, D.S. 'Changes in the landscape of Latin America between 1850 and 1985. Net release of CO₂ to the atmosphere', in *Forest Ecology and Management*, vol. 38 (173), 1991.
- SALDARRIAGA, J.G.; WEST, D.C.; THARP, M.L. & UHL, C. 'Long-term chronosequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela', in *Journal of Ecology*, vol. 76 (938), 1988.
- UHL, C.; BUSCHBACHER, R. & SERRÃO, E.A.S. 'Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. Patterns of plant succession', in *Journal of Ecology*, vol. 75 (663), 1988.